

**แผนการสอนรายคาบ**  
**คาบที่ 12 เรื่องที่สอน กิโลวัตต์ชั่วโมงมิเตอร์**  
**โดยนายรุ่งโรจน์ หนูขลิบ**

---

**จุดประสงค์**

เพื่อให้ผู้เรียนสามารถอธิบายหรือบอกรายละเอียดเนื้อหาแต่ละหัวข้อดังต่อไปนี้ได้

1. เพื่อให้รู้จักความหมายของกิโลวัตต์ชั่วโมงมิเตอร์
2. เพื่อศึกษาโครงสร้างและส่วนประกอบของกิโลวัตต์ชั่วโมงมิเตอร์
3. เพื่อศึกษาการใช้กิโลวัตต์ชั่วโมงมิเตอร์
4. เพื่อรู้จักข้อควรระวังและการบำรุงรักษา กิโลวัตต์ชั่วโมงมิเตอร์

**สาระการเรียนรู้**

เพาเวอร์แฟกเตอร์เป็นมิเตอร์สร้างขึ้นมาใช้วัดค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของอุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้าที่กำลังทำงาน

วัตต์ชั่วโมงมิเตอร์เป็นวัตต์มิเตอร์อีกแบบหนึ่งวัดค่าออกมาเป็นกิโลวัตต์ชั่วโมง ( Kwh ) ถูกสร้างขึ้นมาให้ใช้งานสำหรับวัดพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับตามบ้านเรือนในโรงงานอุตสาหกรรมและในที่อื่นๆ

**สมรรถนะที่พึงประสงค์ (Competency)**

**1. ด้านความรู้**

1. บอกความหมายของกิโลวัตต์ชั่วโมงมิเตอร์ได้ถูกต้อง
2. บอกโครงสร้างและส่วนประกอบของกิโลวัตต์ชั่วโมงมิเตอร์ได้ถูกต้อง
3. ใช้กิโลวัตต์ชั่วโมงมิเตอร์ได้ถูกต้อง
4. บอกข้อควรระวังและการบำรุงรักษา กิโลวัตต์ชั่วโมงมิเตอร์ได้ถูกต้อง

**2. ด้านทักษะและกระบวนการ**

1. มีทักษะในการต่อใช้งานมัลติมิเตอร์ได้
2. มีทักษะในการอ่านค่าสัญลักษณ์บนหน้าปัดของเครื่องวัดไฟฟ้า
3. นำความรู้เรื่องหลักการเบื้องต้นของเครื่องวัดไฟฟ้าไปประยุกต์ใช้ในวิชาอื่นได้

**3. ด้านคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์**

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

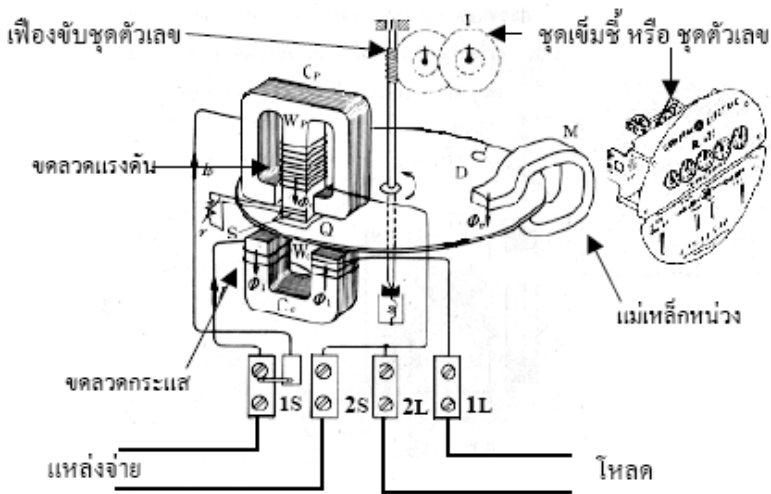
**กิโลวัตต์ชั่วโมงมิเตอร์ หรือ วัตต์ชั่วโมงมิเตอร์**

