แผนการสอนรายคาบ

คาบที่ 4 - 5 เรื่องที่สอน เครื่องวัดไฟฟ้ากระแสตรง

โดยนายรุ่งโรจน์ หนูขลิบ

จุดประสงค์

เพื่อให้ผู้เรียนสามารถอธิบายหรือบอกรายละเอียดเนื้อหาแต่ละหัวข้อดังต่อไปนี้ได้

1. โครงสร้างเบื้องต้นของมิเตอร์ชนิดเข็มชี้
2. การทำงานของมิเตอร์ไฟตรงชนิดเข็มชี้
3. การวัดและการอ่านมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
4. สาเหตุความผิดพลาดในการใช้มิเตอร์

สาระการเรียนรู้

ไฟฟ้าที่นำมาใช้งานมีด้วยกันหลายชนิดหลายรูปแบบ การตรวจวัดปริมาณไฟฟ้าต่างๆไม่สามารถทำได้ด้วยประสาทสัมผัสต่างๆของมนุษย์ จำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือวัดไฟฟ้าในการตรวจวัด เครื่องมือวัดไฟฟ้าที่สร้างมาใช้งานมี 2 ลักษณะด้วยกัน คือ วัดในลักษณะการบ่ายเบนของเข็มชี้ เรียกว่าเครื่องมือวัดอะนาลอก และในลักษณะการแสดงค่าการวัดเป็นตัวเลข เรียกว่า เครื่องมือวัดดิจิตอล

มิเตอร์เป็นเครื่องมือวัดไฟฟ้าแบบพื้นฐาน สร้างขึ้นมาใช้งานอย่างแพร่หลายทั่วไป มิเตอร์พื้นฐานมีส่วนแสดงผลอยู่ในรูปเข็มชี้บ่ายเบนไป อาศัยการทำงานของแม่เหล็กสองสนาม คือ สนามแม่เหล็กถาวรและสนามแม่เหล็กไฟฟ้าผลักกัน เป็นเหตุให้เกิดการแสดงค่าปริมาณไฟฟ้าออกมา มิเตอร์ที่สร้างใช้งานชนิดนี้เป็นมิเตอร์ชนิดใช้วัดไฟฟ้ากระแสตรง เรียกว่าดาร์สันวาล์มิเตอร์ การบ่ายเบนไปของเข็มชี้มิเตอร์ขึ้นอยู่กับปริมาณกระแสที่ไหลเข้ามา กระแสไหลน้อย สนามแม่เหล็กเกิดน้อย เข็มมิเตอร์บ่ายเบนไปน้อย กระแสไหลมาก สนามแม่เหล็กมากเกิดมาก เข็มมิเตอร์บ่ายเบนไปมาก

อาร์เมเจอร์ชนิดห้อยแขวนด้วยแถบตึง เป็นการพัฒนามิเตอร์ชนิดเข็มชี้ให้เกิดความทนทานในการใช้งานมากขึ้น สามารถรับแรงกระทบกระแทกแรงๆได้ดี โดยเปลี่ยนส่วนเดือยและรองเดือยมาเป็นแถบตึง ช่วยให้เกิดการยืดหยุ่นได้มากขึ้น

สมรรถนะที่พึงประสงค์ (Competency)

1. ด้านความรู้

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

2. ด้านทักษะและกระบวนการ

1. มีทักษะในการนำไปต่อใช้งานเรื่องวัดกระแสตรง
2. มีทักษะในการอ่านค่าสัญลักษณ์บนหน้าปัดของเครื่องวัดไฟฟ้า
3. นำความรู้เรื่องหลักการเบื้องต้นของเครื่องวัดไฟฟ้าไปประยุกต์ใช้ในวิชาชีพอื่นได้

3. ด้านคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์

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

เครื่องวัดไฟฟ้ากระแสตรง

เครื่องวัดไฟฟ้ากระแสตรง เป็นเครื่องวัดไฟฟ้าที่เป็นระบบอะนาลอกและดิจิตอล เช่น เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า(แอมมิเตอร์) เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า(โวทล์มิเตอร์) เครื่องวัดความต้านทาน

แอมมิเตอร์ (Ammeter) เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดปริมาณกระแสไฟฟ้า (I) ในวงจร ปกติแล้วแอมมิเตอร์จะใช้ต่ออนุกรม (Series) กับวงจรที่จะวัดกระแสเสมอ และเพื่อไม่ให้มีผลกระทบกับระดับกระแสในวงจร แอมมิเตอร์จะต้องมีค่าความต้านทานต่ำกว่าความต้านทานรวม ของวง จรมาก ๆ เครื่องวัด PMMC ถูกนำมาใช้เป็นแอมมิเตอร์ซึ่งการบ่ายเบนของเข็มชี้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสที่ไหลผ่านขดลวด

