

แผนการสอนรายคาบ
คาบที่ 1 - 3 เรื่องที่สอน ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเครื่องวัดไฟฟ้า
โดยนายรุ่งโรจน์ หนูชลี

จุดประสงค์

เพื่อให้ผู้เรียนสามารถอธิบายหรือบอกรายละเอียดเนื้อหาแต่ละหัวข้อดังต่อไปนี้ได้

1. สัญลักษณ์ในงานเครื่องวัดเบื้องต้น
2. หลักการเบื้องต้นของเครื่องวัดไฟฟ้า
3. ชนิดโครงสร้างและแหล่งประกอบ
4. ความคลาดเคลื่อน การอ่านค่าสเกลบนหน้าปัด
5. ความไว และความแม่นยำ
6. มาตรฐานทางไฟฟ้า

สาระการเรียนรู้

เครื่องวัดไฟฟ้า เป็นเครื่องมือที่จำเป็นและเป็นพื้นฐานในการเรียนวิชาชีพช่างไฟฟ้า งานเครื่องวัดไฟฟ้าจึงควรเรียนรู้หลักการเบื้องต้นเสียก่อน เพื่อให้เหมาะสมกับประเภทของงานการอ่านค่าจากเครื่องวัดไฟฟ้า อาจเกิดการผิดพลาด เนื่องจากเกิดการคลาดเคลื่อน การอ่านค่าสเกลผิด อาจเกิดความเสียหายได้

สมรรถนะที่พึงประสงค์ (Competency)

1. ด้านความรู้

1. บอกชื่อสัญลักษณ์ของเครื่องวัดไฟฟ้าได้
2. อธิบายโครงสร้างและการทำงานของเครื่องวัดไฟฟ้าได้
3. รู้และเข้าใจวิธีการแก้ไขความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นได้
4. รู้และเข้าใจวิธีการอ่านค่าของสเกล

2. ด้านทักษะและกระบวนการ

1. มีทักษะในการเปลี่ยนเลข 10 ยกกำลังและชื่อประกอบด้วย
2. มีทักษะในการอ่านค่าสัญลักษณ์บนหน้าปัดของเครื่องวัดไฟฟ้า
3. นำความรู้เรื่องหลักการเบื้องต้นของเครื่องวัดไฟฟ้าไปประยุกต์ใช้ในวิชาชีพอื่นได้

3. ด้านคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์

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

หน่วยที่ 1 เรื่องหลักการเบื้องต้นของเครื่องวัดไฟฟ้า

หลักการเบื้องต้นของเครื่องวัดไฟฟ้า

1. สัญลักษณ์ต่าง ๆ ของเครื่องวัดไฟฟ้า








1.1. สัญลักษณ์บอกชนิดของมิเตอร์ หมายถึง เครื่องหมายที่แสดงให้ทราบชนิดของเครื่องวัดไฟฟ้า ดังตัวอย่างตามตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 สัญลักษณ์บอกชนิดของมิเตอร์

สัญลักษณ์	ความหมาย
	โวลต์มิเตอร์
	แอมมิเตอร์
	โอห์มมิเตอร์
	วัตต์มิเตอร์
	ฟริเควนซีมิเตอร์
	เฟาเวอร์แฟกเตอร์มิเตอร์
 หรือ 	กิโลวัตต์ชั่วโมงมิเตอร์

1.2. สัญลักษณ์บอกโครงสร้าง หมายถึง เครื่องหมายที่บอกโครงสร้างการทำงานของเครื่องวัดไฟฟ้า ดังตัวอย่าง ตามตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 สัญลักษณ์บอกโครงสร้าง

สัญลักษณ์	ความหมาย
	ชนิดขดลวดเคลื่อนที่แบบใช้แม่เหล็กถาวร
	ชนิดแม่เหล็กเคลื่อนที่
	ชนิดขดลวดเคลื่อนที่แบบอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์
	ชนิดเหนี่ยวนำ (อินดักชัน)
	ชนิดลวดร้อน(ฮอทไวร์)
	ชนิดไฟฟ้าสถิต(อิเล็กทรอนิกส์)
	ชนิดแผ่นโลหะสั้น(ไวร์เบรตติง)




