วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

คำอธิบายรายวิชา

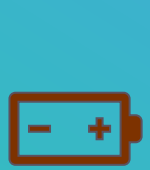
รหัสวิชา 20104-2003 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ หน่วยกิต 1-3-2

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. เข้าใจกฎและทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ
2. มีทักษะเกี่ยวกับการต่อ การวัด ประลอง และคำนวณหาค่าต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ
3. มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการปฏิบัติงาน มีความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย เป็นระเบียบ สะอาด ตรงต่อเวลา มีความซื่อสัตย์และความรับผิดชอบ

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับการหาค่าต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ
2. ปฏิบัติการต่อวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ
3. ทดสอบค่าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ วิจารณ์และสรุปรายงานผลการทดลอง



คำอธิบายรายวิชา

รหัสวิชา 20104-2003 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ หน่วยกิต 1-3-2

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติหลักการกำเนิดคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ การคำนวณ วัดค่า Peak Average RMS ของรูปคลื่นไซน์ สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม เฟสเซอร์ไดอะแกรม การคำนวณปริมาณเชิงซ้อน งานต่อวงจร R-L-C แบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสม วงจรเรโซแนนซ์ แบบอนุกรม แบบขนาน กำลังไฟฟ้าและตัวประกอบกำลัง กระแสสลับ 2 เฟส 3 เฟส การต่อระบบสตาร์-เดลตา เฟสเซอร์ไดอะแกรม วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ในสภาวะโหลดสมดุลและไม่สมดุล

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไฟฟ้ากระแสสลับ

สาระสำคัญ

พื้นฐานของพลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของชาติจะได้มาจากพลังงานไฟฟ้า โดยเฉพาะไฟฟ้ากระแสสลับ เพราะเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการบริโภคที่สำคัญสำหรับการดำรงชีพ ซึ่งไฟฟ้ากระแสสลับได้มาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ไฟฟ้ากระแสสลับที่มีใช้ตามบ้านพักอาศัย อาคารสำนักงาน หรือตามโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ มี 2 ระบบ คือระบบ 1 เฟส ขนาดแรงดันไฟฟ้าที่สาย 220 โวลต์ และระบบ 3 เฟส ขนาดแรงดันไฟฟ้าที่สาย 380 โวลต์ ซึ่งทั้งสองระบบจะได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่อาศัยการเหนี่ยวนำไฟฟ้า โดยหลักการนำขดลวดเหนี่ยวนำตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็กหรือหลักการให้เส้นแรงแม่เหล็กตัดผ่านกับขดลวดเหนี่ยวนำ รูปคลื่นไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะเป็นรูปคลื่นไซน์

สาระการเรียนรู้

1. ระบบจำหน่ายไฟฟ้ากระแสสลับ
2. แม่เหล็ก
3. การกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ
4. ค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย
5. คาบเวลาและความถี่ไฟฟ้า
6. แอมมิเตอร์กระแสสลับ
7. โวลต์มิเตอร์กระแสสลับ
8. มัลติมิเตอร์
9. ออสซิลโลสโคป
10. การวัดค่าแรงดันไฟฟ้า
11. การวัดคาบเวลาและการหาค่าความถี่

สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักพื้นฐานของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ
2. คำนวณค่าพารามิเตอร์เกี่ยวกับไฟฟ้ากระแสสลับ
3. ใช้เครื่องมือวัดค่าพารามิเตอร์เกี่ยวกับไฟฟ้ากระแสสลับ

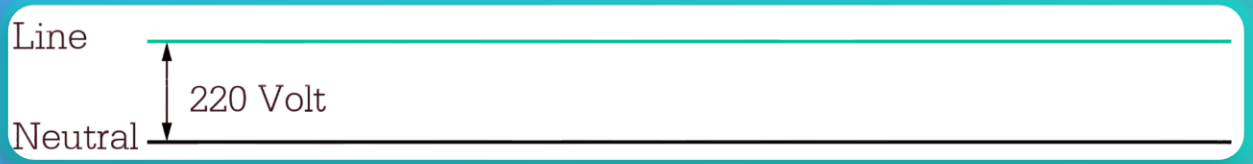
จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายเกี่ยวกับระบบจำหน่ายไฟฟ้ากระแสสลับได้
2. บอกชนิดของแม่เหล็กได้
3. อธิบายการกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับได้
4. อธิบายเกี่ยวกับค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยได้
5. คำนวณหาค่าความถี่ไฟฟ้าและคาบเวลาได้
6. บอกหลักการใช้แอมมิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้ากระแสสลับได้
7. บอกหลักการใช้โวลต์มิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้ากระแสสลับได้
8. บอกหลักการใช้มัลติมิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้ากระแสสลับ ค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับได้
9. บอกหน้าที่ของออสซิลโลสโคปได้
10. บอกหลักการใช้ออสซิลโลสโคปวัดค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับได้
11. อ่านค่าคาบเวลาจากรูปคลื่นที่วัดด้วยออสซิลโลสโคปได้
12. คำนวณค่าความถี่จากรูปคลื่นที่วัดด้วยออสซิลโลสโคปได้