อย่างไรก็ตามการบ่ายเบนของเข็มชี้ที่มากที่สุดต้องถูกกระทำได้โดยกระแสจำนวนน้อยและขดลวดที่ใช้เป็นเส้นลวดขนาดบาง ซึ่งจะถูกทำลายได้ง่ายถ้ามีกระ แสสูง ๆ ดังนั้นถ้ามีกระแสสูง ๆ เครื่องวัดจะต้องปรับปรุงเพื่อให้วัดกระแสทั้งหมดได้ โดยต่อความต้านทานขนาน (Shunt resistance ; R_{sh}) รอบ ๆ ขดลวดของมิเตอร์ เพื่อให้กระแสส่วนน้อยเท่านั้นไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ของมิเตอร์

ชันต์ (Shunt) หรือความต้านทาน ค่าต่ำจะถูกต่อขนานกับขดลวดเครื่องวัด ตัวชันต์นี้บางครั้งอ้างอิงถึง “ความต้านทาน 4 ขั้วต่อ” (Four terminal resister) เพราะว่ามีขั้วต่อ 2 ชุดเป็นขั้วต่อแรงดันและขั้วต่อกระแส ซึ่งต้องต่อความต้านทานขนาน (R_{sh}) กับขดลวดตรงข้อต่อกระแส เมื่อต้องการวั ด กระแสได้หลายระดับ

1. สเกลของแอมมิเตอร์

กระแสแอมมิเตอร์รวม (I_T) คือ 10 mA เมื่อเครื่องวัดขดลวดเคลื่อนที่แสดงค่า FSD ดังนั้นสเกลของแอมมิเตอร์ (Ammeter scale) สามารถปรับแต่สำหรับ FSD เป็นค่า 10 mA เมื่อเข็มชี้แสดงค่า 0.5 FSD และ 0.25 FSD ระดับของกระแสคือ 5 mA และ 0.25 mA ตามลำดับ ดังนั้น สเกลของแอมมิเตอร์อาจจะปรับแสดงเป็นแบบเชิงเส้นได้จากตำแหน่ง 0-10 mA แสดงสเกลหน้าปัทม์สเกลเป็นเชิงเส้นที่ปรับแล้วสำหรับวัดกระแสตรงจาก 0-50

2. ความต้านทานต่อขนาน

ถ้าซันต์ที่ถูกใช้มีค่าความต้านทานน้อยกว่าเดิม กระแสซันต์และกระแสมิเตอร์รวมจะมีค่าสูงกว่าระดับที่คำนวณได้ ดังนั้นค่าความต้านทานต่อขนาน (Shunt resistance; R_{sh}) นี้สามารถที่จะทำให้เครื่องวัดแบบ PMMC เป็นแอมมิเตอร์สำหรับวัดกระแสที่ระดับต่าง ๆ ได้ ค่า R_{sh}

3. ความต้านทานสแวมปิ้ง

ขดลวดเคลื่อนที่ในเครื่องวัด PMMC จะพันด้วยลวดทองแดงขนาดเบา และมีการเปลี่ยนค่าความต้านทานเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป ผลจากความร้อนของกระแสขดลวดอาจจะเพียงพอที่ทำให้ความต้านทานเปลี่ยนไป ซึ่งจะเป็นผลให้การวัดค่ากระแสเกิดค่าผิดพลาดขึ้นได้ ดังนั้นเพื่อลดปัญหาของการที่ทำให้ค่าความต้านทานเปลี่ยนไปจึงใช้ “Swamping resistance” (ทำมาจาก Manganin หรือ Constantan) ต่ออนุกรมกับขดลวด Manganin หรือ Constantan จะมีความต้านทานต่อสัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิให้มีค่าใกล้ “O” ถ้าความต้านทานสแวมปิ้งเป็น 9 เท่า ของความต้านทานขดลวด การเปลี่ยนแปลง 1% ในความต้านทานขดลวดจะมีผลต่อความต้านทานรวมทั้งหมด (สแวมปิ้งบวกกับขดลวด) ให้มีค่าเปลี่ยนแปลงเพียง 0.1%

4. แอมมิเตอร์หลายพิสัย

วงจรของแอมมิเตอร์ (Multirange Ammeter) หลายพิสัย โดยใช้สวิตช์เป็นตัวเลือกความต้านทานต่อขนานที่มีค่าแตกต่างกันไป

