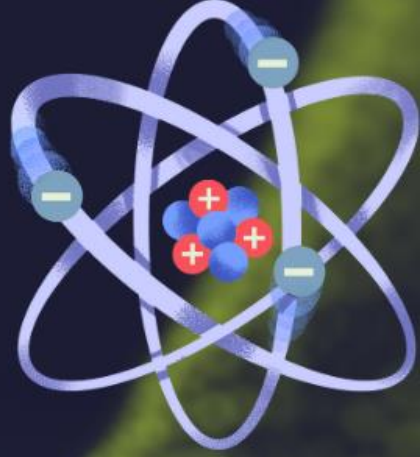
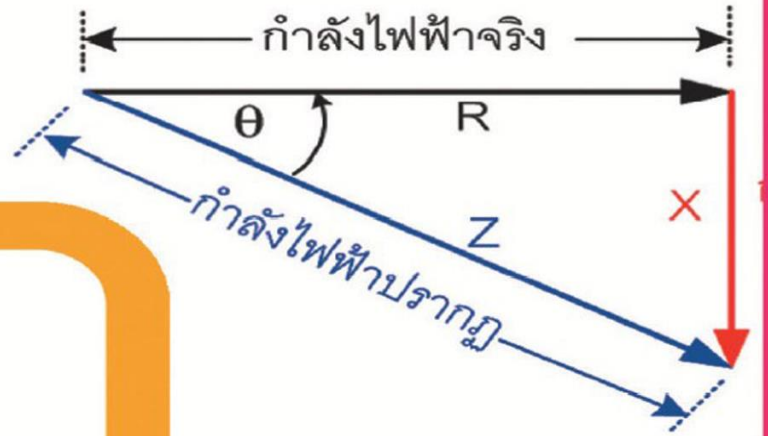
เครื่องมือวัดในงานยานยนต์ไฟฟ้า

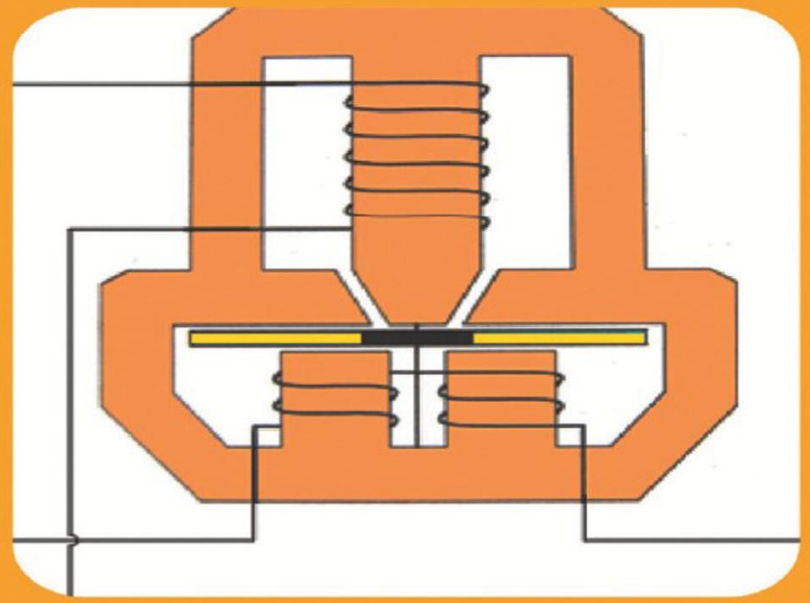
20143 - 2004



หน่วยที่ 7

เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า





หัวข้อเรื่อง (Topics)