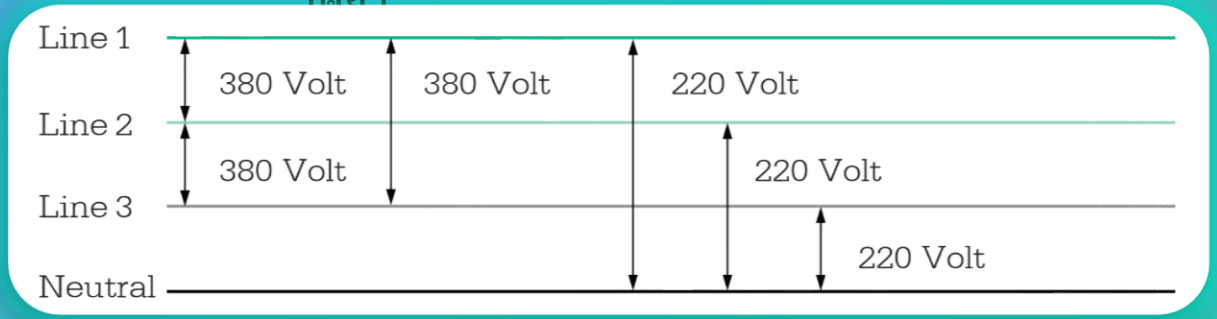
ระบบจำหน่ายไฟฟ้ากระแสสลับ

ระบบจำหน่ายไฟฟ้ากระแสสลับแบ่งออกตามลักษณะการกำเนิดแรงดันไฟฟ้าและการจำหน่ายแรงดันไฟฟ้าได้ 2 ประเภท ดังนี้

1. ระบบจำหน่ายเฟสเดียว
2. ระบบจำหน่ายสามเฟส



ภาพแสดงระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเฟสเดียว

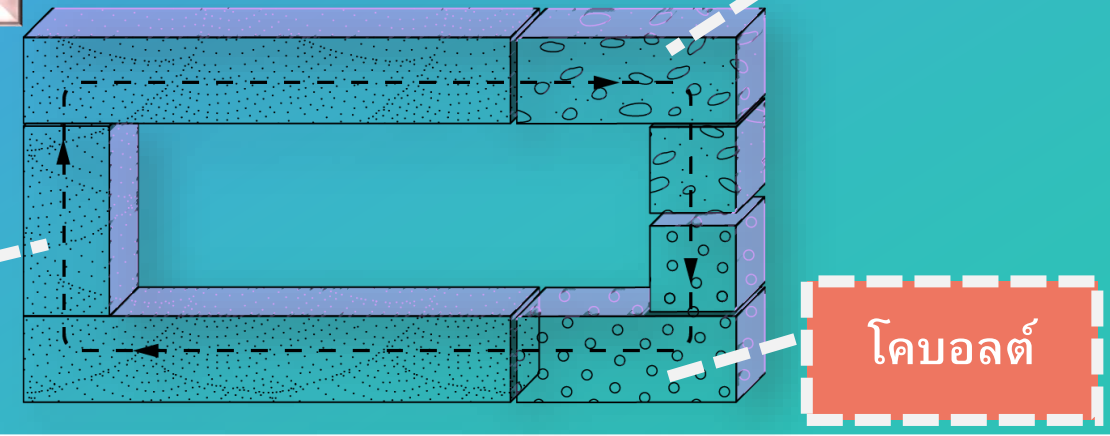


ภาพแสดงระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบสามเฟส

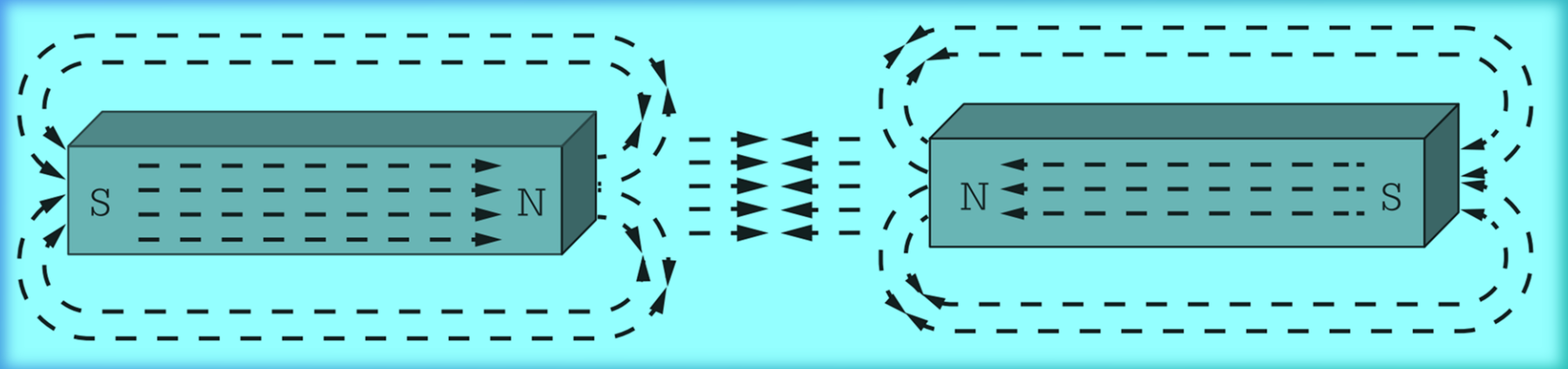
แม่เหล็ก

แม่เหล็ก มี 2 แบบ คือ แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet) และแบบแม่เหล็กไฟฟ้า (Electro Magnet)

