



แผนการจัดการเรียนรู้

หลักสูตรหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

สาขาวิชาไฟฟ้า

กลุ่มอาชีพพลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์
ประเภทวิชาอุตสาหกรรม

ชื่อรายวิชา

รหัสวิชา **30104 - 2001**

วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า

จัดทำโดย

-  นายรชตะ ใจตรง
-  แผนกวิชาช่างไฟฟ้า
-  วิทยาลัยเทคนิคบ้านค่าย



สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
กระทรวงศึกษาธิการ





แบบตรวจแผนการจัดการเรียนรู้

รายวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า
ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2569

รหัสวิชา 30104-2001
ครูผู้สอน นายรชตะ ใจตรง

การตรวจสอบ

อ้างอิงมาตรฐาน	☐	มี	☐	ไม่มี
ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา	☐	มี	☐	ไม่มี
จุดประสงค์การเรียนรู้	☐	มี	☐	ไม่มี
มาตรฐานรายวิชา	☐	มี	☐	ไม่มี
คำอธิบายรายวิชา	☐	มี	☐	ไม่มี
สมรรถนะรายวิชา	☐	มี	☐	ไม่มี
ตารางวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ตามจุดประสงค์รายวิชาและสมรรถนะรายวิชา	☐	มี	☐	ไม่มี
เวลาเรียน 15 สัปดาห์	☐	มี	☐	ไม่มี
การประเมินสรุปผลการเรียนรู้ (15 สัปดาห์)	☐	มี	☐	ไม่มี
สาระสำคัญ	☐	มี	☐	ไม่มี
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	☐	มี	☐	ไม่มี
สมรรถนะรายหน่วย	☐	มี	☐	ไม่มี
กิจกรรมการเรียนรู้	☐	มี	☐	ไม่มี
สื่อการเรียนรู้	☐	มี	☐	ไม่มี
การวัดผลประเมินผล	☐	มี	☐	ไม่มี
แบบทดสอบก่อนและหลังเรียน	☐	มี	☐	ไม่มี
ใบงานหรือแบบฝึกหัด	☐	มี	☐	ไม่มี

สิ่งที่ควรแก้ไข

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นายบรรชัย นาคสุวรรณ)

หัวหน้าแผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง

การอนุมัติแผนการจัดการเรียนรู้

รายวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า
ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2569

รหัสวิชา 30104-2001
ครูผู้สอน นายรัชตะ ใจตรง

ความเห็นหัวหน้าแผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง
เหมาะสมต่อการใช้ในการเรียนการสอน

ลงชื่อ.....
(นายบรรชัย นาคสุวรรณ)
...../...../.....

ความเห็นหัวหน้างานหลักสูตรการเรียนการสอน
เห็นสมควรพิจารณาอนุมัติ

ลงชื่อ.....
(นางเกศนีย์ แก่กล้า)
...../...../.....

ความเห็นรองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ
เห็นควรอนุมัติ

ลงชื่อ.....
(นางสาวกัลยา หาญชิน)
...../...../.....

ความเห็นรองผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคบ้านค่าย
อนุมัติ

ลงชื่อ.....
(นายยุทธพันธ์ โคตรพันธ์)
...../...../.....



แผนการจัดการเรียนรู้

หลักสูตรหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567
สาขาวิชาไฟฟ้า
กลุ่มอาชีพพลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์
ประเภทวิชาอุตสาหกรรม

รหัสวิชา 30104 - 2001 วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า

ผู้จัดทำ
นายรชตะ ใจตรง
ตำแหน่ง ครู
แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง

วิทยาลัยเทคนิคบ้านค่าย

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

กระทรวงศึกษาธิการ

คำนำ

แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะอาชีพ วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า (รหัสวิชา 30104 - 2001) ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 1 จัดทำขึ้นเพื่อพัฒนาผู้เรียน โดยได้จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับวัตรกรรมการเรียนรู้ จำนวนทั้งสิ้น 7 หน่วยการเรียนรู้ ประกอบด้วย

- หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสตรง
- หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับ
- หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 งานการวัดด้วยบริดจ์
- หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 งานวัดค่าความต้านทานของหลักดิน
- หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 งานวัดค่าความเป็นฉนวน
- หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 งานวัดด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล
- หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 งานหม้อแปลงเครื่องมือวัด

ซึ่งแต่ละหน่วยจะมีแผนการจัดการเรียนรู้, ใบความรู้, ใบงาน, ใบมอบหมายงาน, แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน/ผลลัพธ์การเรียนรู้/สมรรถนะ ของแต่ละหน่วยการเรียนรู้เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน

ขอขอบคุณคณะกรรมการแผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคบ้านค่าย ที่ให้กำลังใจ ส่งเสริมและสนับสนุน ตลอดจนชี้แนะให้คำแนะนำที่ดีตลอดมา ขอขอบคุณคณะครูวิทยาลัยเทคนิคบ้านค่ายที่ให้การช่วยเหลือในการตรวจสอบ และให้ข้อเสนอแนะจนงานนี้สำเร็จสมบูรณ์ลงด้วยดี หวังเป็นอย่างยิ่งว่าแผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะอาชีพ วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า (รหัสวิชา 30104-2001) ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 1 จะมีประโยชน์ต่อการพัฒนาคุณภาพการศึกษาในภาพรวมในโอกาสต่อไป

นายรชตะ ใจตรง

ครู

สารบัญ

หัวข้อ	หน้า
คำนำ.....	ก
สารบัญ.....	ข
โครงการสอน.....	ง
ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา.....	ง
จุดประสงค์รายวิชา.....	ง
สมรรถนะรายวิชา.....	ง
คำอธิบายรายวิชา.....	ง
ตารางวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้.....	จ
หน่วยการเรียนรู้.....	ญ
ตารางวิเคราะห์พฤติกรรมกรรมการเรียนรู้.....	ฉ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสตรง.....	1
ใบความรู้หน่วยที่ 1.....	5
ใบงานหน่วยที่ 1	17
ใบมอบหมายงานหน่วยที่ 1.....	20
ใบประเมินผลกิจกรรมหน่วยที่ 1.....	22
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับ.....	23
ใบความรู้หน่วยที่ 2.....	26
ใบงานหน่วยที่ 2	40
ใบมอบหมายงานหน่วยที่ 2.....	43
ใบประเมินผลกิจกรรมหน่วยที่ 2.....	45
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 งานการวัดด้วยบริดจ์.....	46
ใบความรู้หน่วยที่ 3.....	49
ใบงานหน่วยที่ 3.....	62
ใบมอบหมายงานหน่วยที่ 3.....	65
ใบประเมินผลกิจกรรมหน่วยที่ 3.....	67
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 งานวัดค่าความต้านทานของหลักดิน.....	68
ใบความรู้หน่วยที่ 4.....	72
ใบงานหน่วยที่ 4.....	82
ใบมอบหมายงานหน่วยที่ 4.....	86
ใบประเมินผลกิจกรรมหน่วยที่ 4.....	88
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 งานวัดค่าความเป็นฉนวน.....	89

ใบความรู้หน่วยที่ 5.....	92
ใบงานหน่วยที่ 5.....	103
ใบมอบหมายงานหน่วยที่ 5.....	108
ใบประเมินผลกิจกรรมหน่วยที่ 5.....	110
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 งานวัดด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล.....	111
ใบความรู้หน่วยที่ 6.....	114
ใบงานหน่วยที่ 6.....	123
ใบมอบหมายงานหน่วยที่ 6.....	126
ใบประเมินผลกิจกรรมหน่วยที่ 6.....	128
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 งานหม้อแปลงเครื่องมือวัด.....	129
ใบความรู้หน่วยที่ 7.....	132
ใบงานหน่วยที่ 7.....	146
ใบมอบหมายงานหน่วยที่ 7.....	150
ใบประเมินผลกิจกรรมหน่วยที่ 7.....	152
บรรณานุกรม.....	153