1.3. สัญลักษณ์บอกลักษณะการใช้งาน หมายถึงเครื่องหมายที่แสดงวิธีการใช้งานเครื่องวัดไฟฟ้า ดังตัวอย่างตามตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 สัญลักษณ์บอกลักษณะการใช้งาน

สัญลักษณ์	ความหมาย
	ขณะใช้วัดให้วางแนวราบ
	ขณะใช้วัดให้วางแนวตั้ง
	ขณะใช้วัดให้วางเอียงทำมุม 60 องศา
	ใช้วัดทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและสลับ
	ใช้วัดเฉพาะไฟฟ้ากระแสตรง
	ใช้วัดเฉพาะไฟฟ้ากระแสสลับ

1.4. สัญลักษณ์บอกค่าความคลาดเคลื่อนและอื่น ๆ หมายถึงเครื่องหมายที่แสดงค่าความคลาดเคลื่อนจากการใช้เครื่องวัดไฟฟ้าและค่าประกอบอื่น ๆ ดังตัวอย่างตามตารางที่ 1.4

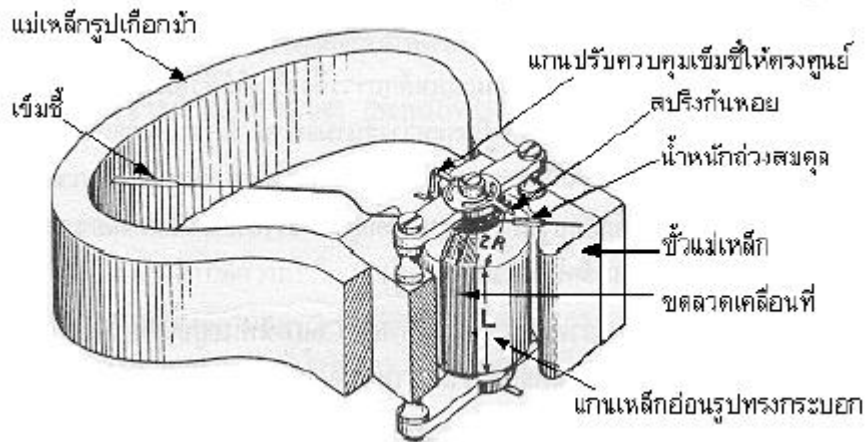
ตารางที่ 1.4 สัญลักษณ์บอกค่าความคลาดเคลื่อนและอื่น ๆ

สัญลักษณ์	ความหมาย
1.5	ความคลาดเคลื่อนของการวัด 1.5 %
	ความคลาดเคลื่อนของความยาวสเกล 1.5 %
	แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบความเป็นฉนวน ระหว่างวงจรไฟฟ้าของเครื่องวัดกับกล่อง 2 กิโลโวลต์
	แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบความเป็นฉนวน ระหว่างวงจรไฟฟ้าของเครื่องวัดกับกล่อง 500 โวลต์

2. โครงสร้างและการทำงาน

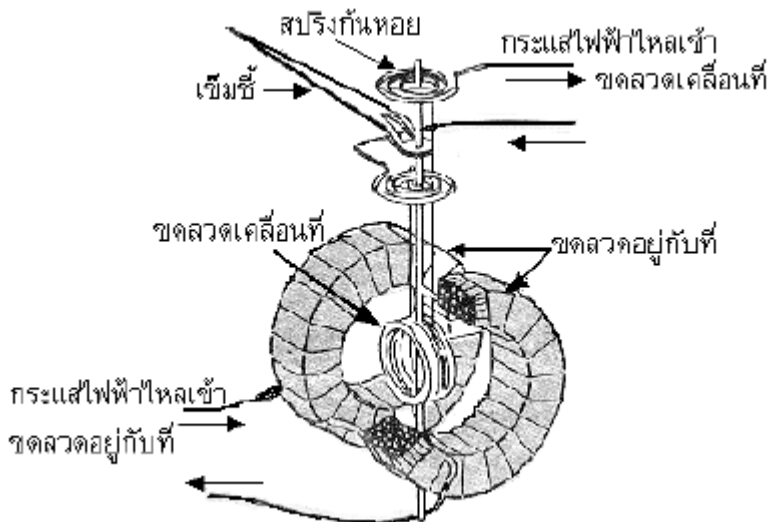
2.1 ชนิดขดลวดเคลื่อนที่ (Moving Coil) หมายถึงเครื่องวัดไฟฟ้าที่อาศัยการเคลื่อนที่ของขดลวดที่พันอยู่บนแกนอะลูมิเนียมของส่วนเคลื่อนที่ซึ่งวางอยู่ระหว่างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของส่วนที่อยู่กับที่ โดยมีเข็มชี้ซึ่งยึดติดกับส่วนเคลื่อนที่เป็นตัวแสดงตำแหน่งของการวัดค่าที่แสดงด้วยตัวเลขบนสเกล 2 แบบคือแบบอาศัยแม่เหล็กถาวร (Permanent magnet type) และแบบไดนาโมมิเตอร์ (Dynamometer type) หรืออิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์ (Electro Dynamometer type) สำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนที่อยู่กับที่ (Stationary part) และส่วนที่เคลื่อนที่ (Moving part) โดยชุดเคลื่อนที่เป็นชนิดขดลวด ส่วนชุดอยู่กับที่เป็นแบบแม่เหล็ก