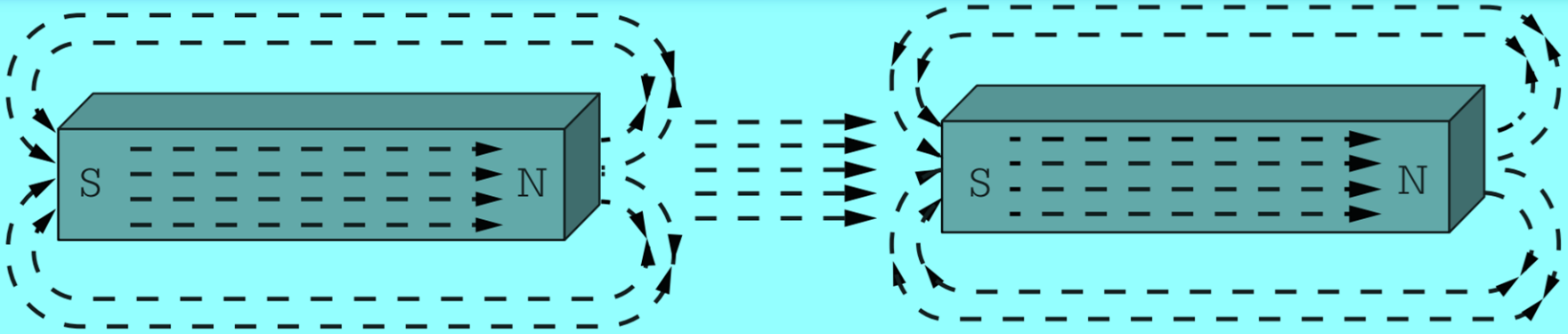
โครงสร้างของแม่เหล็กถาวร



ตัวอย่าง การผลักกันของแท่งแม่เหล็ก



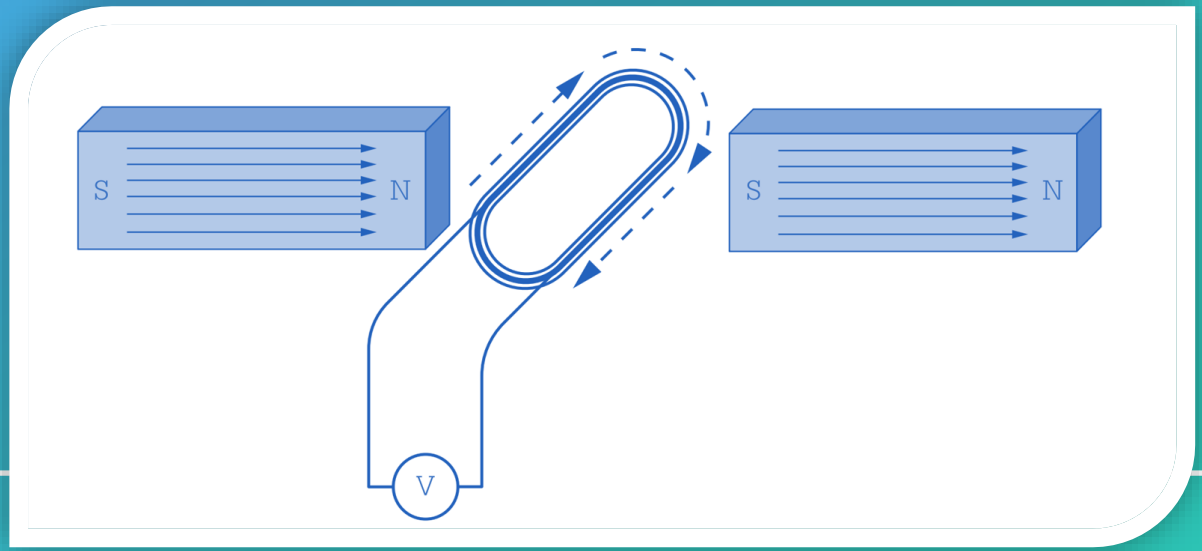
ตัวอย่าง การดูดกันของแท่งแม่เหล็ก



การกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

ไฟฟ้ากระแสสลับจะมีแหล่งกำเนิดมาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่อาศัยหลักการเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำในสาย (Electro Motive Force) ซึ่งมี 2 ลักษณะตามโครงสร้างดังนี้

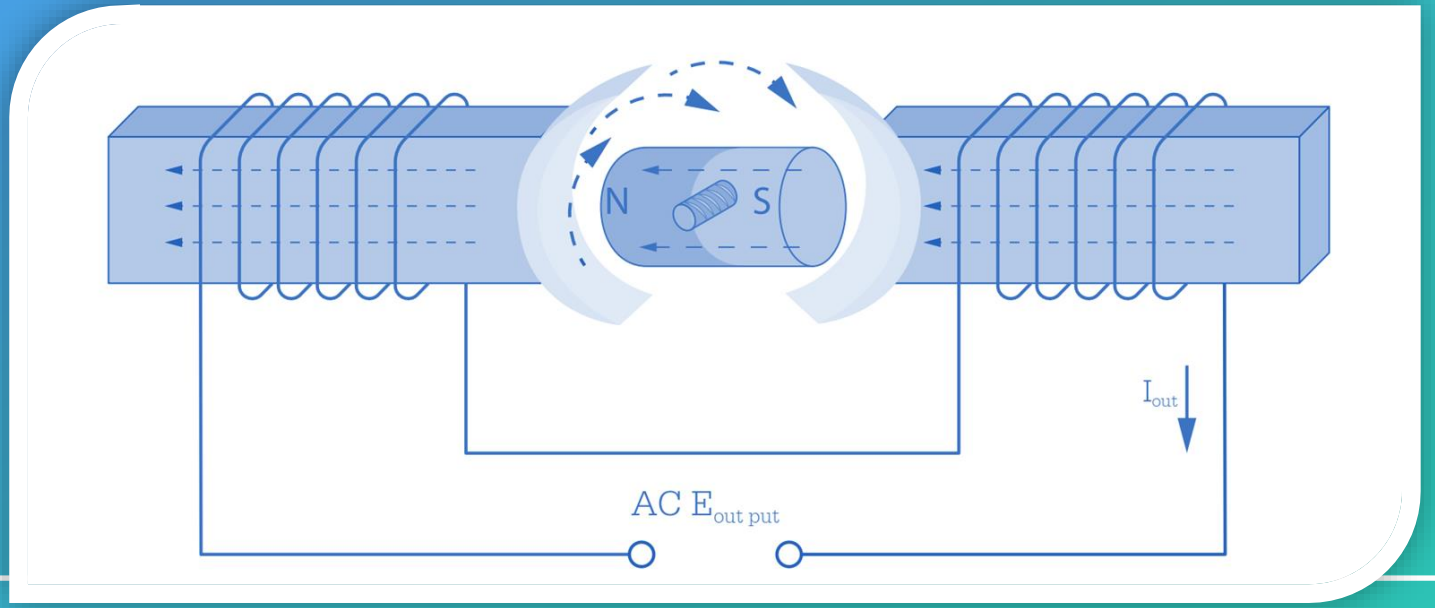
1. การนำขดลวดตัวนำให้เคลื่อนที่ตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็ก