วัตต์สอาร์มิเตอร์ ส่วนใหญ่เป็นเครื่องวัดที่ทำงานด้วยการเหนี่ยวนำไฟฟ้า ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อวัดปริมาณกำลังไฟฟ้ากระแสสลับทั้งในบ้านเรือน และในโรงงานอุตสาหกรรม โดยมีหน่วยวัด พลังงานไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ชั่วโมง (Kilowatt-hour) สามารถจำแนกตามระบบไฟฟ้าได้ 2 ประเภท ดังนี้

**วัตต์สอาร์มิเตอร์ 1 เฟส (single phase watt-hour meter)** มีหลักการ

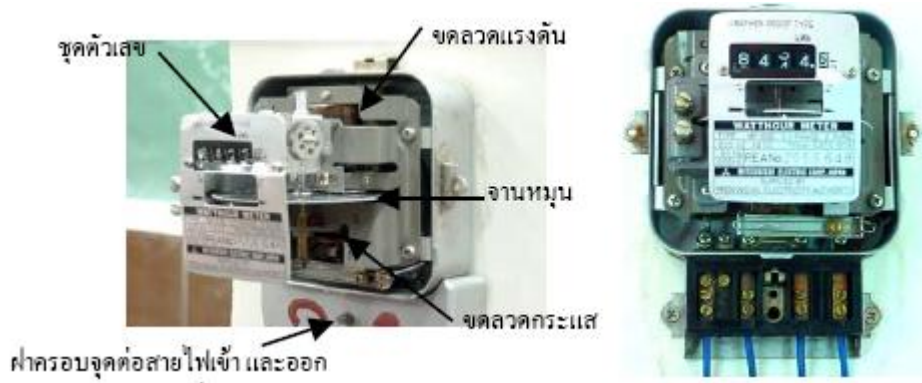
ทำงานเหมือนกับวัตต์มิเตอร์ชนิดที่ทำงานด้วยการเหนี่ยวนำไฟฟ้า และมีส่วนประกอบที่เหมือนกันคือ ขดลวดกระแสไฟฟ้า (Current coil) และขดลวดแรงดันไฟฟ้า (Potential coil) ส่วนที่แตกต่างกันก็คือในวัตต์มิเตอร์จะแสดงค่าด้วยการบ่ายเบนของเข็มชี้ ซึ่งใช้ชี้ค่าบนสเกล ส่วนวัตต์สอาร์มิเตอร์จะแสดงค่าโดยใช้แม่เหล็กเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไหลวนทำให้จานหมุนและใช้ชุดเฟืองไปขับเคลื่อนตัวเลขหรือชุดเข็มชี้ให้แสดงค่าออกมาบนหน้าปัทม์

1) โครงสร้าง ดังรูปประกอบด้วยขดลวดกระแสต่ออนุกรมกับโหลด และขดลวดแรงดันต่อขนานกับโหลด ขดลวดทั้งสองชุดจะพันอยู่บนแกนเหล็กที่ออกแบบโดยเฉพาะและมีงานอะลูมิเนียมบาง ๆ ยึดติดกับแกนหมุน วางอยู่ในช่องว่างระหว่างขดลวดทั้งสอง