โครงการสอน ภาคเรียนที่ 1/2569

ลักษณะรายวิชา

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม

กลุ่มอาชีพพลังงานไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์

สาขาวิชาไฟฟ้า

ชื่อวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า

รหัสวิชา 30104 - 2001

ทฤษฎี 2 ชั่วโมง/สัปดาห์

ปฏิบัติ 3 ชั่วโมง/สัปดาห์

จำนวน 3 หน่วยกิต

อ้างอิงมาตรฐาน

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา

ใช้งานเครื่องมือวัดไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ ต่อและอ่านค่าที่ได้ด้วยความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย และมีความรับผิดชอบ

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. เข้าใจหลักการของเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ
2. มีทักษะการวัด การอ่านค่าและการนำเครื่องมือวัดไปใช้วัดค่าในวงจร
3. มีกิจนิสัยในการทำงานร่วมกับผู้อื่นด้วยความประณีต รอบคอบ และปลอดภัย
4. มีความสามารถประยุกต์การวัดอ่านค่าและการนำเครื่องมือวัดไปใช้วัดค่าในวงจร

สมรรถนะรายวิชา

1. ประมวลความรู้เกี่ยวกับหลักการวัดและวิธีการวัดทางไฟฟ้า
2. บำรุงรักษาเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า
3. เลือกวิธีการวัดและประยุกต์ใช้เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติการเกี่ยวกับหน่วยวัดและเครื่องมือวัดไฟฟ้าแบบมาตรฐาน การป้องกันผลกระทบต่าง ๆ ที่เกิดผลต่อการวัดและเครื่องมือวัด ข้อกำหนดด้านความปลอดภัย ความเที่ยงตรงของการวัด การวัดแรงดัน กระแสและกำลังไฟฟ้า เครื่องมือวัดไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ และการนำไปใช้งาน การวัดค่าอิมพีแดนซ์ความถี่ต่ำและความถี่สูง การวัดแม่เหล็กทรานสดิวเซอร์ การวัดโดยใช้เทคนิคทางดิจิทัล การวัดโดยใช้วีชันเซนเซอร์เครื่องมือวัดไฟฟ้าแบบดิจิทัลชนิดต่าง ๆ และการใช้งาน สัญญาณรบกวน เทคนิคในการลดผลของสัญญาณรบกวน เครื่องมือวัดสัญญาณทางไฟฟ้า เทคนิค วิธีการใช้เครื่องมือวัดสัญญาณไฟฟ้า

ตารางวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้

รหัสวิชา 30104 – 2001 ชื่อวิชา เครื่องมือวัดไฟฟ้า

ทฤษฎี 2 ชั่วโมง/สัปดาห์

ปฏิบัติ 3 ชั่วโมง/สัปดาห์

จำนวน 3 หน่วยกิต

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา(Job) ใช้เครื่องวัดทางไฟฟ้าชนิดต่างๆได้				
งานหลัก (Duty)	งานย่อย (Task)	สมรรถนะย่อย (มาตรฐานอาชีพ)	ความรู้ ในการปฏิบัติงาน	ทักษะ ในการปฏิบัติงาน
1. งาน เครื่องมือวัด ไฟฟ้า กระแสตรง	1.1 งานต่อใช้งานดีซีแอมมิเตอร์ (DC Ammeter) เพื่อวัดกระแสไฟฟ้าในวงจร 1.2 งานต่อใช้งานดีซีโวลต์มิเตอร์ (DC Voltmeter) เพื่อวัดแรงดันไฟฟ้า 1.3 งานขยายย่านวัดกระแส (Shunt Resistor) และย่านวัดแรงดัน (Multiplier Resistor) 1.4 งานใช้มัลติมิเตอร์แบบอนาล็อก/ดิจิทัลวัดค่าทางไฟฟ้าในวงจร DC	-	- กฎของโอห์ม ($V = IR$) และแกรนด์ทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสตรง - โครงสร้างและหลักการทำงานของเครื่องมือวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่ (PMMC) - ผลกระทบของความต้านทานภายในเครื่องมือวัดต่อวงจร (Loading Effect) - สัญลักษณ์และการอ่านสเกลบนหน้าปัดเครื่องมือวัด DC	- ทักษะการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม (สำหรับวัดกระแส) และแบบขนาน (สำหรับวัดแรงดัน) - ทักษะการคำนวณและเลือกขนาดตัวต้านทานเพื่อขยายย่านวัด - ทักษะการคำนึงถึงขั้วบวก-ลบ (+ และ -) ก่อนการวัดเพื่อป้องกันเครื่องมือวัดเสียหาย
2. งาน เครื่องมือวัด ไฟฟ้า กระแสสลับ	2.1 งานวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส และ 3 เฟส	-	- นิยามของค่าทางไฟฟ้า AC เช่น ค่า Peak, ค่า Avg, และค่า RMS ($V_{rms} = V_m / \sqrt{2}$)	- ทักษะการใช้เครื่องมือวัดให้ถูกประเภทกับลักษณะคลื่น (เช่น True RMS สำหรับคลื่นที่บิดเบี้ยว)

	2.2 งานการวัดค่ากำลังไฟฟ้า (Wattmeter) และพลังงานไฟฟ้า (Energy Meter) 2.3 งานการวัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor Meter) 2.4 งานการวัดความถี่ไฟฟ้า (Frequency Meter)		- หลักการของกำลังไฟฟ้าในระบบ AC กำลังไฟฟ้าจริง P กำลังไฟฟ้าปรากฏ S และกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ Q - ความเข้าใจเกี่ยวกับเฟส (Phase Sequence) ของระบบไฟ 3 เฟส	- ทักษะการต่อโหลดและการเข้าสายไฟหน้าตู้คอนโทรล AC อย่างปลอดภัย - ทักษะการอ่านค่าจากหน้าจอดีจิทล์และมิเตอร์แบบจานหมุน
3. งานการวัดด้วยบริดจ์	3.1 งานต่อวงจรและปรับสมดุลวีทสโตนบริดจ์ (Wheatstone Bridge) เพื่อหาค่าความต้านทานปานกลาง 3.2 งานใช้เคลวินบริดจ์ (Kelvin Bridge) วัดค่าความต้านทานต่ำมาก 3.3 งานใช้ AC Bridge (เช่น Maxwell, Hay, Schering Bridge) วัดค่าความเหนี่ยวนำ (L) และความจุไฟฟ้า	-	- ทฤษฎีความสมดุลของวงจรบริดจ์ (Null Detector Balance Condition) - สูตรและสมการความสัมพันธ์ของแขนวงจรบริดจ์ในสถานะสมดุล - ผลของความต้านทานของสายต่อ (Lead Resistance) ที่มีต่อการวัดค่าความต้านทานต่ำ	- ทักษะการปรับแต่งปุ่มละเอียด (Fine Adjustment) เพื่อหาจุดสมดุล (Zero Position) - ทักษะการวิเคราะห์และคำนวณหาค่า R, L, C ที่ไม่ทราบค่าจากสูตรบริดจ์ - ทักษะการเลือกใช้ Null Detector หรือกัลวานอมิเตอร์ที่มีความไว (Sensitivity) เหมาะสม

