

แผนการสอนรายคาบ
คาบที่ 6-7 เรื่องที่สอน เครื่องวัดไฟฟ้ากระแสสลับ
โดยนายรุ่งโรจน์ หนูชลี

จุดประสงค์

เพื่อให้ผู้เรียนสามารถอธิบายหรือบอกรายละเอียดเนื้อหาแต่ละหัวข้อดังต่อไปนี้ได้

1. เพื่อศึกษาเครื่องวัดไฟฟ้ากระแสสลับ
2. เพื่อศึกษาเครื่องวัดแบบเร็กติไฟเออร์ (Rectifier Instrument)
3. เพื่อศึกษาให้เข้าใจเครื่องวัดแบบอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์ (Electrodynamo meter)
4. เข้าใจการทำงานของเครื่องวัดแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่
5. เพื่อให้เข้าใจเครื่องวัดแบบเทอร์โมคัพเบิล
6. เพื่อให้เข้าใจการทำงานของเครื่องวัดแบบไฟฟ้าสถิตย์

สาระการเรียนรู้

ไฟฟ้ากระแสสลับ มีความแตกต่างจากไฟฟ้ากระแสตรงมาก เนื่องจากไฟฟ้ากระแสสลับจะมีทิศทาง 2 ทิศทางคือ ด้านบวกและด้านลบ สลับไปมาด้วยความถี่ 50Hz เครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสตรง ดังเช่น PMMC วัดค่าไฟฟ้ากระแสสลับไม่ได้โดยตรงเนื่องจากเข็มชี้จะอยู่นิ่งเฉยๆ เป็นเพราะว่าเข็มของ PMMC ไม่สามารถแสดงผลทั้งด้านบวกและลบของไฟฟ้ากระแสสลับได้ทันด้วยความถี่ 50Hz

ดังนั้น จำเป็นต้องตัดแปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงก่อน ซึ่งอาศัยเทคนิคอื่นๆ ที่จะทำให้สามารถอ่านค่าไฟฟ้ากระแสสลับได้

สมรรถนะที่พึงประสงค์ (Competency)

1. ด้านความรู้

1. อธิบายความหมายของเครื่องวัดไฟฟ้ากระแสสลับ ได้อย่างถูกต้อง
2. คำนวณหาค่าความต้านทานมัลติพลายในเครื่องวัดแบบเร็กติไฟเออร์ ได้ถูกต้อง
3. เขียนโครงสร้างการทำงานของเครื่องวัดแบบอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์ ได้อย่างถูกต้อง
4. บอกถึงคุณลักษณะสมบัติของเครื่องวัดแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่ได้ถูกต้อง
5. บอกถึงคุณลักษณะสมบัติของเครื่องวัดแบบเทอร์โมคัพเบิล ได้ถูกต้อง
6. บอกถึงคุณสมบัติของเครื่องวัดแบบไฟฟ้าสถิตย์ ได้ถูกต้อง

2. ด้านทักษะและกระบวนการ

1. มีทักษะในการต่อใช้งานเครื่องวัดไฟฟ้ากระแสสลับ
2. มีทักษะในการอ่านค่าสัญลักษณ์บนหน้าปัดของเครื่องวัดไฟฟ้า
3. นำความรู้เรื่องหลักการเบื้องต้นของเครื่องวัดไฟฟ้าไปประยุกต์ใช้ในวิชาอื่นได้

3. ด้านคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์

1. ความมีวินัย
2. ความรับผิดชอบ
3. ความซื่อสัตย์สุจริต
4. ความสนใจใฝ่รู้
5. การประหยัด
6. การละเว้นสิ่งเสพย์คิดและการพนัน

เครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับ

1 เครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับ

เครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับ คือ เครื่องมือวัดที่ใช้สำหรับวัดค่าแรงดันหรือกระแสไฟฟ้าสลับ โดยอาศัยเทคนิคหลายๆแบบ เพื่อให้มีกระแสไฟฟ้าผ่านมูฟวี่งคอยล์เพิ่มให้แสดงผลออกมาเป็นค่าตัวเลข หรือ ค่าตามสเกลหน้าปัด เครื่องมือวัดไฟฟ้าของกระแสสลับมีหลายชนิด ดังนี้

1. เครื่องมือวัดแบบเร็คติไฟายเออร์
2. เครื่องวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์
3. เครื่องวัดแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่
4. เครื่องวัดแบบเทอร์โมคัพเบิล
5. เครื่องวัดแบบไฟฟ้าสถิต