รูป โครงสร้างของวัตต์สอาร์มิเตอร์ 1 เฟส แบบเหนี่ยวนำไฟฟ้า

2) หลักการทำงาน ขดลวดกระแสและขดลวดแรงดันทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กส่งผ่านไปยังงานอะลูมิเนียมที่วางอยู่ระหว่างขดลวดทั้งสอง ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำและมีกระแสไหลวน (Eddy current) เกิดขึ้นในงานอะลูมิเนียม แรงต้านระหว่างกระแสไหลวนและสนามแม่เหล็กของขดลวดแรงดันจะทำให้เกิดแรงผลักขึ้น งานอะลูมิเนียมจึงหมุนไปได้ ที่แกนของงานอะลูมิเนียมจะมีเฟืองติดอยู่ เฟืองนี้จะไปขับเคลื่อนตัวเลขที่หน้าปัทม์ของเครื่องวัด แรงผลักที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนระหว่างความเข้มของสนามแม่เหล็กของขดลวดแรงดันและกระแสไหลวนในงานอะลูมิเนียม และขึ้นอยู่กับจำนวนรอบของขดลวดด้วย ส่วนจำนวนรอบการหมุนของงานอะลูมิเนียมขึ้นอยู่กับการใช้พลังงานไฟฟ้าของโหลด สำหรับรูป เป็นโครงสร้างของกิโลวัตต์สอาร์มิเตอร์ 1 เฟสของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