4. งานวัดค่าความต้านทานของหลักดิน	4.1 งานตอกแท่งทดลอง (Auxiliary Earth Spikes) ตามระยะที่กำหนด 4.2 งานต่อสายวัดเข้ากับหลักดิน (E), หลักดินแรงดัน (P), และหลักดินกระแส (C) 4.3 งานวัดค่าความต้านทานดินด้วยวิธี Fall-of-Potential (62% Method) 4.4 งานวัดความต้านทานดินด้วย Earth Clamp Meter (ในพื้นที่จำกัด)	-	- มาตรฐานค่าความต้านทานดินตามกฎหมายกำหนด (เช่น ไม่เกิน 5 โอห์ม สำหรับระบบไฟฟ้าทั่วไป) - ทฤษฎีแรงดันเกี่ยวเนื่องและความต้านทานจำเพาะของดิน (Soil Resistivity) - ข้อจำกัดและปัจจัยที่มีผลต่อค่าทดสอบ เช่น ความชื้น อุณหภูมิ และสภาพดิน	- ทักษะการวางแผนและวัดระยะห่างในการตอกหลักดินสำรองให้เที่ยงตรง - ทักษะการใช้เครื่องมือวัด Earth Resistance Tester และการอ่านค่าที่ถูกต้อง - ทักษะการแก้ปัญหาหน้างานเมื่อดินแห้งเกินไป
5. งานวัดค่าความเป็นฉนวน	5.1งานเตรียมหน้างานและตัดกระแสไฟฟ้าออกจากอุปกรณ์ที่ต้องการวัด (Lockout/Tagout) 5.2 งานต่อเครื่องวัดความเป็นฉนวน (Megohmmeter / Megger) เข้ากับขดลวดมอเตอร์	-	- ระดับแรงดันไฟตรงที่เหมาะสมในการทดสอบฉนวน (เช่น ใช้ 500V สำหรับระบบไฟ 220V/380V) - เกณฑ์มาตรฐานยอมรับของค่าความต้านทานฉนวน (ตามมาตรฐาน IEC หรือ IEEE) - ความเข้าใจเกี่ยวกับกระแสรั่วไหล (Leakage	- ทักษะการตัดแยกวงจรและการตรวจสอบความปลอดภัยก่อนจ่ายแรงดันสูงจากตัวมิเตอร์ - ทักษะการควบคุมเวลาในการกดจ่ายแรงดันและการจับเวลา - ทักษะการคายประจุไฟฟ้า (Discharge) ออกจากอุปกรณ์หลัง

	สายไฟ หรือหม้อแปลง 5.3 งานทดสอบค่าความเป็นฉนวนแบบอ่านค่าทันที (Spot-reading) 5.4 งานทดสอบค่า Polarization Index (PI) และ Dielectric Absorption Ratio (DAR)		Current) ประเภทต่างๆ (Surface, Capacitive, Conduction)	เสร็จสิ้นการวัดเพื่อความปลอดภัย
6. งานวัดด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล	6.1 งานเลือกและติดตั้งเซนเซอร์ (Sensors/Transducers) เช่น RTD, Thermocouple, CT, PT 6.2 งานตั้งค่าคอนฟิกูเรชัน (Configuration) อัตราการสุ่มตัวอย่าง (Sampling Rate) ในเครื่อง Data Logger 6.3 งานเชื่อมต่อและดาวน์โหลดข้อมูลจาก Data Logger เข้าสู่คอมพิวเตอร์ 6.4 งานวิเคราะห์ข้อมูลและจัดทำ	-	- หลักการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (A/D Conversion) - ประเภทของสัญญาณมาตรฐานอุตสาหกรรม (เช่น 4-20 mA, 0-10 VDC) - รูปแบบการจัดเก็บข้อมูลและการสื่อสารข้อมูล (เช่น Modbus, USB, SD-Card)	- ทักษะการใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ในการตั้งค่าและดึงข้อมูล - ทักษะการเลือกตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์เพื่อให้ได้ค่าที่สะท้อนความเป็นจริงมากที่สุด - ทักษะการแปลงข้อมูลดิบ (Raw Data) ให้เป็นกราฟหรือสถิติเพื่อตรวจจับสิ่งผิดปกติ