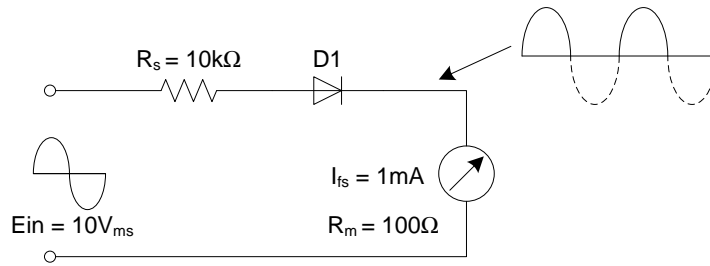
2 เครื่องวัดแบบเร็คติไฟายเออร์

คือเครื่องวัดไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้หลักการของเครื่องวัดแบบ PMMC ทำงานร่วมกับวงจรเร็คติไฟาย์ โดยหน้าที่ของ วงจรเร็คติไฟาย์ คือวงจรที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งข้อดีของวิธีการใช้เครื่องวัดไฟฟ้ากระแสสลับแบบนี้ คือเครื่องวัดแบบ PMMC จะมีความไวในการวัดสูงและสิ้นเปลืองกำลังงานน้อย แต่ก็มีข้อเสียคือ ไม่สามารถใช้ไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความถี่สูงได้

2.1 เครื่องวัดที่ใช้วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น

โดยเครื่องวัดไฟฟ้าแบบนี้จะใช้ไดโอดมาต่ออันดับกับส่วนที่เคลื่อนที่ของเครื่องวัดแบบ PMMC ซึ่งไดโอดจะเป็นตัวทำหน้าที่ในการเร็คติไฟาย์ เพื่อให้ได้ไฟตรงแบบพัลส์ ซึ่งเครื่องวัดแบบ PMMC จะตอบสนองได้ แต่จะมีค่าความไวในการวัดต่ำกว่าเครื่องวัดไฟฟ้ากระแสตรง ดังแสดงวงจรในรูปที่ 1 ซึ่งเราสามารถคำนวณหาค่าความไว ของ ดิซี โวลต์มิเตอร์ คือ

$$S = \frac{1}{I_{FS}} = \frac{1}{1mA} = 1k\Omega/V$$



รูปที่ 1 เครื่องวัดแบบเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น

จากรูปที่ 1 เมื่อมีแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (E_m) ป้อนเข้ามาในวงจร ความต้านทาน (R_s) จะทำหน้าที่จำกัดกระแส ส่วนไดโอด (D1) ทำหน้าที่รีกติฟายร์ โดยยอมให้มีกระแสไฟฟ้าไหลเฉพาะในช่วงไซเคิลบวกเท่านั้น เพราะไดโอดได้รับแรงดันไฟฟ้าไปอัสตรงส่วนกระแสไฟฟ้าในช่วงไซเคิลลบจะไม่สามารถไหลผ่านไดโอดได้ เพราะไดโอดได้รับแรงดันไฟฟ้าไปอัสกลับ ซึ่งจะทำให้กระแสไฟฟ้าตรงที่เป็นพัลส์มีทิศทางเดียว (ทางช่วงบวก) ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ของเครื่องวัดได้ และเข็มมิเตอร์จะมีการเบี่ยงเบน เราสามารถอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าจากสเกลของเครื่องวัดได้

สมการที่ใช้ในการคำนวณหาค่าต่างๆ ของแรงดันไฟฟ้าพิจารณาได้จากสูตร

$$E_{rms} = 0.70 \times E_p \quad \text{สมการที่ 1}$$

$$E_p = 2 \times E_{rms} = 1.414 \times E_{rms} \quad \text{สมการที่ 2}$$

$$E_{ave} = 0.636 \times E_p \quad \text{สมการที่ 3}$$

เมื่อ E_{rms} = ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน (Effective Voltage)

E_p = ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด (Peak Voltage)

E_{ave} = ค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย (Average Voltage)

เมื่อพิจารณารูป 3 เมื่อ $E_{in} = V_{rms}$ เราสามารถคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าต่าง ๆ จากสมการข้างบนได้ดังนี้

- ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด

$$E_p = 1.414 \times E_{rms} = 1.414 \times 10V_p$$

- ค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย

$$E_{ave} = 0.636 \times E_p = 0.636 \times 14.14 V_p = 8.99 V$$

จากสมการคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยทั้ง 1 ไซเคิล ของวงจรรูป คือ 8.99 V แต่เนื่องจากจากช่วงไซเคิลลบไม่สามารถไหลผ่านวงจรได้ เพราะฉะนั้นค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของวงจรฮาร์ฟเวฟเรกติฟายร์ หรือแบบครึ่งคลื่นจะมีค่าประมาณ 4.5 V ดังนั้นเราจะเห็นว่าเข็มมิเตอร์ชี้เต็มสเกลเมื่อ ป้อนไฟดีซี 10 V ให้แก่เครื่องวัด แต่เมื่อเราป้อนไฟฟ้ากระแสสลับ 10 Vrms เข็มมิเตอร์จะเบี่ยงเบนเพียง 4.5 V ซึ่งเราอาจ