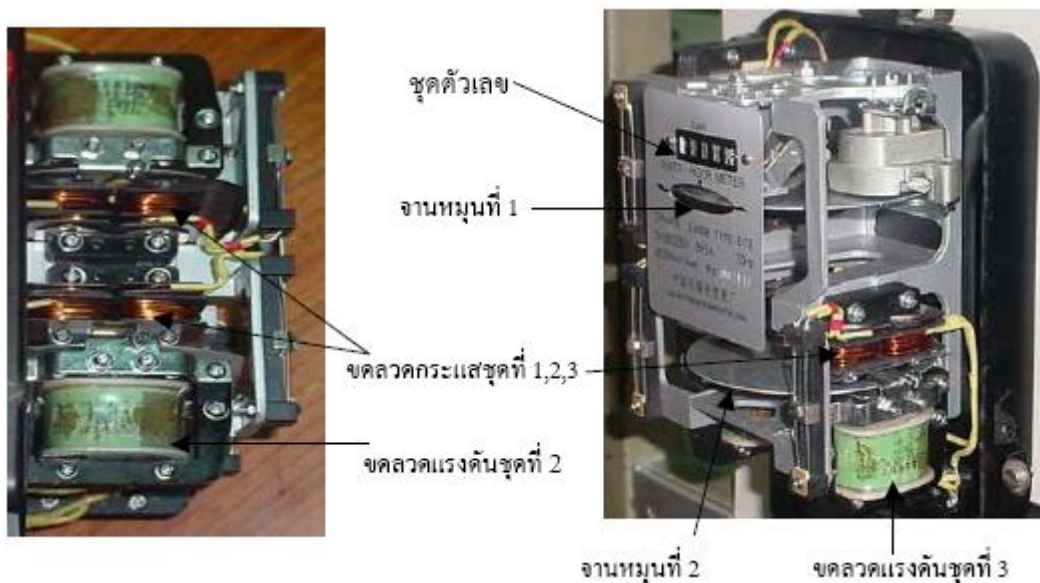


รูป แสดงวัตต์ฮาว์มิเตอร์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

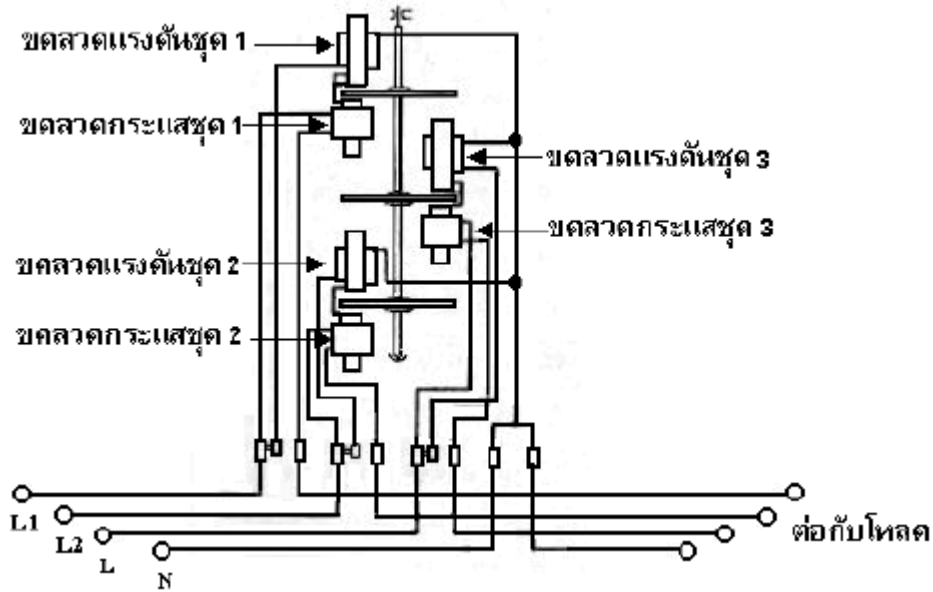
3) การนำไปใช้งาน การต่อวัตต์ฮาว์มิเตอร์หรือกิโลวัตต์ฮาว์มิเตอร์เพื่อใช้วัดปริมาณพลังงานไฟฟ้า ดังรูปโดยด้านที่ต่อกับแหล่งจ่ายจะมีตัวเลขกำกับไว้ คือ 1S และ 2S ส่วนด้านที่ต่อไปยังโหลดจะมีตัวเลขกำกับไว้คือ 1L และ 2L ตัวอักษร S ย่อมาจากคำว่า "Supply" หมายถึงด้านที่จ่ายไฟเข้า ส่วนอักษร L ย่อมาจากคำว่า "Load" หมายถึงด้านที่ต่อกับโหลดไฟฟ้า ส่วนตัวเลข 1 หมายถึงต่อกับสายไฟ (Line) และเลข 2 หมายถึง สายนิวทรัล (Neutral)

**วัตต์ฮาว์มิเตอร์ 3 เฟส แบบ 3 จานหมุนและ 2 จานหมุน**

- 1) ส่วนประกอบ เครื่องวัดแบบนี้มีส่วนประกอบเหมือนกับวัตต์มิเตอร์ชนิด 3 เฟส หรือ อาจจะเอาวัตต์ฮาว์มิเตอร์หนึ่งเฟส 3 ตัวมาประกอบรวมกันเป็น วัตต์ฮาว์มิเตอร์สามเฟส
- 2) หลักการทำงาน อาศัยการทำงานเหมือนกับวัตต์มิเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำไฟฟ้า
- 3) การนำไปใช้งาน การต่อใช้งานวัตต์ฮาว์มิเตอร์สามเฟสแบบ 3 จานหมุนดังรูปหรืออาจจะนำวัตต์ฮาว์มิเตอร์หนึ่งเฟส 2 ตัวมาประกอบรวมกันเป็นกิโลวัตต์ฮาว์มิเตอร์ 3 เฟส แบบ 2 จานหมุน ดังรูป



รูป วงจรการต่อวัตต์ฮาว์มิเตอร์ชนิดอาศัยการเหนี่ยวนำไฟฟ้า แบบ 2 จานหมุน



รูป วงจรการต่อวัตต์ฮาร์มิเตอร์ชนิดอาศัยการเหนี่ยวนำไฟฟ้า แบบ 3 จานหมุน

**เพาเวอร์แฟคเตอร์มิเตอร์ (Power factor meter)**

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power factor)ของวงจรไฟฟ้า สามารถที่จะคำนวณได้จากสูตร