	รายงานกราฟ แสดงผล			
7. งานหม้อ แปลงเครื่องมือ วัด	7.1 งานต่อใช้งาน หม้อแปลงกระแส (Current Transformer: CT) ร่วมกับแอมมิเตอร์ 7.2 งานต่อใช้งาน หม้อแปลงแรงดัน (Potential Transformer: PT) ร่วมกับโวลต์มิเตอร์ 7.3 งานตรวจสอบ อัตราส่วนการ แปลง (Turn Ratio Test) และขั้ว (Polarity Test) ของ CT/PT 7.4 งานตรวจสอบ และต่อสายดินที่ขั้ว ด้านทุติยภูมิ (Secondary Grounding)	-	- หลักการเหนี่ยวนำ แม่เหล็กไฟฟ้าและ การลดทอนระดับ แรงดัน/กระแส ไฟฟ้าแรงสูงลงมาสู่ ระดับปลอดภัย - มาตรฐานสากล ของกระแสและ แรงดันด้านทุติยภูมิ - อันตรายร้ายแรง จากการเปิดวงจร ด้านทุติยภูมิของ CT (Open-Circuit Secondary) ซึ่งทำ ให้เกิดแรงดันสูงมาก จนเกิดส่วนโค้งไฟ (Arcing) หรือมิเตอร์ ระเบิดได้	- ทักษะการลัดวงจรขั้ว ทุติยภูมิของ CT (Short-Circuit) ทุก ครั้งก่อนทำการเปลี่ยน หรือถอดข้อมมิเตอร์ - ทักษะการอ่าน สัญลักษณ์ขั้ว ด้านปฐม ภูมิ และ ด้านทุติยภูมิ) และเข้าสายไม่ให้กลับ เฟส - ทักษะการเลือก ขนาดพิกัด และชั้น ความถูกต้องให้ เหมาะสมกับโหลดของ เครื่องมือวัด

หน่วยการเรียนรู้

หน่วยที่	หน่วยการเรียนรู้	เวลาเรียน (ชม.)		
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ	รวม
1	งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสตรง 1.1 งานต่อใช้งานดีซีแอมมิเตอร์ (DC Ammeter) เพื่อวัดกระแสไฟฟ้าในวงจร 1.2 งานต่อใช้งานดีซีโวลต์มิเตอร์ (DC Voltmeter) เพื่อวัดแรงดันไฟฟ้า 1.3 งานขยายย่านวัดกระแส (Shunt Resistor) และย่านวัดแรงดัน (Multiplier Resistor) 1.4 งานใช้มัลติมิเตอร์แบบอนาล็อก/ดิจิทัล วัดค่าทางไฟฟ้าในวงจร DC	6	9	15
2	งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับ 2.1 งานวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส และ 3 เฟส 2.2 งานการวัดค่ากำลังไฟฟ้า (Wattmeter) และพลังงานไฟฟ้า (Energy Meter) 2.3 งานการวัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor Meter) 2.4 งานการวัดความถี่ไฟฟ้า (Frequency Meter)	4	6	10
3	งานการวัดด้วยบริดจ์ 3.1 งานต่อวงจรและปรับสมดุลวีทสโตนบริดจ์ (Wheatstone Bridge) เพื่อหาค่าความต้านทานปานกลาง 3.2 งานใช้เคลวินบริดจ์ (Kelvin Bridge) วัดค่าความต้านทานต่ำมาก 3.3 งานใช้ AC Bridge (เช่น Maxwell, Hay, Schering Bridge) วัดค่าความเหนี่ยวนำ (L) และความจุไฟฟ้า	4	6	10
4	งานวัดค่าความต้านทานของหลักดิน 4.1 งานตอกแท่งทดลอง (Auxiliary Earth Spikes) ตามระยะที่กำหนด 4.2 งานต่อสายวัดเข้ากับหลักดิน (E), หลักดินแรงดัน (P), และหลักดินกระแส (C) 4.3 งานวัดค่าความต้านทานดินด้วยวิธี Fall-of-Potential (62% Method)	4	6	10