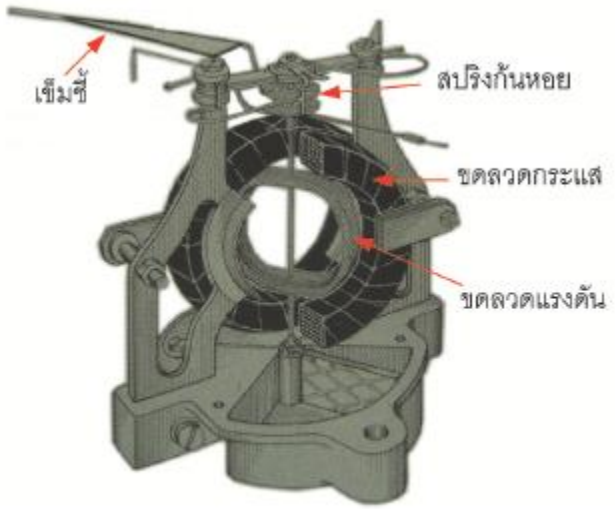
7.1 วัตต์มิเตอร์

7.2 วาร์มิเตอร์

7.3 วัตต์อาวร์มิเตอร์

7.1.1 โครงสร้างของวัตต์มิเตอร์

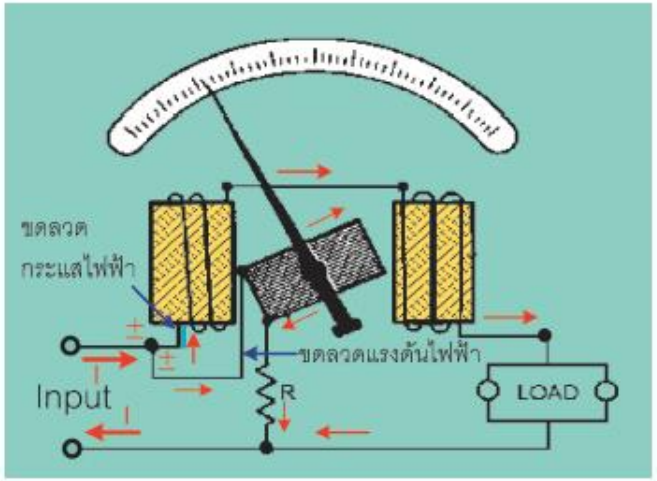
จากความยุ่งยากในการวัดค่าและคำนวณค่าด้วยสูตรหาค่ากำลังไฟฟ้าดังกล่าวมาแล้วจึงได้มีการดัดแปลงมิเตอร์ให้สามารถวัดค่ากำลังไฟฟ้าออกมาได้โดยตรง เรียกมิเตอร์นี้ว่าวัตต์มิเตอร์ (Wattmeter) โดยการสร้างรวมเอาโวลต์มิเตอร์และแอมมิเตอร์ไว้ในตัวเดียวกัน โครงสร้างของวัตต์มิเตอร์ใช้หลักการทำงานของอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์ (Electrodynamometer) แสดงดังรูปที่ 7.2



รูปที่ 7.2 โครงสร้างของวัตต์มิเตอร์แบบอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์

จากรูปที่ 7.2 เป็นโครงสร้างของวัตต์มิเตอร์ แบบอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์ส่วนประกอบของโครงสร้าง ประกอบด้วยขดลวด 3 ขด ขดลวด 2 ขดใหญ่ที่วางขนานกัน เป็นขดลวดที่อยู่กับที่ (Fixed Coil) หรือขดลวดกระแสไฟฟ้า (Current Coil) ส่วนตอนกลางของขดลวดคงที่มีขดลวดอีกอันหนึ่งขดวางอยู่ในส่วนวงกลมที่ว่างเป็นขดลวดเคลื่อนที่ได้ (Moving Coil) หรือขดลวดแรงดันไฟฟ้า (Voltage Coil) ขดลวดเคลื่อนที่นี้จะถูกยึดติดกับแกนร่วมกับเข็มชี้และสปริงก้นหอย

ขดลวดที่อยู่กับที่หรือขดลวดกระแสไฟฟ้านั้นทั้งสองขดถูกต่ออันดับกัน และต่อออกมาเพื่อวัดค่ากระแสไฟฟ้า ส่วนขดลวดเคลื่อนที่หรือขดลวดแรงดันไฟฟ้าถูกต่ออันดับกับตัวต้านทานทำหน้าที่จำกัดกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดและต่อออกมาเพื่อวัดค่าแรงดันไฟฟ้าของวงจรขั้วต่อของวัตต์มิเตอร์แบบอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์ แสดงดังรูปที่ 7.3

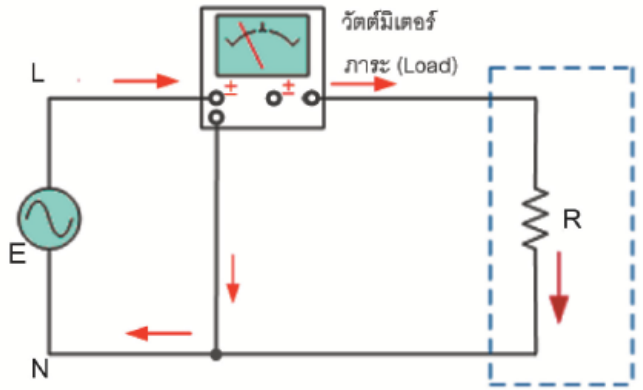


รูปที่ 7.3 โครงสร้างและวงจรการต่อใช้งานของวัตต์มิเตอร์แบบอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์