$$\cos \theta = \frac{P}{V * I}$$

เมื่อ  $\cos \theta$  = ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

**P** = กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์

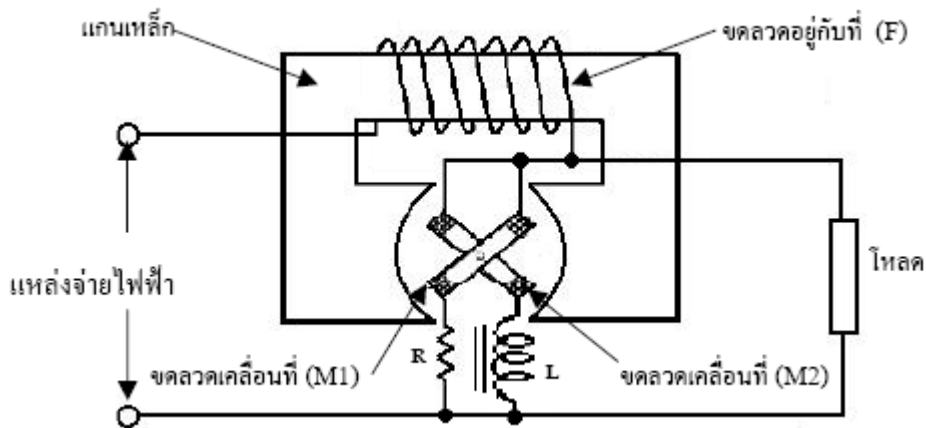
**V** = แรงดันไฟฟ้ามีหน่วยเป็นโวลต์

**I** = กระแสไฟฟ้ามีหน่วยเป็นแอมแปร์

แต่เพื่อความสะดวกจึงมีการประดิษฐ์เครื่องวัดเพาเวอร์แฟคเตอร์ขึ้นมา โดยดัดแปลงมาจากเครื่องวัดไฟฟ้าชนิดขดลวดเคลื่อนที่แบบอิเล็กทรอนิกส์ โทโรไดนาโมมิเตอร์ การบ้ายเบนของเข็มชี้จะเป็นอัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้า (P) ต่อโวลต์แอมแปร์ (VxA) บางครั้งจึงเรียกเครื่องวัดแบบนี้ว่าเรโซมิเตอร์ (ratio meter) และเครื่องวัดแบบนี้สามารถจะบอกค่าที่วัดได้ว่า กระแสล่าหลัง(Lag) หรือนำหน้าแรงดัน (Lead) โดยที่การบ้ายเบนของเข็มชี้ จะขึ้นอยู่กับอัตราส่วน (ratio)ระหว่างกระแสที่ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ทั้งสองชุด ถ้ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ชุดใดมีมุมต่างเฟสกับกระแสของโหนดน้อยมาก ก็จะทำให้เข็มชี้บ้ายเบนไป นอกจากนี้เมื่อขดลวดเคลื่อนที่ไปแล้วจะหยุดนิ่ง โดยไม่ต้องอาศัยแรงบิดควบคุมจากสปริง หรือน้ำหนักถ่วงแรงเหมือนกับโวลท์มิเตอร์ หรือแอมมิเตอร์ โครงสร้างของเพาเวอร์แฟคเตอร์มิเตอร์ดังรูป



1) โครงสร้าง มีโครงสร้างและส่วนประกอบคล้ายกับวัตต์มิเตอร์ชนิดขดลวดเคลื่อนที่แบบอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์ 1 เฟส คือมีขดลวดที่อยู่กับที่ (Fix coil : F) 1 ชุดต่ออนุกรมกับโหลด แตกต่างกันที่ส่วนเคลื่อนที่จะมีขดลวดเคลื่อนที่ (Moving coil) สองชุดยึดติดกับแกนหรือเพลลาเดียวกัน และวางตั้งฉากซึ่งกันและกัน ขดลวดเคลื่อนที่ชุดหนึ่ง (M1) จะต่อขนานกับโหลด โดยมีตัวต้านทาน (Resistance) ต่ออนุกรมอยู่ สนามแม่เหล็กของ M1 จะผลักดันกับสนามแม่เหล็กของขดลวด F แรงบิดที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนกับส่วนของกระแสของขดลวด M1 มีเฟสเดียวกันกับเส้นแรงแม่เหล็กของขดลวด F ขดลวดเคลื่อนที่ชุดที่สอง (M2) จะต่อขนานกับโหลด และมีขดลวดเหนี่ยวนำ (Inductance) ต่ออนุกรมอยู่ด้วย กระแสที่ไหลผ่านขดลวด M2 นี้จะล่าหลังแรงดันประมาณ 90 องศา ดังนั้นแรงบิดที่เกิดขึ้นจากขดลวดชุดนี้จะเป็นสัดส่วนกับกระแสของโหลดที่มีมุมต่างเฟสกับแรงดันของโหลด 90 องศา ดังรูป