	4.4 งานวัดความต้านทานดินด้วย Earth Clamp Meter (ในพื้นที่จำกัด)			
5	งานวัดค่าความเป็นฉนวน 5.1 งานเตรียมหน้างานและตัดกระแสไฟฟ้าออกจากอุปกรณ์ที่ต้องการวัด (Lockout/Tagout) 5.2 งานต่อเครื่องวัดค่าความเป็นฉนวน (Megohmmeter / Megger) เข้ากับขดลวดมอเตอร์ สายไฟ หรือหม้อแปลง 5.3 งานทดสอบค่าความเป็นฉนวนแบบอ่านค่าทันที (Spot-reading) 5.4 งานทดสอบหาค่า Polarization Index (PI) และ Dielectric Absorption Ratio (DAR)	4	6	10
6	งานวัดด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล 6.1 งานเลือกและติดตั้งเซนเซอร์ (Sensors/Transducers) เช่น RTD, Thermocouple, CT, PT 6.2 งานตั้งค่าคอนฟิกูเรชัน (Configuration) อัตราการสุ่มตัวอย่าง (Sampling Rate) ในเครื่อง Data Logger 6.3 งานเชื่อมต่อและดาวน์โหลดข้อมูลจาก Data Logger เข้าสู่คอมพิวเตอร์ 6.4 งานวิเคราะห์ข้อมูลและจัดทำรายงานกราฟแสดงผล	4	6	5
7	งานหม้อแปลงเครื่องมือวัด 7.1 งานต่อใช้งานหม้อแปลงกระแส (Current Transformer: CT) ร่วมกับแอมมิเตอร์ 7.2 งานต่อใช้งานหม้อแปลงแรงดัน (Potential Transformer: PT) ร่วมกับโวลต์มิเตอร์ 7.3 งานตรวจสอบอัตราส่วนการแปลง (Turn Ratio Test) และ ขั้ว (Polarity Test) ของ CT/PT 7.4 งานตรวจสอบและต่อสายดินที่ขั้วด้านทุติยภูมิ (Secondary Grounding)	4	6	10
	ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา ใช้เครื่องวัดทางไฟฟ้าชนิดต่างๆได้	-	-	-
รวม		30	45	75

ตารางวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้

วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า

รหัสวิชา 30104 - 2001

(ท-ป- น) 2-3-3

เวลาเรียน 5 ชั่วโมง/สัปดาห์

รวม 75 ชั่วโมง/ภาคเรียน

หน่วยการเรียนรู้	ความสามารถที่คาดหวัง									รวม	จำนวน ชั่วโมง ท/ป
	พุทธิพิสัย						ทักษะ พิสัย	จิต พิสัย	ประยุกต์ ใช้		
	ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การประเมินค่า	การสร้างสรรค์					
1.งานเครื่องมือวัดไฟฟ้า กระแสตรง	2	2	2	2	2	-	2	5	2	19	6/9
2.งานเครื่องมือวัดไฟฟ้า กระแสสลับ	2	2	2	2	2	-	2	3	2	17	4/6
3.งานการวัดด้วยบริดจ์	2	2	2	2	-	-	1	3	1	13	4/6
4.งานวัดค่าความต้านทานของ หลักดิน	2	2	2	2	-	-	1	3	1	13	4/6
5.งานวัดค่าความเป็นฉนวน	2	2	2	2	-	-		2	1	11	4/6
6.งานวัดด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล	2	2	2	1	-	-	1	2	1	11	4/6
7.งานหม้อแปลงเครื่องมือวัด	2	2	2	2	1	-	2	2	2	15	4/6
รวม	14	14	14	13	5	0	10	20	10	100	75
ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ ใช้เครื่องวัดทางไฟฟ้าชนิดต่างๆได้										-	-
รวมทั้งรายวิชา										100	75