ภาพแสดงการกำเนิดไฟฟ้าแบบขดลวดตัวนำหมุนตัดกับเส้นแรงแม่เหล็ก

การกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (ต่อ)

2. การนำแท่งแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดผ่านขดลวดตัวนำ



ภาพแสดงการกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กหมุนตัดกับขดลวดตัวนำ

การกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (ต่อ)

การหมุนของขดลวดตัวนำ เมื่อหมุนครบรอบจะเกิดมุมทางไฟฟ้าเท่ากับ 360 องศาไฟฟ้า และเมื่อตัวนำไฟฟ้าตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็กไฟฟ้าจะเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นภายในขดลวดตัวนำ ซึ่งค่าแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำชั่วขณะสามารถคำนวณหาค่าได้จากสมการ

$$E = V_m \sin(\omega t + \theta^\circ)$$

เมื่อ E แทนแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำชั่วขณะ

V_m แทนค่าสูงสุดของแรงดันไฟฟ้าที่ยอดคลื่นไซน์

ω แทนค่าความเร็วเชิงมุม ซึ่งมีค่าเท่ากับ $2\pi f$

T แทนช่วงเวลาชั่วขณะใด ๆ มีหน่วยเป็น วินาที

θ แทนมุมที่เกิดการหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มีหน่วยเป็น องศาไฟฟ้า

ตัวอย่าง จากสมการแรงดันไฟฟ้า $E = 250 \sin\omega t + \theta^\circ$ จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าชั่วขณะที่มุม θ มีค่าเท่ากับ 30°, 150° , 220° และ 270°

วิธีทำ ที่ตำแหน่งมุม $\theta = 30^\circ$;

$$E = 250 \sin\omega t + 30^\circ$$
$$= 250 \times \sin 30^\circ$$
$$= 250 \times 0.866$$
$$= 216.5 \text{ V}$$

ที่ตำแหน่งมุม $\theta = 150^\circ$;

$$E = 250 \sin\omega t + 150^\circ$$
$$= 250 \times \sin 150^\circ$$
$$= 250 \times 0.5$$
$$= 125 \text{ V}$$

ตัวอย่าง (ต่อ)

ที่ตำแหน่งมุม θ = 220°;

$$E = 250 \sin\omega t + 220^{\circ}$$
$$= 250 \times \sin 220^{\circ}$$
$$= 250 \times (-0.6427)$$
$$= -160.69 \text{ V}$$

ที่ตำแหน่งมุม θ = 270°;

$$E = 250 \sin\omega t + 270^{\circ}$$
$$= 250 \times \sin 270^{\circ}$$
$$= 250 \times (-1)$$
$$= -250 \text{ V}$$

ตอบ

ตัวอย่าง จากสมการแรงดันไฟฟ้า $E = 220 \sin 377t + \theta°$ จงคำนวณหาค่าความถี่ระบบแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้า

วิธีทำ จากสมการแรงดันไฟฟ้า $E = 220 \sin 377t + \theta°$ พบว่าค่า ωt มีค่าเท่ากับ $377t$