ถาวร ส่วนใหญ่มักทำเป็นแอมมิเตอร์ โวลท์มิเตอร์ ใช้วัดไฟฟ้ากระแสตรง ถ้าจะใช้วัดกระแสสลับต้องใช้ร่วมกับชุดเรียงกระแส (Rectifier) ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 โครงสร้างของเครื่องวัดไฟฟ้าชนิดขดลวดเคลื่อนที่แบบอาศัยแม่เหล็กถาวร

ขณะใช้วัดปริมาณไฟฟ้า จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสปริงกัน หอยเข้าสู่ชุดลวดซึ่งวางอยู่ระหว่างแม่เหล็กถาวร ทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่ขดลวดทั้งสองข้าง มีขั้วเหมือนกับขั้วแม่เหล็กถาวร จึงเกิดการผลักของขั้วแม่เหล็กระหว่างขดลวดกับแม่เหล็กถาวรเกิดแรงบิดขยับเบนทำให้เข็มชี้ที่ยึดติดกับขดลวดเคลื่อนที่ขยับเบนไป การขยับเบนจะ มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนกระแสที่ไหลผ่านขดลวดหรือแบบอิมัลชันไดนาโมมิเตอร์ มีโครงสร้างแตกต่างจากชนิดขดลวดเคลื่อนที่แบบอาศัยแม่เหล็กถาวรคือ ส่วนที่อยู่กับที่ประกอบด้วยขดลวดที่อยู่กับที่ (Fixed coil) 2 ชุดเป็นตัวสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทดแทนแม่เหล็กถาวร และขดลวดเคลื่อนที่ (Moving coil) วางอยู่ระหว่างขดลวดที่อยู่กับที่ทั้ง 2 ชุด ดังรูปที่ 1.2