จากรูปที่ 7.3 เป็นขั้วต่อใช้งานของวัตต์มิเตอร์แบบอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์มีทั้งหมด 4 ขั้วต่อ แบ่งเป็น 2 ชุด ชุดละ 2 ขั้วต่อ ชุดแรก (ขั้ว A, ±) ต่อวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจรวัดค่าชุดสอง (ขั้ว V, ±) ต่อวัดแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้วงจรวัดค่า วัตต์มิเตอร์นี้สามารถนำไปวัดกำลังไฟฟ้าได้ทั้งกำลังไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้ากระแสตรง (DC) และกำลังไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เพราะขดลวดที่อยู่กับที่และขดลวดเคลื่อนที่ สามารถรับแรงดันและกระแสได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรง (DC) และไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ช่วยให้เกิดความสะดวกในการใช้งานและลดความยุ่งยากในการวัด

7.1.2 การต่อใช้งานวัตต์มิเตอร์

การนำวัตต์มิเตอร์แบบอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์ไปต่อใช้งาน ต้องต่อวงจรทั้งขดลวดที่อยู่กับที่และขดลวดเคลื่อนที่เข้าด้วยกัน นำไปต่อกับภาระ (Load) ที่ต้องการวัดค่ากำลังไฟฟ้า และต่อเข้าแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าของวงจร ลักษณะการต่อแสดงดังรูปที่ 7.4

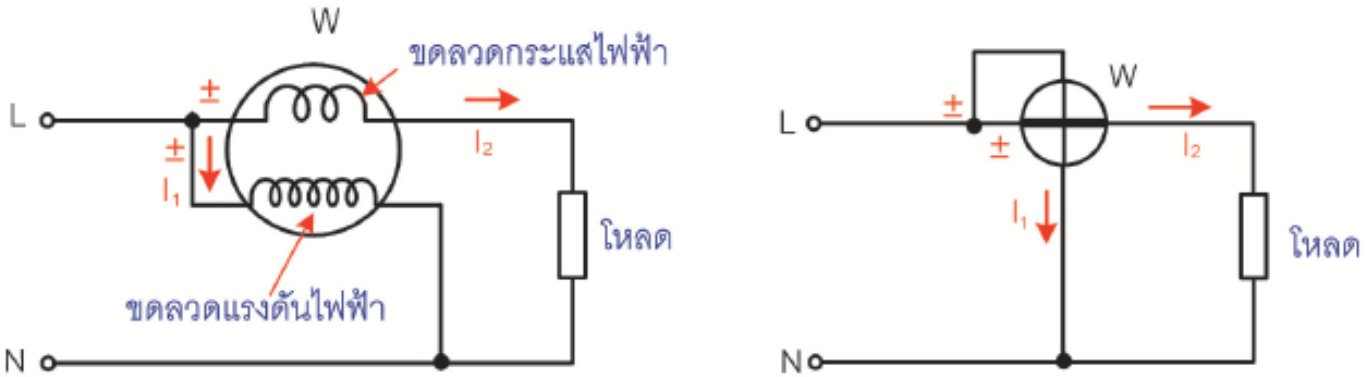


รูปที่ 7.4 วงจรต่อใช้งานวัตต์มิเตอร์แบบอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์

จากรูปที่ 7.4 เป็นการต่อใช้งานวัตต์มิเตอร์แบบอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์โดยการนำขั้วของขดลวดคงที่กับขดลวดเคลื่อนที่ต่อเข้าด้วยกันนำไปต่อเข้าแหล่งจ่ายแรงดันขั้วหนึ่ง ขั้ว A ของขดลวดคงที่ต่อเข้าภาระที่ต้องการวัดกำลังไฟฟ้าและขั้ว V ของขดลวดเคลื่อนที่ต่อกับภาระอีกขั้วหนึ่ง นำไปต่อเข้าแหล่งจ่ายแรงดันขั้วที่เหลือ