ดังนั้น

$$377t = \omega t$$

$$= 2\pi ft$$

กลับค่าจะได้

$$f = \frac{377t}{2\pi t}$$

$$= \frac{377}{2\pi}$$

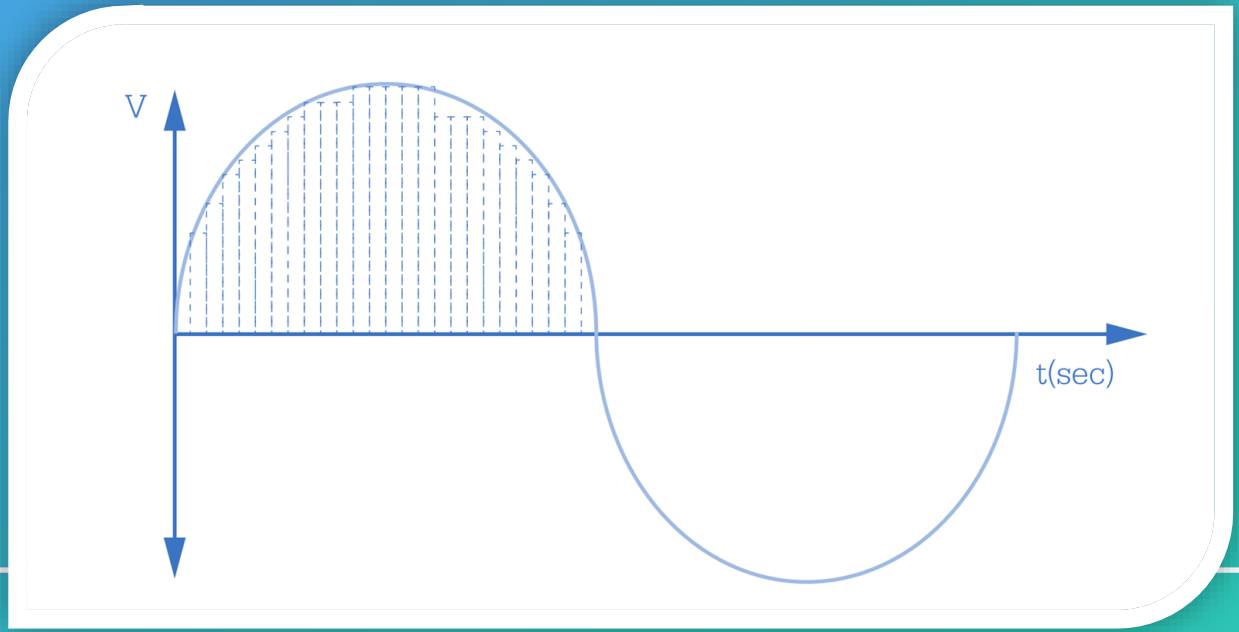
$$= 60 \text{ Hz}$$

ดังนั้นค่าความถี่ของระบบมีค่าเท่ากับ 60 เฮิรตซ์

ตอบ

ค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย

ค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย (Average Voltage) เป็นการวัดค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของรูปคลื่นไซน์ นำผลที่จุดต่าง ๆ รวมกันแล้วหารด้วยจำนวนช่องที่แบ่งออกเป็นช่วง ๆ



ภาพแสดงลักษณะของการหาค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย

ค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย (ต่อ)

ตัวอย่าง จากสมการแรงดันไฟฟ้า $E = 220 \sin 377t + \theta^\circ$ จงคำนวณหาค่าเฉลี่ยระบบแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้า

วิธีทำ จากสมการกำหนดค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดของรูปคลื่นเท่ากับ 220 โวลต์

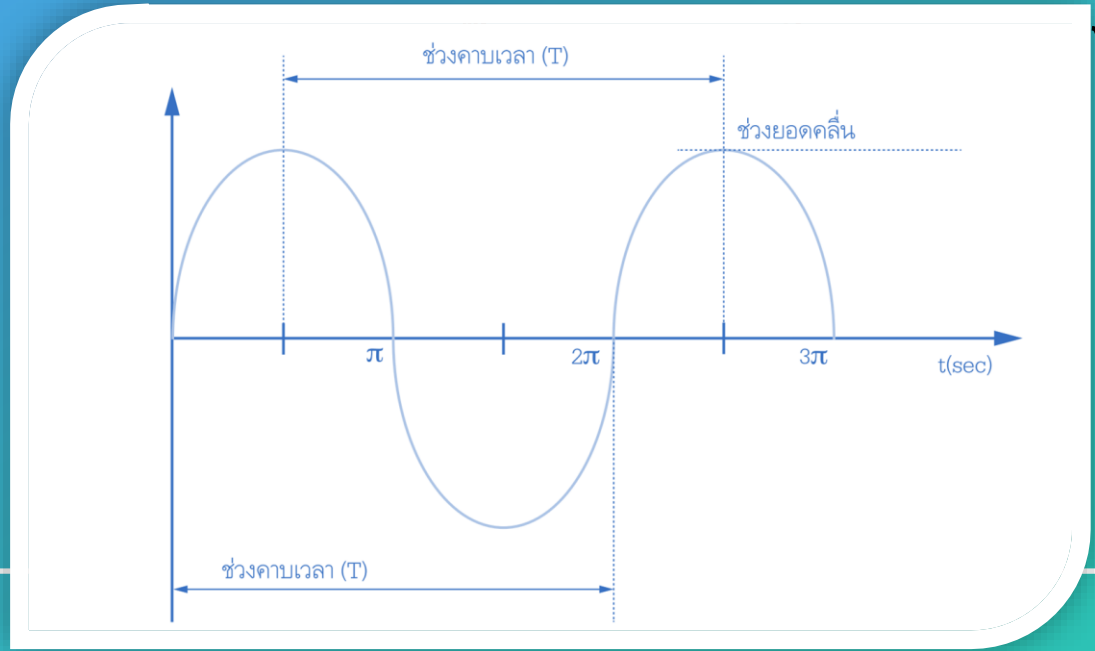
$$E_{Ave} = 0.636\ V_m$$

แทนค่า V_m ; $E_{Ave} = 0.636 \times 220$

$= 139.92$ โวลต์ ตอบ

คาบเวลาและความถี่ไฟฟ้า

คาบเวลา (Period) หมายถึงระยะเวลาของการเกิดรูปคลื่นไฟฟ้าครบ 1 รอบ ทั้งด้านรูปคลื่นซีกบวกและรูปคลื่นซีกลบ ซึ่งจะเป็นผลมาจากการหมุนครบรอบอาร์มาเจอร์ (Armature) ง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า



ภาพแสดงการวัดคาบเวลาของรูปคลื่น

คาบเวลาและความถี่ไฟฟ้า

ความถี่ (Frequency) หมายถึงจำนวนรอบของการหมุนครบรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือการเกิดการเคลื่อนที่รอบวงกลมครบรอบ ซึ่งจะเทียบกับระยะเวลาในการหมุน มีหน่วยเป็น วินาที ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย f ความถี่ไฟฟ้า มีหน่วยเป็น เฮิรตซ์ (Hertz)