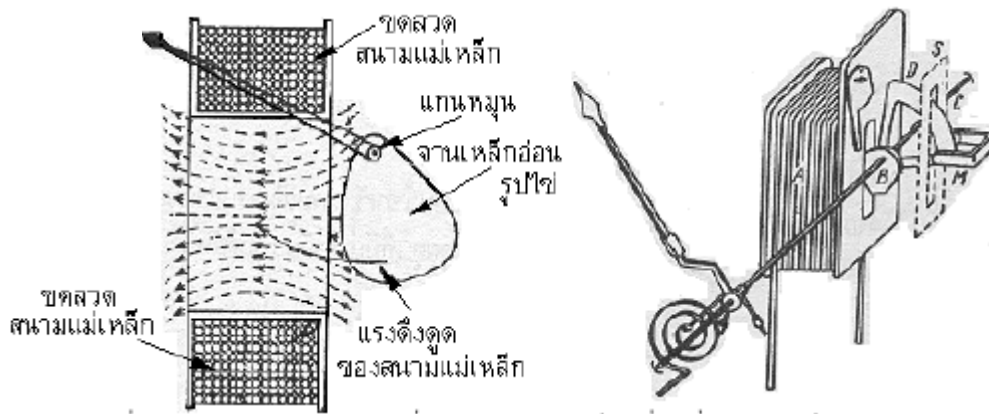


รูปที่ 1.2 โครงสร้างของเครื่องวัดไฟฟ้าชนิดขดลวดเคลื่อนที่แบบไดนาโมมิเตอร์

จากรูปที่ 1.2 เมื่อเกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้ามาที่ขดลวดที่อยู่กับที่และ ขดลวดเคลื่อนที่ จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นโดยรอบ ขั้วสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของขดลวดอยู่กับที่และขดลวดเคลื่อนที่ที่วางใกล้มีขั้วเหมือนกัน เกิดแรงผลักของสนามแม่เหล็กทั้งสอง ทำให้ขดลวดเคลื่อนที่เกิดการบ่ายเบนไป โดยมีเข็มชี้ซึ่งยึดติดกับขดลวดเคลื่อนที่ที่จะแสดงค่า ปริมาณ ไฟฟ้า การบ่ายเบนของขดลวดเคลื่อนที่ที่จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับโพลดที่นำมาต่อวงจร และมีสปริงกันหอยทำหน้าที่ออกแรงต้านแรงบิดที่เกิดขึ้น เมื่อแรงบิดบ่ายเบนเท่ากับแรงบิดควบคุม เข็มชี้จะหยุดนิ่ง เมื่อไม่มีกระแสไหลเข้ามาที่ขดลวด สปริงจะดึงเข็มชี้กลับตำแหน่งศูนย์ตามเดิม

2.2. ชนิดแผ่นเหล็กเคลื่อนที่ (Moving iron) เครื่องวัดไฟฟ้าชนิดนี้ อาศัยการเคลื่อนที่ของส่วนเคลื่อนที่ที่ทำด้วยแผ่นเหล็ก สามารถใช้ได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับมี 2 แบบคือแบบอาศัยแม่เหล็กดึงดูด (Attraction type) แบบอาศัยแม่เหล็กผลัดกัน (Repulsion type)

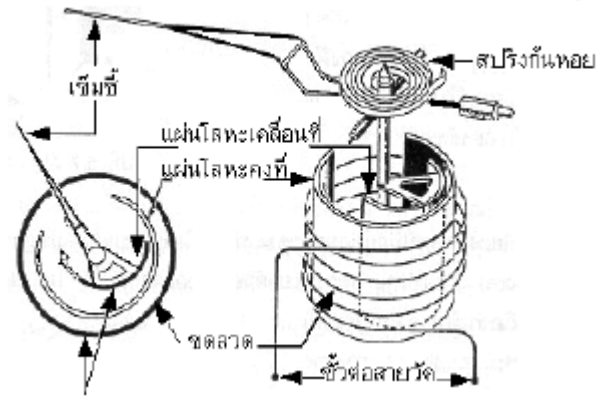
1) **แบบอาศัยแม่เหล็กดึงดูด** การทำงานขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดระหว่างอำนาจแม่เหล็กของแผ่นเหล็กอ่อน (soft iron) กับอำนาจแม่เหล็กของขดลวดอยู่กับที่ (stationary coil)



รูปที่ 1.4 แสดงโครงสร้างของเครื่องวัดชนิดแผ่นเหล็กเคลื่อนที่แบบแม่เหล็กดึงดูด

หลักการทำงาน เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็กจะเกิดสนามแม่เหล็กมากที่สุดที่จุดศูนย์กลางของขดลวด ปลายของจานเหล็กรูปไข่จะถูกแรงดึงดูดของสนามแม่เหล็ก ให้เคลื่อนที่เข้าสู่ศูนย์กลางของขดลวด เข็มชี้ที่ยึดติดกับแกนจะบ่ายเบนไปมากหรือ น้อยขึ้นอยู่กับจำนวนกระแสไฟฟ้าที่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากเข็มชี้จะบ่ายเบนมาก

2) **แบบอาศัยแม่เหล็กผลัดกัน** การทำงานขึ้นอยู่กับแรงผลัดกันระหว่างแผ่น โลหะที่วางอยู่ใกล้กันในสนามแม่เหล็กเดียวกัน