กล่าวได้ว่าเมื่อใช้เครื่องวัดที่ใช้วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นจะทำให้เครื่องวัดมีความไวประมาณ 45 % ของเครื่องวัดไฟฟ้ากระแสตรง ถ้าเราต้องการขยายย่านการวัดของเครื่องวัดที่ใช้วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นโดยนำตัวความต้านทานมาต่ออันดับขดลวดเคลื่อนที่ (Moving Coil) ได้ดังสมการข้างล่างนี้

$$R_s = \frac{E_{dc}}{I_{dc}} - R_M = \frac{0.45E_{rms}}{I_{dc}} - R_M \quad \text{สมการที่ 4}$$

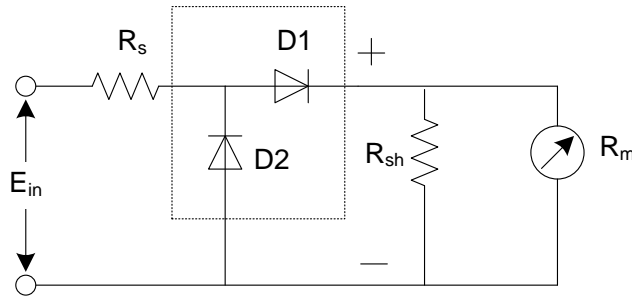
และค่าความไว (Sensitivity) ของเครื่องวัดที่ใช้วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นคือ

$$S_{ac} = 0.45 S_{dc} \quad \text{สมการที่ 5}$$

เมื่อ S_{ac} = ความไวของเครื่องวัดไฟฟ้ากระแสสลับ

S_{dc} = ความไวของเครื่องวัดไฟฟ้ากระแสตรง

ในการสร้าง เอซี โวลต์มิเตอร์ที่ใช้วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นออกมาจำหน่าย มักจะมีการเพิ่มไดโอดที่ต่อขนานเข้าไปวงจรดังรูปที่ 3



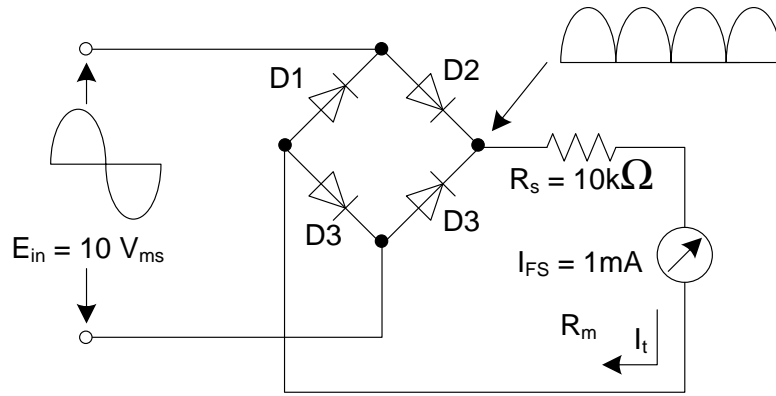
รูปที่ 3 วงจรเครื่องวัดที่ใช้วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นที่ใช้งาน

การต่อไดโอด D2 เข้าไปในวงจรจะไม่มีผลต่อการไหลของกระแสไฟฟ้าในช่วงไซเคิลบวก เพราะไดโอด D2 จะได้รับแรงดันไฟฟ้าไอ้ สกัลป์ค่าความต้านทานของตัวมันจะมีค่าสูงมาก กระแสไฟฟ้าในช่วงไซเคิลบวกนี้จะไหลผ่านไดโอด D1 ได้เพราะไดโอด D1 ได้รับแรงดันไฟไบอัสตรง ซึ่งมีผลทำให้ค่าแรงดันไฟที่ตกคร่อมไดโอด D2 มีค่าน้อยลง แต่ในช่วงไซเคิลลบ ไดโอด D2 ได้สะดวก ซึ่งเราอาจสรุปได้ว่าการ ต่อไดโอดทั้ง 2 ในวงจรจะเป็นตัวช่วยลดค่าแรงดันไฟไบอัสกลับที่ตกคร่อม ไดโอดทั้งสองหรือทำหน้าที่ป้องกันซึ่งกันและกันในขณะที่ได้รับแรงดันไฟไบอัสกลับ