คาบเวลาและความถี่ไฟฟ้า (ต่อ)

ตัวอย่าง เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีความเร็วของการหมุนครบรอบใช้เวลาเท่ากับ 0.005 วินาที จงคำนวณหาค่าความถี่การหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อเวลาเป็นวินาที

วิธีทำ โจทย์กำหนดค่าคาบเวลามาให้เท่ากับ 0.005 วินาที

แทนค่าสมการ $f = \frac{1}{T}$

$= \frac{1}{0.005}$

$= 200$ รอบ/วินาที ตอบ

แอมมิเตอร์กระแสสลับ

แอมมิเตอร์กระแสสลับ (Alternating Current Ammeter; AC. Ammeter) เป็นเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการวัดค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ แอมมิเตอร์แต่ละตัวจะวัดค่ากระแสไฟฟ้าได้เพียงย่านวัด (Selector Switch) เดียวหรืออาจจะวัดค่าได้หลายย่านวัดซึ่งขึ้นอยู่กับการออกแบบ ในกรณีที่มีหลายย่านวัดจะเลือกย่านวัดโดยการปรับสวิตช์เลือกย่านวัด

แอมมิเตอร์
แบบแอนะล็อก

แอมมิเตอร์
แบบดิจิทัล

โวลต์มิเตอร์กระแสสลับ

โวลต์มิเตอร์กระแสสลับ (Alternating Current Voltmeter; AC Voltmeter) เป็นเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการวัดค่าแรงดันหรือแรงดันไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ โวลต์มิเตอร์แต่ละตัวจะวัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้เพียงย่านวัดเดียวหรืออาจจะวัดค่าได้หลายย่านวัดก็ได้ขึ้นอยู่กับการออกแบบ ในกรณีที่มีหลายย่านวัดจะเลือกย่านวัดโดยการปรับสวิตช์เลือกย่านวัด

โวลต์มิเตอร์
แบบแอนะล็อก

โวลต์มิเตอร์
แบบดิจิทัล

มัลติมิเตอร์

มัลติมิเตอร์ (Multimeter) เป็นเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความต้านทานหรือค่าอื่น ๆ ซึ่งสามารถวัดได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับโดยวิธีการปรับสวิตช์เลือกย่านวัด