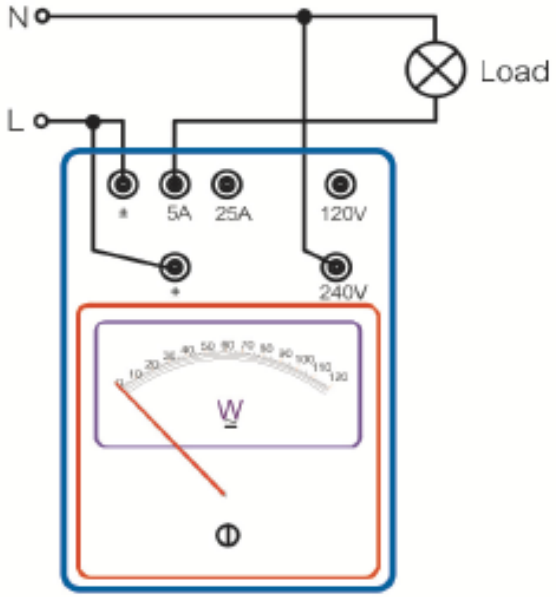
7.1.3 การวัดและการอ่านค่ากำลังไฟฟ้า

การต่อใช้งานวัตต์มิเตอร์ ต้องระมัดระวังในการต่อ โดยต้องไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดที่อยู่กับที่หรือขดลวดกระแสไฟฟ้ามากเกินกว่าพิกัดของวัตต์มิเตอร์ที่บอกไว้ และต้องไม่ให้แรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้าขดลวดเคลื่อนที่หรือขดลวดแรงดันไฟฟ้าเกินกว่าพิกัดของวัตต์มิเตอร์ที่บอกไว้



(ก) วงจรเทียบเท่าวัตต์มิเตอร์ (ข) สัญลักษณ์วัตต์มิเตอร์

รูปที่ 7.5 วงจรเทียบเท่าและสัญลักษณ์วัตต์มิเตอร์



รูปที่ 7.6 การต่อใช้งานวัตต์มิเตอร์

จากรูปที่ 7.6 แสดงรูปร่างของวัตต์มิเตอร์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้งานจริงของวัตต์มิเตอร์ชนิดเฟสเดียว (Single Phase Wattmeter) ถูกสร้างขึ้นมาให้สามารถวัดแรงดันไฟฟ้าและวัดกระแสไฟฟ้าได้ 2 ย่านวัด คือ วัดกระแสไฟฟ้าได้ 5 A และ 25 A วัดแรงดันไฟฟ้าได้ 120 V และ 240 V อีกแบบหนึ่งวัดกระแสไฟฟ้าได้5 A และ 25 A วัดแรงดันไฟฟ้าได้ 120 V และ 240 V

การอ่านค่ากำลังไฟฟ้าจากวัตต์มิเตอร์ที่ถูกต้องโดยต้องอ่านจากหน้าปัดสเกลในตำแหน่งที่เข็มมิเตอร์ชี้ค่า นำมาคูณร่วมกับค่าตัวคูณในตารางที่แนบติดมากับตัววัตต์มิเตอร์ ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้าของขั้วที่ต่อวัดจากวัตต์มิเตอร์ ค่าที่คำนวณได้จะเป็นค่ากำลังไฟฟ้าที่วัดได้จริงจากอุปกรณ์หรือวงจรที่ทำการวัด สรุปได้ว่าการอ่านค่าจากวัตต์มิเตอร์ เป็นการนำค่าย่านแรงดันไฟฟ้าและย่านวัดกระแสไฟฟ้าที่ใช้ต่อวงจรการวัดในขณะนั้นคูณกับค่าตัวคูณของวัตต์มิเตอร์ที่กำหนดมาให้ดังตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 ตัวอย่างตารางค่าตัวคูณของวัตต์มิเตอร์ 1 เฟส

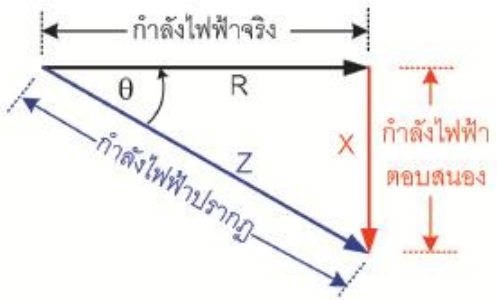
ย่านวัดกระแสไฟฟ้า \ ย่านวัดแรงดันไฟฟ้า	120 V	240 V
5 A	5	10
25 A	25	50