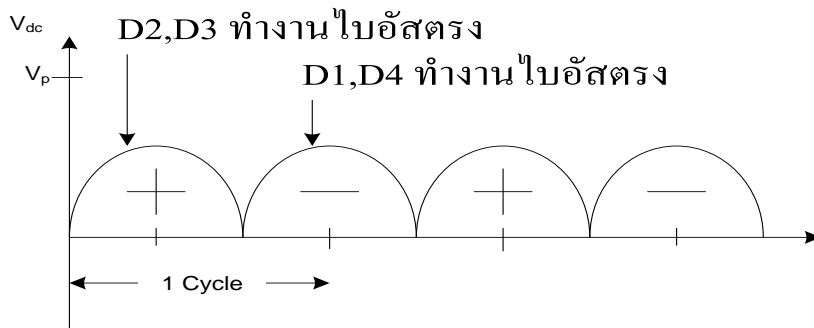
ส่วนความต้านทาน (R_{sh}) ที่ต่อขนาดับขดลวดเคลื่อนที่ (Moving coil) จะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอดมีค่ามากขึ้น แต่สิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้คือ ความไวในการวัดจะลดลง

2.2 เครื่องวัดที่ใช้วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น

(Full wave Rectifier Instrument) เครื่องวัดไฟฟ้ากระแสสลับแบบนี้เป็นเครื่องวัดที่ใช้ วงจรเร็คติไฟร์แบบบริดจ์ (Bridge Rectifier) แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงแบบเต็มคลื่น หรือเป็น ดีซี พัลส์ (Pulsating DC) ที่มีความถี่เป็น 2 เท่าของแบบ ฮาฟเวฟ เร็คติไฟร์ ซึ่งเป็นการเพิ่มค่าความไวในการวัดให้สูงขึ้น จึงเป็นที่นิยมใช้กันมาก



a. วงจรเอซซี โวลต์มิเตอร์ที่ใช้บริดจ์ ระบายไฟ



b. รูปคลื่นไฟฟ้ากระแสตรงแบบเต็มคลื่น

รูปที่ 4 แสดงวงจรเครื่องไฟฟ้ากระแสตรงแบบวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น

ถ้าพิจารณาในรูป 4 ค่าแรงดันสูงสุดของแรงดันไฟฟ้า (E_{in}) 10 Vrms จะคำนวณหาได้จากวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half Wave Rectifier) คือ

$$E_p = 1.414 \times E_{rms} = 1.414 \times 10 \text{ V}_{rms} = 14.14 \text{ V}_{peak}$$

ค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าหรือไฟดีซี จะมีค่าเป็นพัลส์ของคลื่นรูปไซน์ (Sine Wave) มีค่าเป็น

$$E_{ave} = 0.636 \times E_p = 0.636 \times 14.14 \text{ V}_p = 9 \text{ V}$$

ดังนั้นเราสามารถเห็นได้ว่าที่แรงดันไฟฟ้า 10 V_{rms} จะมีค่าเท่ากับ 9 V_{dc} เมื่อเราใช้วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น ซึ่งเข็มมิเตอร์จะชี้ที่ 90 % ของเต็มสเกล หมายความว่าโวลต์มิเตอร์นี้จะมีค่าเท่ากับ 90 % ของความไวในการวัดไฟดีซี หรือมีความไวเป็น 2 เท่าของวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น

ในการขยายย่านการวัดของเครื่องวัดไฟฟ้ากระแสตรงแบบนี้ ค่าความต้านทานที่นำมาต่ออันดับหรือความต้านทานมัลติพลาย (R_s) จะมีค่า 90 % ที่ 10 V_{dc} ของโวลต์มิเตอร์ ซึ่งเราสามารถเขียนเป็นสมการสำหรับวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นได้ดังนี้

ค่าความไวของเครื่องวัดที่ใช้วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น