รูปที่ 1.5 แสดงโครงสร้างของเครื่องวัดชนิดแผ่นเหล็กเคลื่อนที่แบบแม่เหล็กผลักดัน

หลักการทำงาน เมื่อมีกระแสไหลผ่าน โขดลวดอยู่กับที่จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไปเหนี่ยวนำแผ่นโลหะอ่อนทั้งสองที่วางขนานกัน แผ่นโลหะทั้งสองจะมีอำนาจแม่เหล็กและมีขั้วแม่เหล็กเหมือนกันเกิดแรงผลักกันทำให้เข็มที่ชี้ชี้ คติกับแผ่น โลหะเคลื่อนที่ที่เกิดแรงบิดบ้ายเบน มีทิศทางตรงข้ามกับแรงบิดของสปริงหรือน้ำหนักถ่วงที่ทำหน้าที่เป็นแรงบิดควบคุม แรงผลักของโลหะทั้งสอง เป็นสัดส่วนใกล้เคียงกับกำลังสองของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดที่อยู่กับที่

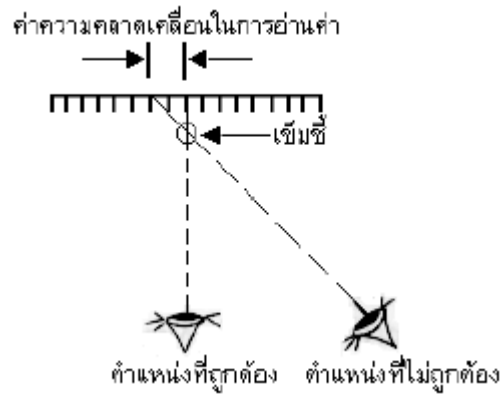
3. ความคลาดเคลื่อน (Errors)

ความคลาดเคลื่อนหมายถึง ปริมาณตัวเลขที่แสดงความแตกต่างระหว่างค่าที่แท้จริงที่เราวัด (Expected Value) กับค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัด (Measured Value) ในการวัดค่าปริมาณไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดไฟฟ้า

2.3.1 ความคลาดเคลื่อน โดยผู้วัด (Gross errors)

2.3.2 ความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ (Systematic errors) แบ่งออกเป็น 3 ประเภท

- 1) ความคลาดเคลื่อนในเครื่องวัด (Instrument errors) เช่นเกิดจากการเสียดสีของเบริงขณะเคลื่อนที่ การคลายตัวหรือดึงตัวของสปริงกันหอย การปรับแต่งเครื่องวัดไม่เหมาะสม การวางเครื่องวัดขณะใช้งานไม่ถูกต้อง
- 2) การคลาดเคลื่อนจากสภาพแวดล้อม (Environmental errors) เกิดขึ้นขณะใช้งาน สภาพแวดล้อมมีผลต่อการวัด เช่น อุณหภูมิ ความดัน ความชื้น สนามแม่เหล็กภายนอก เป็นต้น
- 3) ความคลาดเคลื่อนจากการมอง (Observational errors) เกิดจากผู้ใช้อ่านค่าสเกลของเครื่องวัดไม่ถูกต้อง คือมองไม่ตั้งฉากกับเข็มชี้ของมอนิเตอร์และสเกลทำให้ค่าที่ได้ผิดไป



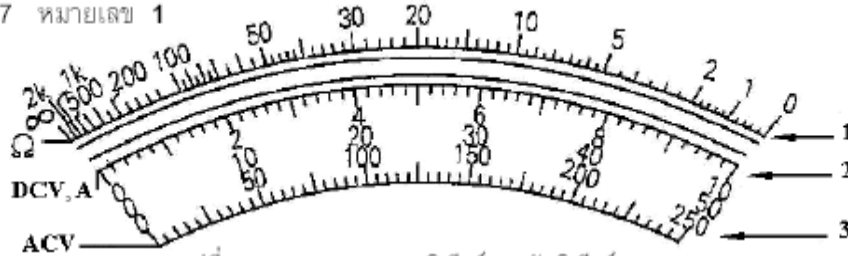
รูปที่ 1.6 แสดงการมองสเกลของเครื่องวัดที่ถูกตัด

4. การอ่านค่าสเกลบนหน้าปัด

1. ชนิดของสเกล จำแนกเป็น 2 แบบ คือ

- 1) แบบลิเนียร์ (Linear scale) เป็นแบบเชิงเส้น มีระยะห่างระหว่างช่องสเกลเท่ากันทุกช่อง เช่นสเกลของแอมมิเตอร์ โวลท์มิเตอร์ เป็นต้น
- 2) แบบนัลลิเนียร์ (Non Linear scale) เป็นแบบไม่มีเชิงเส้น ระยะห่างระหว่างช่องสเกลไม่เท่ากันตลอด บางช่องถี่ บางช่องห่าง