การอ่านค่ากำลังไฟฟ้าจากวัตต์มิเตอร์

$$\text{กำลังไฟฟ้าที่วัดได้} = \text{ตัวเลขที่อ่านได้ (W)} \times \text{ค่าตัวคูณ} \quad \text{----------} (7.4)$$

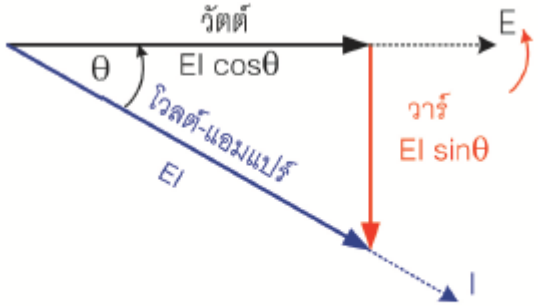
7.2 วาร์มิเตอร์

กำลังไฟฟ้าที่วัดได้จากเครื่องใช้ไฟฟ้าหรือวัดได้จากวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ มีด้วยกัน 3 ลักษณะ คือ กำลังไฟฟ้าจริง (True Power) กำลังไฟฟ้าตอบสนอง (Reactive Power) และกำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power) ความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าทั้ง 3 ลักษณะเขียนออกมาเป็นรูปได้ดังรูปที่ 7.7



รูปที่ 7.7 ลักษณะกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า

จากรูปที่ 7.7 แสดงกำลังไฟฟ้าลักษณะต่าง ๆ เกิดขึ้นในตำแหน่งที่วัดออกมาได้ต่างกัน จึงเรียกค่ากำลังไฟฟ้าที่ปรากฏขึ้นมาแตกต่างกัน กำลังไฟฟ้าแต่ละแบบเกิดขึ้นได้จากอุปกรณ์ในวงจรต่างชนิด กำลังไฟฟ้าจริงเกิดขึ้นได้กับอุปกรณ์จำพวกตัวต้านทานบริสุทธ์ (Pure Resistor) กำลังไฟฟ้าตอบสนองเกิดขึ้นได้กับอุปกรณ์จำพวกตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ และกำลังไฟฟ้าปรากฏเกิดขึ้นได้กับอุปกรณ์จำพวกอิมพีแดนซ์ต่าง ๆ ความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าทั้ง 3 ค่าเขียนออกมาในรูปเฟสเซอร์ของสมการและหน่วยได้ดังรูปที่ 7.8



รูปที่ 7.8 ความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าในรูปเฟสเซอร์

จากรูปที่ 7.8 เป็นความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าทั้ง 3 ค่าในรูปเวคเตอร์ กำลังไฟฟ้าจริงเป็นกำลังไฟฟ้าที่สามารถวัดออกมาได้จริงด้วยวัตต์มิเตอร์ เกิดจากแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่มีทิศทางเดียวกัน เกิดจากผลคูณของแรงดันไฟฟ้าและส่วนประกอบของกระแสไฟฟ้าในรูป $E \times I \cos \theta$ หน่วยของกำลังไฟฟ้านี้เป็นวัตต์ (W) ส่วนกำลังไฟฟ้าตอบสนอง เกิดจากผลคูณของแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าและส่วนประกอบของกระแสไฟฟ้า ในรูป $E \times I \sin \theta$ หน่วยของกำลังไฟฟ้านี้เป็นวาร์ (VAR ย่อจาก Volt Ampere Reactive) กำลังไฟฟ้าตอบสนองนี้วัตต์มิเตอร์ไม่สามารถวัดออกมาได้

รูปที่ 7.9 ตัวอย่างวาร์มิเตอร์

จากรูปที่ 7.9 เป็นเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าตอบสนองหรือวาร์มิเตอร์ ซึ่งค่าที่วัดได้มีหน่วยเป็นวาร์ (VAR) หรือกิโลวาร์ (kVAR) วาร์มิเตอร์บางเครื่องสามารถวัดได้เป็นเมกวาร์ (MVAR) สเกลของวาร์มิเตอร์แบ่งออกเป็น 2 ด้าน สเกลด้านซ้ายมือบอกสภาวะการนำหน้า (Leading) ของกำลังไฟฟ้าตอบสนอง คือ กระแสไฟฟ้านำหน้าแรงดันไฟฟ้าเป็นการแสดงสภาวะเป็นตัวเก็บประจุ (C) ส่วนสเกลด้านขวามือบอกสภาวะการล้าหลัง (Lagging) ของกำลังไฟฟ้าตอบสนอง คือกระแสไฟฟ้าล้าหลังแรงดันไฟฟ้า เป็นการแสดงสภาวะเป็นตัวเหนี่ยวนำ (L)