$$S_{ac} = 0.9 \times S_{dc} \quad \text{สมการที่ 6}$$

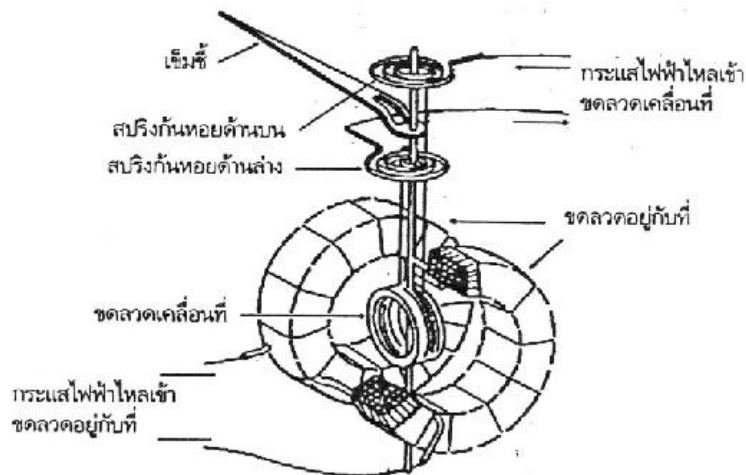
ค่าความต้านทานมัลติพลาย่านการวัด

$$R_s = S_{ac} \times \text{Range} - R_m \quad \text{สมการที่ 7}$$

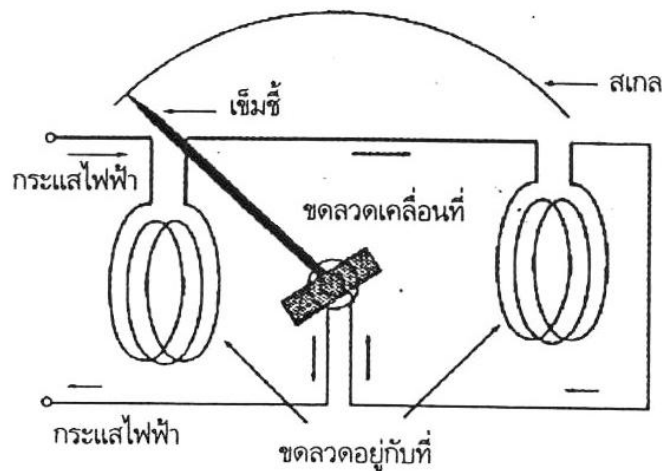
3. เครื่องวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์

(Electrodynamometer)

อิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์ เป็นเครื่องวัดไฟฟ้าที่มีหลักการทำงานเหมือนกับเครื่องวัดไฟฟ้ากระแสตรงแบบขดลวดเคลื่อนที่ (แบบ PMMC) เพียงแต่เครื่องวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์ จะใช้ขดลวดที่อยู่กับที่ (Fixed Coil) 2 ชุด ซึ่งใช้ผลิตสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำหน้าที่แทนแม่เหล็กถาวรของเครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่และวางขดลวดเคลื่อนที่ (Moving Coil) ให้หมุนเคลื่อนที่อยู่ระหว่างขดลวดที่อยู่กับที่ทั้ง 2 ชุด และมีการต่อวงจรแบบอันดับกัน ดังรูปที่ 7



a. แสดงลักษณะ โครงสร้างของอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์



b. วงจรอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์

รูปที่ 7 แสดงอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์

พิจารณาจากรูปที่ 7 เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้ามาที่ขดลวดที่อยู่กับที่และขดลวดเคลื่อนที่จะมีผลทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น โดกรอบและเป็นแรงผลักที่กระทำต่อกันเกิดเป็นแรงบิดเช่นเดียวกับเครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่คือ มีการเคลื่อนที่ของขดลวดไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งเข็มมิเตอร์ที่ยึดติดอยู่กับขดลวดเคลื่อนที่นี้จะเบี่ยงเบนได้ และมีสปริงขดกันหอย (Spiral hairspring) ทำหน้าที่ออกแรงต้านแรงบิดที่เกิดขึ้น เมื่อแรงทั้งสองที่กระทำเท่ากัน เข็มมิเตอร์จะหยุดนิ่งและเมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลเข้ามาที่ขดลวด สปริงขดจะดึงให้เข็มมิเตอร์กลับมาอยู่ที่ตำแหน่งศูนย์ตามเดิม



รูปที่ 8 แสดงสเกลของ Square – law meter

เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดที่อยู่กับที่ขดลวดเคลื่อนที่จะเกิดเป็นแรงบิดที่ทำให้เข็มมิเตอร์เบี่ยงเบนจะแปรผันตามกำลังสองของกระแสไฟฟ้าชั่วขณะ ดังนั้นค่าสเกล หน้าปัดของ อิเล็กโทรไดนามิเตอร์จะเป็นค่าสเกลกำลังสอง (Square – law meter Scale) ดังรูปที่ 8

เครื่องวัดแบบอิเล็กโทรไดนามิเตอร์ สามารถนำไปใช้ในการวัดไฟฟ้าทั้งไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) และพัฒนาใช้เป็นวัตต์มิเตอร์ วาร์มิเตอร์ (Var meter) เพาเวอร์แฟกเตอร์มิเตอร์ (Power factor meter) และเครื่องวัดความถี่ (Frequency meter) แต่อิเล็กโทรไดนามิเตอร์จะมีการกินกำลังวัตต์สูงกว่าเครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่ และมีค่าความไวในการต่ำ (Low Sensitivity) ประมาณ 20 ถึง 100 Ω/V เพราะมีค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะน้อยกว่าความเข้มของสนามแม่เหล็กถาวรในเครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่