มัลติมิเตอร์
แบบแอนะล็อก

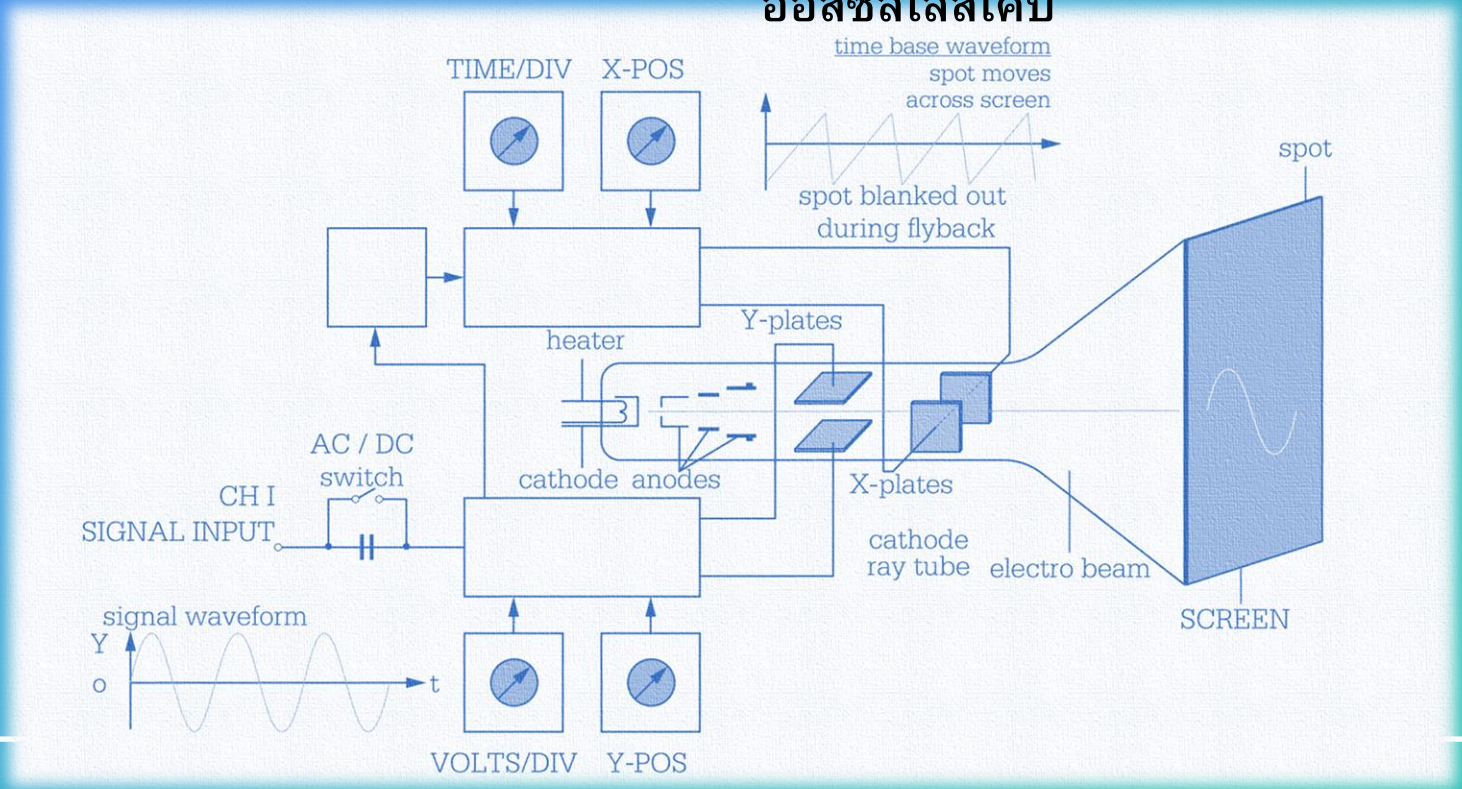
มัลติมิเตอร์
แบบดิจิทัล

ออสซิลโลสโคป

ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) เป็นเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าอีกชนิดหนึ่งที่ใช้สำหรับการวัดรูปคลื่นไฟฟ้าในลักษณะของแนวระนาบ (X-axis) และแนวตั้ง (Y-axis) รูปคลื่นที่วัดออกมาได้จะมีลักษณะที่เป็นเส้นตรง สี่เหลี่ยม สามเหลี่ยมหรือรูปคลื่นไซน์ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับวงจร

ออสซิลโลสโคป (ต่อ)

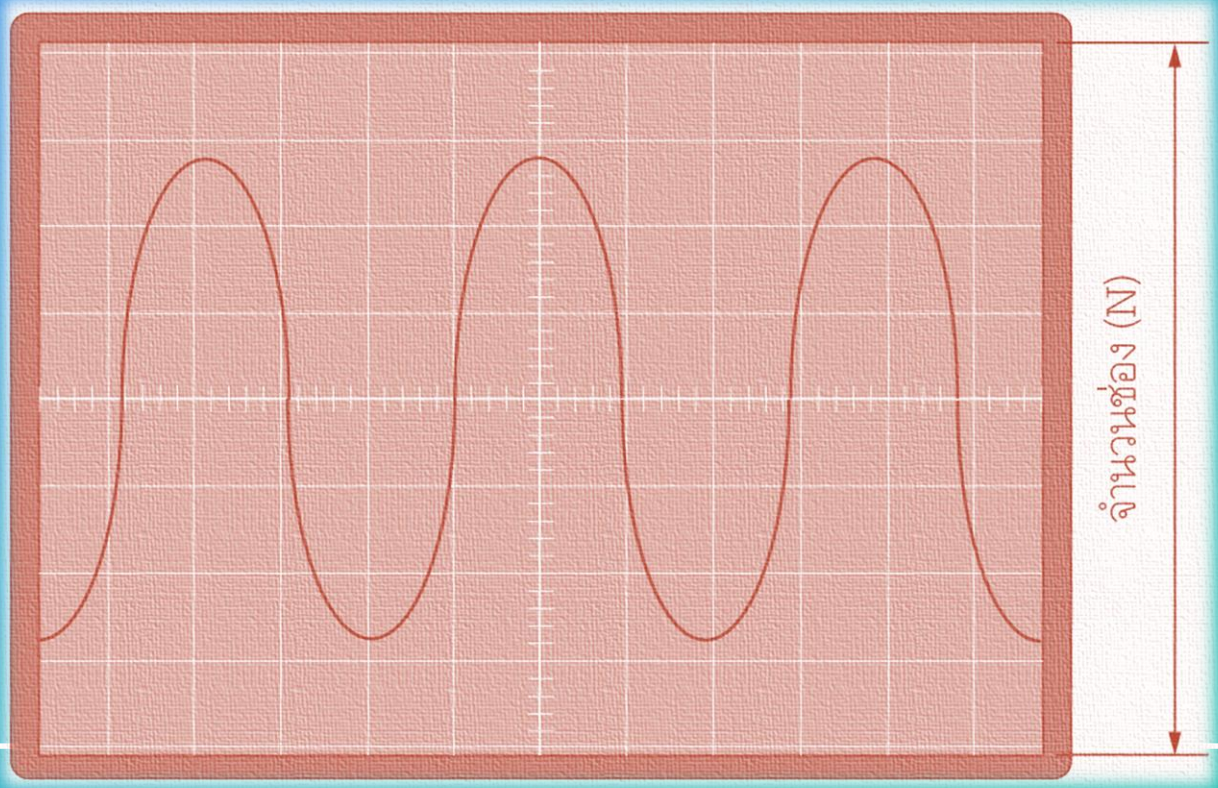
ภาพแสดงลักษณะวงจรภายในของเครื่องออสซิลโลสโคป



การวัดค่าแรงดันไฟฟ้า

การใช้เครื่องออสซิลโลสโคปวัดค่าแรงดันไฟฟ้า เมื่อเสียบสายวัดค่าเรียบร้อยแล้วให้ปรับปุ่มเลือกวัดค่าแรงดันไฟฟ้า Volts/Div ให้เหมาะสมกับค่าแรงดันไฟฟ้าของวงจร สัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ออกมาจะเป็นลักษณะรูปคลื่น 2 ซีก ซึ่งมีค่าสูงสุดที่ด้านบวก (+V-Peak) และสัญญาณต่ำที่สุดจะเป็นค่าสูงสุดทางด้านลบ (-V-Peak) ขนาดของรูปคลื่นที่วัดครึ่งคลื่นได้จากจุดเริ่มต้นคลื่นที่ตำแหน่ง 0 องศาไฟฟ้าไปจนถึงจุดสูงสุดที่ตำแหน่ง 90 องศาไฟฟ้า และตั้งแต่ตำแหน่งจากจุด 180 องศาไฟฟ้าไปจนถึงจุดสูงสุดที่ตำแหน่ง 270 องศาไฟฟ้า ดังนั้นค่าสูงสุดของคลื่นมี 2 จุด คือ ที่ตำแหน่ง 90 และ 270 องศาไฟฟ้า ในแต่ละรอบคลื่นค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดจากค่าสูงสุดจากด้านบวกไปถึงจุดสูงสุดด้านลบเรียกว่า ค่า Peak to Peak (V_{P-P})