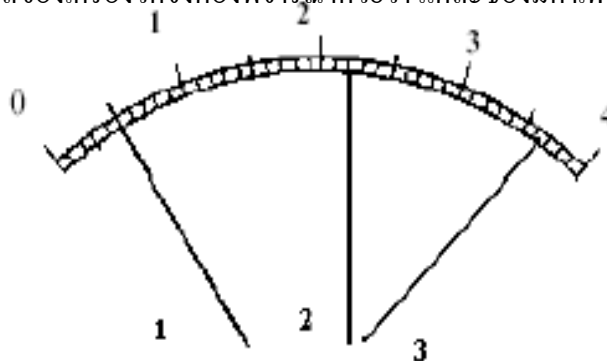
ดังรูปที่ 1.7 หมายเลข 1



รูปที่ 1.7 แสดงสเกลแบบลิเนียร์และนัลลิเนียร์

2. วิธีการหาค่าบนช่องสเกล

ช่องสเกลในเครื่องวัดแต่ละเครื่องใช้แสดงค่าปริมาณไฟฟ้าต่างกัน ดังนั้นการอ่านค่าจากสเกลของเครื่องวัดจึงต้องพิจารณาด้วยว่า แต่ละช่องมีค่าเท่าไร



รูปที่ 1.8 แสดงตำแหน่งของเข็มชี้บนสเกล

5. ชนิดของเครื่องวัดไฟฟ้า

เครื่องวัดไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นมาเพื่อการใช้งาน มีจำนวนมากมายหลายแบบ หลายชนิดและมีลักษณะการใช้งานแตกต่างกันออกไป ตามรุ่นที่บริษัททำการผลิต แต่สามารถแบ่งประเภทของเครื่องวัดออกได้ 2 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

1 เครื่องวัดแบบแอบโซลูท (Absolute Instrument)

เครื่องวัดแบบแอบโซลูทจะแสดงค่าที่วัดได้ จากมุมการบ่ายเบนของเข็มชี้ บ่ายเบนไปตามจำนวนของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่เป็นเครื่องวัดที่ไม่มีการปรับแต่ง (Calibration) หรือเปรียบเทียบ (comparison) เครื่องวัดมาก่อน ค่าที่วัดได้จะเป็นค่าคงที่ (Constant) เครื่องวัดชนิดนี้ได้แก่ แทนเจนกัลป์นอมิเตอร์ (Tangent Galvanometer) ซึ่งมีการใช้งานเฉพาะในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น



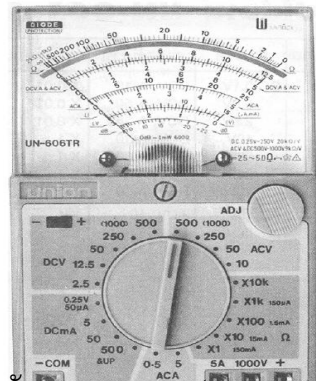
รูปที่ 1.1 แทนเจนกัลป์นอมิเตอร์ (Tangent Galvanometer)

2 เครื่องวัดแบบเชกกันดารี (Secondary Instrument)

เครื่องวัดแบบเชกกันดารีเป็นเครื่องวัดที่ผลิตขึ้นมาเพื่อใช้วัดปริมาณทางไฟฟ้าในลักษณะต่าง ๆ ซึ่งพบเห็นกันโดยทั่วไปเป็นเครื่องวัดที่มีการแสดงค่าของปริมาณทางไฟฟ้าได้โดยตรงสามารถอ่านค่าที่วัดได้เลย เพราะมีการปรับแต่งและเปรียบเทียบมาตรฐานในการวัดเรียบร้อยแล้ว เครื่องวัดชนิดนี้ได้แก่ โวลท์มิเตอร์ โอห์มมิเตอร์ แอมมิเตอร์ เป็นต้น