2) หลักการทำงาน เมื่อต่อเครื่องวัดเพาเวอร์แฟคเตอร์ เข้ากับวงจรไฟฟ้าที่มีโหลดประเภทความต้านทาน (R) จะมีค่า P.F. เท่ากับ 1 กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดอยู่กับที่ F จะมีเฟสเดียวกัน (In phase) กับแรงดันของโหลดและกระแสของขดลวดเคลื่อนที่ M1 จะมีเฟสเดียวกับโหลดด้วย ทำให้ M1 เกิดแรงบิดบายนสูงสุด เข็มจะชี้ค่าที่กึ่งกลางสเกลตรงหมาย

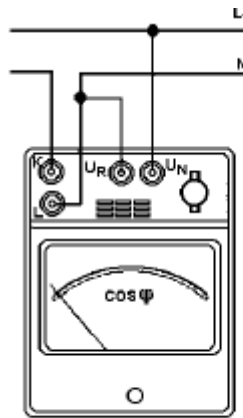
เลข 1 ส่วนขดลวด M2 จะไม่เกิดแรงบิดบ้ายเบนเพราะเส้นแรงแม่เหล็กต่างเฟสกับขดลวด F ถ้าโหลดเป็นประเภท ตัวเหนี่ยวนำ (L) หรือตัวเก็บประจุ (C) จะมีค่า P.F. น้อยกว่า 1 ขดลวดเคลื่อนที่ M2 จะเกิดแรงบิดทำให้เข็มชี้บ้ายเบนไปในทิศทางล่าหลัง(Lag) หรือนำหน้า(Lead) ขึ้นอยู่กับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลด ส่วนขดลวด M1 จะไม่เกิดแรงบิดบ้ายเบนเนื่องจากเส้นแรงแม่เหล็กตั้งฉากกับขดลวด F

### 3) การนำไปใช้งาน

วงจรแสดงการต่อเพาเวอร์แฟกเตอร์ในทางปฏิบัติของแบบหนึ่งเฟสและแบบสามเฟสแสดงดังรูป ก และรูป ข ตามลำดับ



ก. เพาเวอร์แฟกเตอร์มิเตอร์ 1เฟส

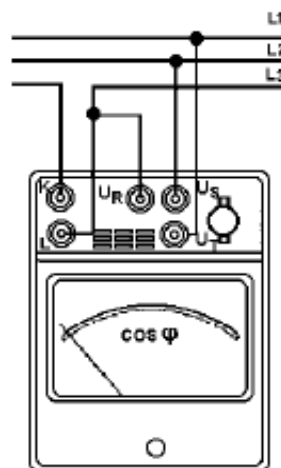


ข. การต่อใช้งานเพาเวอร์แฟกเตอร์มิเตอร์ 1เฟส

รูป การต่อใช้งานเพาเวอร์แฟกเตอร์มิเตอร์ 1 เฟส



ก. เพาเวอร์แฟกเตอร์มิเตอร์ 1-3 เฟส



ข. การต่อใช้งานเพาเวอร์แฟกเตอร์ 3 เฟส

รูป การต่อใช้งานเพาเวอร์แฟกเตอร์มิเตอร์ 3 เฟส