อิเล็กโทรไดนามิเตอร์เป็นเครื่องวัดไฟฟ้าที่มีความถูกต้องสูงจึงนำมาใช้เป็นเครื่องวัดที่เป็นอุปกรณ์ถ่ายทอด (Transfer instrument) เพื่อปรับเทียบเทียบเครื่องวัดไฟฟ้ากระแสสลับในเทอมของมาตรฐานไฟฟ้ากระแสตรงได้

การใช้อิเล็กโทรไดนามิเตอร์เป็นวัตต์มิเตอร์สามารถทำได้โดยต่อความต้านทานมัลติพลาย (R_x) อันตบเข้ากับขดลวดเคลื่อนที่ และถ้าต้องการให้อิเล็กโทรไดนามิเตอร์เป็นแอมมิเตอร์สามารถทำได้โดยต่อความต้านทาน (R_{sh}) ขนานเข้ากับขดลวดเคลื่อนที่

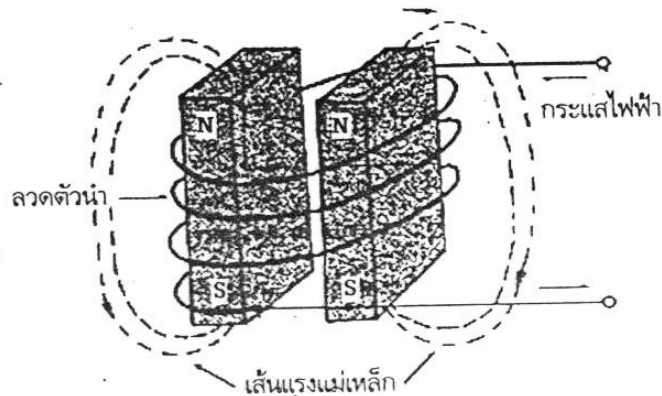
ข้อควรระวัง ในการใช้อิเล็กโทรไดนามิเตอร์ขณะทำการวัดคือ

1. ป้องกันเครื่องวัดมิให้ถูกสนามแม่เหล็กจากภายนอกเข้ามารบกวนเพราะจะทำให้ผลการวัดผิดพลาดได้
2. เครื่องวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์โตนานาโมมิเตอร์จะมีความถูกต้องมากในการวัดย่านไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความถี่ 0 ถึง 125 Hz ถ้าความถี่สูงกว่านี้จะมีผลต่อค่ารีแอคแตนซ์ (X_L) ในวงจรส่งผลทำให้การวัดคลาดเคลื่อนได้

4. เครื่องวัดแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่

(Iron - Vane meter Movement)

เครื่องวัดชนิดนี้มีหลักการทำงาน คือ อาศัยคุณสมบัติของขั้วแม่เหล็กที่เหมือนกันจะผลักกัน ถ้าเรานำเอาแท่งเหล็กอ่อนสองแผ่นมาวางไว้ใกล้ ๆ กันแล้วพันลวดตัวนำโดยรอบแท่งเหล็กอ่อนทั้งสองเสร็จแล้วให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดซึ่งจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นภายในขดลวด และเหนี่ยวนำให้แผ่นเหล็กอ่อนทั้งสองกลายเป็นแม่เหล็กที่มีขั้วเดียวกันตลอดเวลาและเกิดแรงผลักกันขึ้นระหว่างแผ่นเหล็กอ่อนทั้งสอง ดังรูปที่ 9

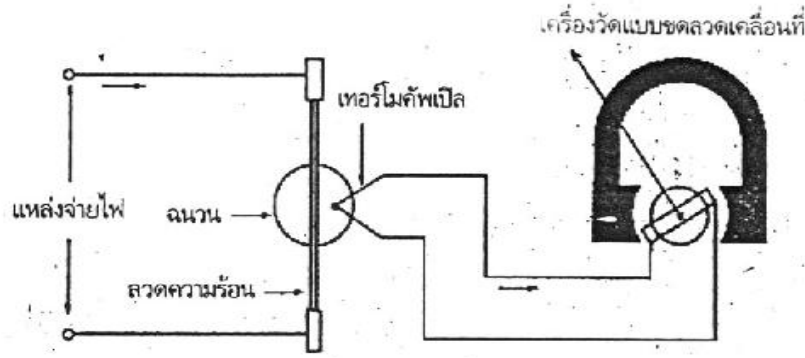


รูปที่ 9 หลักการเบื้องต้นของเครื่องวัดแผ่นเหล็กเคลื่อนที่

เครื่องวัดแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่ ที่นิยมใช้งานโดยทั่วไป คือ แบบเรเดียลเวเนรีพัลชันมูฟเมนต์ (Radial Vane Repulsion Movement)

5. เครื่องวัดแบบเทอร์โมคัพเปิล (Thermocouple meter)