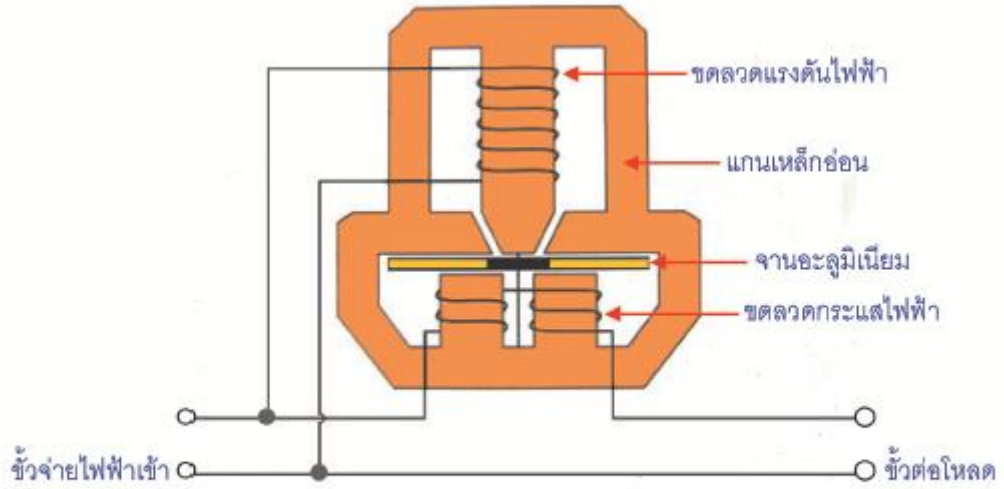
7.3 วัตต์อาวร์มิเตอร์

วัตต์อาวร์มิเตอร์ (Watt–Hour Meter) ส่วนใหญ่เป็นเครื่องวัดที่ทำงานด้วยการเหนี่ยวนำไฟฟ้า สร้างขึ้นมาเพื่อวัดปริมาณกำลังไฟฟ้ากระแสสลับทั้งในบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรม โดยมีหน่วยวัดพลังงานไฟฟ้า เป็นกิโลวัตต์ชั่วโมง (Kilowatt–hour)

วัตต์อาวร์มิเตอร์มีหลักการทำงานเหมือนกับวัตต์มิเตอร์ชนิดที่ทำงานด้วยการเหนี่ยวนำไฟฟ้า และมีส่วนประกอบที่เหมือนกันคือขดลวดกระแสไฟฟ้า (Current Coil) และขดลวดแรงดันไฟฟ้า (Potential Coil) ส่วนที่แตกต่างกันก็คือในวัตต์มิเตอร์จะแสดงค่าด้วยการบ่ายเบนของเข็มชี้

7.3.1 โครงสร้างวัตต์อาวร์มิเตอร์

วัตต์อาวร์มิเตอร์มีโครงสร้างดังรูปที่ 7.10 ประกอบด้วยขดลวดกระแสต่ออนุกรมกับโหลดและขดลวดแรงดันต่อขนานกับโหลด ขดลวดทั้งสองชุดจะพันอยู่บนแกนเหล็กที่ออกแบบโดยเฉพาะและมีจานอะลูมิเนียมบาง ๆ ยึดติดกับแกนหมุนวางอยู่ในช่องว่างระหว่างขดลวดทั้งสอง



รูปที่ 7.10 โครงสร้างเบื้องต้นและลักษณะการต่อใช้งานอาวร์มิเตอร์ 1 เฟส

7.3.2 หลักการทำงานวัตต์อาวร์มิเตอร์

หลักการทำงานของขดลวดกระแสไฟฟ้าและขดลวดแรงดันไฟฟ้าทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กส่งผ่านไปยังจานอะลูมิเนียมที่วางอยู่ระหว่างขดลวดทั้งสอง ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำและมีกระแสไหลวน (Eddy Current) เกิดขึ้นในจานอะลูมิเนียม แรงต้านระหว่างกระแสไหลวนและสนามแม่เหล็กของขดลวดแรงดันจะทำให้เกิดแรงผลักขึ้น