การวัดค่าแรงดันไฟฟ้า (ต่อ)



ภาพแสดงลักษณะการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า (Volts/Div)

การวัดค่าแรงดันไฟฟ้า (ต่อ)

จากตัวอย่างภาพแสดงลักษณะการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า (Volts/Div)

ดังนั้น ค่าที่อ่านได้ในแต่ละซีกของรูปคลื่นสามารถคำนวณหาค่าดังนี้

ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด = จำนวนช่องที่อ่านได้จากหน้าจอ x ค่าตัวคูณย่านวัด

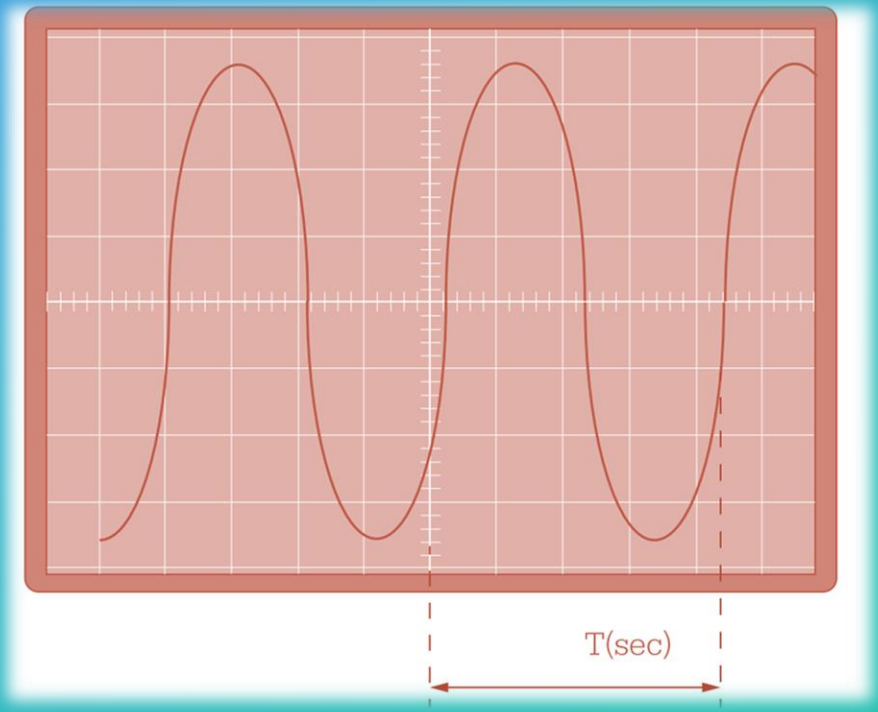
$$V_{Peak\text{-}Peak} = N \times Volts/Div$$

กรณีที่วัดค่าจากค่าสูงสุดของคลื่นด้านบวกหรือค่าสูงสุดด้านลบ สามารถคำนวณหาค่าดังนี้

$$V_{Peak} = \frac{N \times Volts/Div}{2}$$

การวัดคาบเวลาและการหาค่าความถี่

การวัดคาบเวลา หมายถึงการอ่านค่ารูปคลื่นในแนวแกนนอน โดยอ่านจากจำนวนช่องตั้งแต่จุดเริ่มต้นรูปคลื่นจนถึงตำแหน่งครบรอบรูปคลื่น ค่าความยาวรูปคลื่นครบรอบ เรียกว่า ความยาวคลื่น คาบเวลาจะเทียบกับค่าเวลาเป็นวินาที



ภาพแสดงลักษณะการวัดค่าคาบเวลา (Time/Div)

การวัดคาบเวลาและการหาค่าความถี่ (ต่อ)

การคำนวณหาค่าความถี่ได้จากสมการ

ค่าเวลาต่อรอบ = จำนวนช่องที่อ่านได้จากหน้าจอ × ค่าตัวคูณย่านวัด

$V_{Peak-Peak}$ = N × (Time/Div)

โดยจำนวนช่องที่เริ่มต้นคลื่นจนถึงปลายคลื่นที่ครบรอบจะเป็นค่าความยาวคลื่น ซึ่งสามารถอ่านได้จากจำนวนช่องคูณกับค่าที่ปรับตั้งย่านวัดตำแหน่ง Time/Div

การวัดความต่างเฟส คือการเทียบสัญญาณรูปคลื่น 2 รูปคลื่น แล้ววัดระยะห่างของจุดกำเนิดแต่ละรูปคลื่นจะได้เป็นมุมต่างเฟส

สรุป

ไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้าที่เกิดจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ รูปคลื่นไฟฟ้าจะมีลักษณะเป็นรูปคลื่นไซน์ (Sine Wave) ค่าความถี่ระบบไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับความเร็วรอบการหมุนของอาร์มาเจอร์ เมื่ออาร์มาเจอร์หมุนเร็ว ค่าความถี่ไฟฟ้าของระบบจะมีค่ามาก ซึ่งหมายถึงคาบเวลาในการหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะมีค่าต่ำ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดจากวงจรโดยใช้เครื่องออสซิลโลสโคปมีค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดเกิดขึ้นที่มุม θ เท่ากับ 90 องศาไฟฟ้า ค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 0.636 V_m ส่วนค่าแรงดันไฟฟ้าประสิทธิผล มีค่าเท่ากับ 0.707 V_m