เครื่องวัดชนิดนี้จะประกอบด้วยอุปกรณ์ 3 ชิ้น คือ ลวดความร้อน (Heater) เทอร์โมคัพเปิลและเครื่องวัดไฟฟ้าแบบขดลวดเคลื่อนที่ (PMMC) เครื่องวัดแบบเทอร์โมคัพเปิลสามารถใช้วัดไฟฟ้ากระแสตรง (DC) และไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ได้



รูปที่ 10 เครื่องวัดแบบเทอร์โมคัพเปิล

เทอร์โมคัพเปิลจะอาศัยหลักการที่ว่าโลหะ 2 ชนิด ที่มีความแตกต่างกันคือ เหล็ก กับทองแดง โดยมีจุดต่อเชื่อมรวมกันที่ปลายข้างหนึ่งของโลหะทั้งสองเพื่อใช้เป็นจุดทดสอบที่วัดความร้อน และบรรจุหุ้มด้วยฉนวนกันความร้อน

เมื่อกระแสไฟฟ้าที่ต้องการจะวัดไหลผ่านวัดความร้อน ซึ่งทำให้จุดต่อระหว่างโลหะทั้งสองได้รับความร้อน ส่งผลให้เกิดค่าความต่างศักย์ที่ปลายของโลหะทั้งสองอีกด้านหนึ่ง (ประมาณ 0 ถึง 10 mV) ที่ต่ออยู่กับเครื่องวัดไฟฟ้าเข็มมิเตอร์จะเบี่ยงเบนได้ ซึ่งเข็มมิเตอร์จะเบี่ยงเบนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความร้อนที่เทอร์โมคัพเปิลได้รับ โดยค่าความร้อนที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนกับค่ากำลังสองของกระแสไฟฟ้า ปกติเครื่องวัดแบบเทอร์โมคัพเปิลได้รับ โดยค่าความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นสัดส่วนกับค่ากำลังสองของกระแสไฟฟ้า ปกติเครื่องวัดแบบเทอร์โมคัพเปิลจะสามารถใช้วัดค่ากระแสไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 1 mA ถึง 50 A

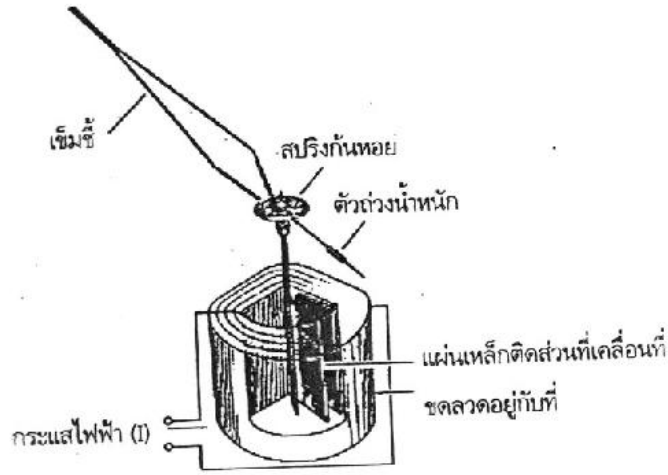
ข้อดี ของเครื่องวัดแบบเทอร์โมคัพเปิลคือ

1. สามารถวัดความผิดพลาดได้ต่ำประมาณ 1 %
2. ใช้วัดความถี่ได้สูงถึง 50 MHz โดยไม่จำกัดรูปร่างของสัญญาณ

ข้อควรระวัง เกี่ยวกับการใช้เครื่องวัดแบบเทอร์โมคัพเปิล คือในการวัดอย่าให้เกินค่า Over Load เพราะจะทำให้วัดความร้อนขาดเสียหายได้

6. เครื่องวัดแบบไฟฟ้าสถิต

เป็นเครื่องวัดที่อาศัยหลักการของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นตัวบังคับการเคลื่อนที่ของเข็มมิเตอร์ โดยมากจะใช้เป็นเครื่องวัดค่าโวลต์เตจสูงๆ