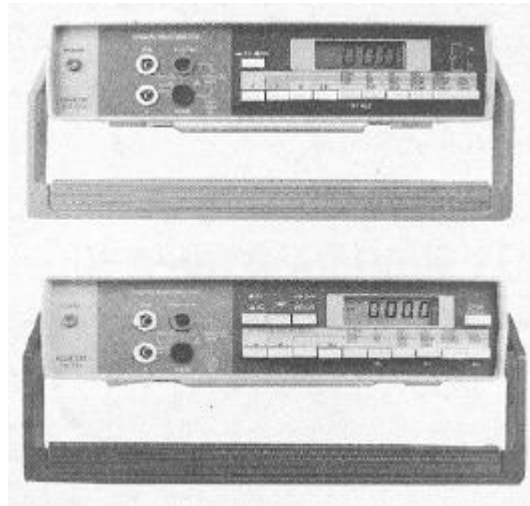
เครื่องวัดแบบเชกกันดารีแบ่งออกได้ 2 แบบตามลักษณะของค่าปริมาณทางไฟฟ้าที่แสดงผลออกมา ดังนี้คือ

1. เครื่องวัดแบบอนาลอกเป็นเครื่องวัดที่มีการแสดงค่าปริมาณการวัด จากการป้ายเบนของเข็มชี้



รูปที่ 1.2 เครื่องวัดแบบอนาลอก (Analog Instrument)

2. เครื่องวัดแบบดิจิตอล (Digital Instrument)



6. หลักการทำงานของเครื่องวัดไฟฟ้า

หลักการทำงานของเครื่องวัดไฟฟ้าจะต้องอาศัยปฏิกิริยาและผลตอบสนองที่เกิดขึ้นจากสิ่งต่อไปนี้

1. ผลของแม่เหล็กไฟฟ้า
2. ผลของแม่เหล็กถาวร
3. ผลของความร้อน
4. ผลของไฟฟ้าสถิตย์
5. ผลทางเคมี
6. ผลของอิเล็กโทรไดนามิก

7. ค่าความคลาดเคลื่อน (Errors)

ค่าความคลาดเคลื่อนแบ่งออกเป็น 3 ประการดังนี้

1. ความคลาดเคลื่อนโดยรวม (Gross Errors)
2. ความคลาดเคลื่อนของระบบ (systematic Errors)
3. ความคลาดเคลื่อนแบบไม่แน่นอน (Random Errors)

8. ความแม่นยำ

ความแม่นยำ หมายถึง ความใกล้เคียงระหว่างค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดกับค่าจริง (True Value) ของตัวแปรขณะทำการวัด ความแม่นยำ จะระบุเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าสเกล (Full Scale) ตัวอย่างเช่น แอมมิเตอร์มีสเกลสูงสุด 10 โวลท์ (V) และระบุค่าแม่นยำ เท่ากับ $\pm 1\%$ แสดงว่าเข็มที่ชี้ค่าจะมีโอกาสคลาดเคลื่อนได้ $0.0 \times 10 = 0.1\text{V}$ (ตลอดทั้งสเกลคือ 0-10V) ดังนั้นถ้าเราวัดและอ่านค่าได้ 6.5V ค่า Accuracy จะเท่ากับ $\frac{0.1}{6.5} * 100 = 1.53\%$ ซึ่งเป็นค่าใกล้เคียงกับ Accuracy ของพิกัดที่ระบุไว้

9. ความไว

ความไว หมายถึง อัตราส่วนการตอบสนองของเอาต์พุตต่อการเปลี่ยนแปลงชีวิตของ อินพุตหรือค่าตัวแปรที่กำลังวัด ความไวของเครื่องวัดไฟฟ้าจะสังเกตจากปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านและทำให้เกิดการป้ายเบนจนสุดสเกล (If) ค่าความไวของโวลท์มิเตอร์จะมีหน่วยเป็นโอห์มต่อโวลท์ เครื่องวัดที่มีค่าโอห์ม/โวลท์ สูงมาเท่าใดก็ยิ่งทำให้มีค่าความไวมากขึ้นโดยส่งผลให้ค่าที่วัดมีค่าความแม่นยำมากขึ้น (มากกว่าเครื่องวัดที่มีความไวต่ำ) นอกจากนี้ค่าความไวและย่านการวัด (Range) จะบอกให้ทราบถึงค่าความต้านทานด้านอินพุต (Input Impedance) ของโวลท์มิเตอร์

$$\text{ความไว} = 1/I_f$$

เมื่อ I_f คือ กระแสที่ทำให้เข็มชี้ป้ายเบนเต็มสเกล (Full Scale) มีหน่วยเป็นแอมแปร์