สวิตช์สัมผัสอยู่ที่ตำแหน่ง A กับ B ความต้านทานต่อขนานกับเครื่องวัด คือ R_1

สวิตช์สัมผัสอยู่ที่ตำแหน่ง A กับ C ความต้านทานต่อขนานกับเครื่องวัด คือ R_2

สวิตช์สัมผัสอยู่ที่ตำแหน่ง A กับ D ความต้านทานต่อขนานกับเครื่องวัด คือ R_3

สวิตช์สัมผัสอยู่ที่ตำแหน่ง A กับ E ความต้านทานต่อขนานกับเครื่องวัด คือ R_4

จะเห็นว่าสวิตช์เลือกความต้านทานต่อขนานเฉพาะแต่ละตัว เรียกการต่อวงจรของแอมมิเตอร์หลายพิสัยนี้ว่า การต่อแบบ “อินดิวิดวล" (Individual) มีข้อดีคือ สะดวกและง่ายต่อการคำนวณออกแบบสร้าง แต่มีข้อเสียคือ ขณะทำงานการวัดกระแสในวงจรถ้าต้องการเปลี่ยนพิสัยจะต้องปลดปล่อยสายวัดออกจากวงจรที่ทำการวัดกระแสอยู่เสียก่อนจึงเปลี่ยนพิสัยได้ ไม่เช่นนั้นจำนวนกระแสที่วัดจะไหลไปยังมิเตอร์ทั้งหมดทำให้มิเตอร์ชำรุดได้ จึงมีการแก้ไขข้อบกพร่องนี้โดยการต่อความต้านทานแบบใหม่เป็นแบบ “อาร์ตันซันต์” (Ayrton shunt) ซึ่งจะมีความต่อขนานอยู่กับมิเตอร์ตลอดเวลา เมื่อมีการวัดกระแสหรือขณะเปลี่ยนพิสัยการวัดค่า

ความต้านทาน R_1 R_2 และ R_3 ต่อกันแบบ Ayrton shunt ถ้าสวิตช์สัมผัสอยู่ที่ “B” ความต้านทานรวมที่ต่อขนานกับเครื่องวัดคือ $(R_1 + R_2 + R_3)$ ความต้านทานมิเตอร์ เมื่อสวิตช์สัมผัสอยู่ที่ “C” (รูปที่ 6.5(ข)) ความต้านทาน R_3 จะต่ออนุกรมกับมิเตอร์คือ $(R_3 + R_m)$ ความต้านทานขนานคือ $(R_1 + R_2)$ ทำนองเดียวกันถ้าสวิตช์สัมผัสอยู่ที่ “D” ความต้านทาน R_1 ต่อขนานกับ $(R_1 + R_2 + R_3)$

5. การใช้ DC Ammeter

ก. ตั้งพิสัยการวัดไว้สูงสุดก่อนแล้วจึงลดลงมาตามความเหมาะสม

ข. ต่อแอมมิเตอร์อนุกรมกับวงจรที่ต้องการวัดกระแส และคำนึงถึงขั้วบวก- ลบ ของวงจรกับเครื่องวัดให้ตรงกัน

ค. อ่านค่าจากสเกลกระแสไฟตรงเท่านั้น

6. การอ่านค่าไฟฟ้ากระแสตรงจากสเกลของมิเตอร์

- พิสัย 5 mA ค่ากระแสเต็มสเกลคือ 100/20 = 5mA ดังนั้นค่าที่ปรากฏบนสเกลต้องหารด้วย 20 จะเป็นค่าจริง ขณะนี้เข็มชี้ที่ตำแหน่ง 50 ค่ากระแสจริงคือ 50/20 เท่ากับ 2.5 mA

- พิสัย 10 mA ค่ากระแสเต็มสเกลคือ 100/10 = 10mA ค่ากระแสจริงคือ 50/10 เท่ากับ 5 mA

- พิสัย 100 mA อ่านค่าจากสเกลโดยตรงอ่านค่ากระแสได้เท่ากับ 50mA

- พิสัย 500 mA ค่าที่อ่านได้คูณด้วย 5 คือค่าจริงเท่ากับ 50/5 เท่ากับ 250mA

ค่าสเกลปกติ 0-100 มีจำนวน 10 ช่องใหญ่ มีค่าเท่ากับ 10 หรือเท่ากับ 50ช่องเล็กๆ

และมีค่าเท่ากับ 2 (ดูภาพขยายทางขวามือ) 1 ช่องใหญ่มี 5 ช่องเล็ก เข็มชี้เคลื่อนที่ไปเป็นจำนวน 5 ช่องใหญ่กับ 2 ช่องเล็ก

- พิสัย 5 mA : แปลงสเกลปกติ 0-100 เป็น 0-5 mA ; 1 ช่องใหญ่มีค่า 0.5 mA ดังนั้น 1 ช่องเล็กมีค่า 0.1 mA เราจะอ่านค่าได้เท่ากับ 2.5 mA + 0.2 mA = 2.7 mA

- พิสัย 10 mA : แปลงสเกลเป็น 0-10 mA ; 1 ช่องใหญ่มีค่า 1 mA ; 1 ช่องเล็กมีค่า 0.2 mA ดังนั้นเราอ่านค่าได้เท่ากับ 5 mA+0.4 mA = 5.4 mA

- พิสัย 100 mA: ใช้สเกลอ่านโดยตรง 1 ช่องใหญ่มีค่า 10mA ; 1 ช่องเล็กมีค่า 2 mA ดังนั้นอ่านค่าได้ 50mA + 4mA = 54mA

7. ข้อควรระวังในการใช้แอมมิเตอร์

1. ก่อนวัดไฟในวงจรต้องตั้งพิสัยการวัดไว้ตำแหน่งสูงสุดก่อน
2. ขั้วบวกของมิเตอร์ต้องต่อกับไฟบวก (+) ขั้วลบของมิเตอร์ต่อกับไฟ (-) ของวงจร
3. จะต้องต่ออนุกรมกับวงจรที่จะวัดไฟ
4. ปรับพิสัยให้เหมาะสม แล้วอ่านค่าบนสเกลให้ถูกต้อง