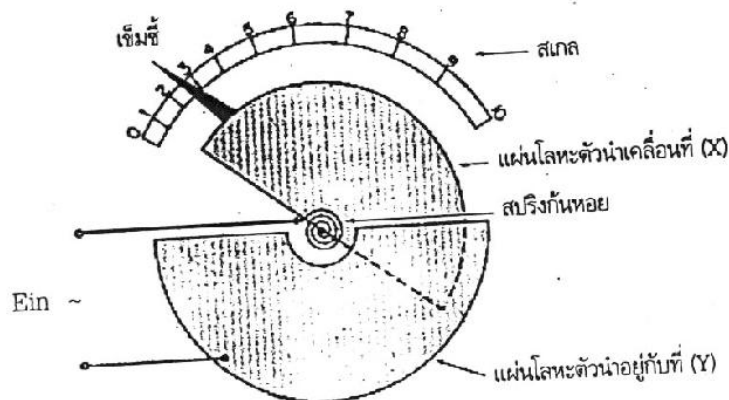
รูปที่ 11 เเรเคียลเวเนรีฟัลซันมฟเมนต์

จากรูปที่ 11 ประกอบด้วยขดลวดที่อยู่กับที่พันหลายๆ ชั้น และแผ่นเหล็กอ่อน 2 แผ่น โดยแผ่นหนึ่งติดอยู่กับขดลวดอยู่กับที่ เรียกว่าแผ่นเหล็กอยู่กับที่ และอีกแผ่นหนึ่งติดอยู่กับแกนที่เคลื่อนที่ได้ เรียกว่า แผ่นเหล็กเคลื่อนที่ เข็มมิเตอร์ติดอยู่บนแกนที่เคลื่อนที่ได้

เครื่องวัดแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่ สามารถใช้วัดไฟ ฟ้ากระแสตรง หรือไฟฟ้ากระแสสลับได้ แต่ส่วนมากใช้งานอุตสาหกรรมที่ไม่ต้องการความถูกต้องมากนัก คือมีความผิดพลาดในการวัด 5-10% เราสามารถใช้เครื่องวัดแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่ในการวัด โวลต์เตจได้โดยการเพิ่มความต้านทานมัลติพลาย เหมือนกับเครื่องวัดไฟฟ้ากระแสตรง

ข้อควรระวัง ในการใช้เครื่องวัดแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่ขณะทำการวัด คือ

1. การวัดไฟฟ้ากระแสสลับควรอยู่ในช่วงความถี่ 25 ถึง 125Hz เพราะถ้าความถี่สูงจะมีผลต่อค่ารีแอกแตนซ์ ในวงจรทำให้ค่าอิมพีแดนซ์เปลี่ยนแปลง
2. ค่าฮิสเตอร์ซิส ที่แผ่นเหล็กจะเป็นผลทำให้เข็มมิเตอร์ชี้ผิดพลาดได้
3. ควรป้องกันเครื่องวัดไม่ให้ถูกสนามแม่เหล็กจากภายนอกเข้ามารบกวนเพราะจะทำให้การวัดผิดพลาดได้



รูปที่ 12 เครื่องวัดแบบไฟฟ้าสถิต

ในรูปที่ 12 แสดงถึงหลักการของเครื่องวัดแบบไฟฟ้าสถิต ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับวาริเอเบิลคาปาซิเตอร์ที่มีอากาศเป็นไดอิเล็กตริก เครื่องวัดแบบนี้ประกอบด้วยแผ่นตัวนำ 2 แผ่น คือ แผ่นเคลื่อนที่ (X) ซึ่งมีเข็มมิเตอร์ติดอยู่ และแผ่นหลักที่ติดอยู่กับที่ (Y) ลวดสปริงขดกันหอยใช้ทำหน้าที่ต้านแรงบิดที่เกิดขึ้น

เมื่อมีแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับป้อนเข้ามาที่แผ่นตัวนำทั้งสองจะทำให้แผ่นตัวนำ (X) และแผ่นตัวนำ (Y) มีขั้วต่างกันตลอดเวลา ซึ่งเกิดแรงดึงดูดกันขึ้นบนแผ่นตัวนำทั้งสอง แผ่นตัวนำ (X) สามารถเคลื่อนที่ไปทางขวาได้โดยไม่ต้องคำนึงขั้วของแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามา ดังนั้นแรงบิดเฉลี่ยจึงไม่เป็นศูนย์ และเข็มมิเตอร์ที่อยู่บนแผ่นตัวนำเคลื่อนที่ (X) จะหยุดนิ่งเมื่อแรงบิดที่เกิดระหว่างแผ่นตัวนำทั้งสองสมดุลกับแรงต้านอันมาจากสปริงขดกันหอย ค่าแรงดึงดูดหรือแรงบิดที่แผ่นตัวนำทั้งสองจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าความต่างศักย์ที่ปรากฏที่แผ่นตัวนำ โดยจะเป็นปฏิกิริยาตามค่ากำลังสองของแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามา

ข้อดี ของเครื่องวัดแบบไฟฟ้าสถิต

1. เป็นเครื่องวัดที่กินกระแสน้อยมาก คือ ในช่วงเริ่มต้นการวัด
2. ใช้วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงๆ ได้ เช่น ตั้งแต่ 5,000 V ถึง 300,000 V

ข้อควรระวัง

1. ไม่สามารถใช้วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่มีค่าโวลต์ต่ำกว่าได้
2. ไม่สามารถใช้วัดค่ากระแสไฟฟ้า