กิจกรรมการเรียนการสอน

- การนำเข้าสู่หน่วยการเรียนรู้
 - ทบทวนเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ของสัปดาห์ก่อนหน้า
 - กิจกรรมถามตอบเกี่ยวกับหน่วยการเรียนรู้
 - สรุปกิจกรรมถามตอบเพื่อนำเข้าสู่หน่วยการเรียนรู้
- การสอนในหน่วยการเรียนรู้
 - อธิบายเนื้อหา บทเรียน ในหน่วยการเรียนรู้
 - กิจกรรมถามตอบเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียน และใบงาน
 - ทดลองปฏิบัติจริงตามใบงาน
- การสรุปหน่วยการเรียนรู้
 - ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาในบทเรียน และใบงาน

การวัดผลประเมินผล/ระดับคะแนน

รายละเอียดการวัดผล

การระหว่างหน่วยการเรียนรู้

20 คะแนน

การสอบกลางภาค

- คะแนน

การสอบปลายภาค

- คะแนน

บูรณาการคุณธรรม จริยธรรม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์	20	คะแนน
งานมอบหมาย/ รายงาน/กิจกรรม	60	คะแนน
อื่น ๆ	-	คะแนน
รวม	100	คะแนน

ระดับคะแนน

คะแนน 80 - 100	ระดับผลการเรียนระดับ	4
คะแนน 75 - 79	ระดับผลการเรียนระดับ	3
คะแนน 65 - 69	ระดับผลการเรียนระดับ	2.5
คะแนน 60 - 64	ระดับผลการเรียนระดับ	2
คะแนน 55 - 59	ระดับผลการเรียนระดับ	1.5
คะแนน 50 - 54	ระดับผลการเรียนระดับ	1
คะแนน 0 - 49	ระดับผลการเรียนระดับ	0

สื่อการเรียนการสอน/หนังสือเรียน/หนังสือประกอบ

1. เครื่องมือวัดไฟฟ้า, พันธศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์
2. สื่อการเรียนการสอน Power point เครื่องมือวัดไฟฟ้า และ ใบงานเครื่องมือวัดไฟฟ้า
3. สื่อการเรียนการสอนทางอินเทอร์เน็ต

แหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม

1. ห้องสมุด
2. เว็ปเพจ และเครื่องมือค้นหาในอินเทอร์เน็ต

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	หน่วยที่ 1
	รหัสวิชา 30104-2001 ชื่อวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 1-3
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสดตรง	ทฤษฎี.....6.....ชม. ปฏิบัติ.....9.....ชม.
ชื่อเรื่อง/งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสดตรง		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

แสดงความรู้เกี่ยวกับเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสดตรง

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ - สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน-.....

2) วิธีประเมิน-.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ.....

3. สมรรถนะประจำหน่วย

3.1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานของเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสดตรงได้

3.2. แสดงทักษะการใช้งาน การขยายย่านการวัดเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสดตรงได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกหลักการทำงานของกัลวานอมิเตอร์ได้

2. บอกหลักการทำงานของเครื่องวัดแบบแกนเหล็กได้

3. บอกหลักการทำงานของเครื่องวัดแบบเทตต์แบนด์ได้

4. อธิบายโครงสร้างของเครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่ได้

5. อธิบายหลักการทำงานของแอมมิเตอร์กระแสดตรงได้

6. อธิบายหลักการทำงานของโวลท์มิเตอร์กระแสดตรงได้

7. อธิบายหลักการทำงานของโอห์มมิเตอร์ได้

8. บอกวิธีการใช้งานมัลติมิเตอร์ได้

9. บอกสัญลักษณ์ที่ใช้กับเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้

10. ทำการขยายย่านการวัดและคาลิเบรทสเกลของแอมมิเตอร์กระแสดตรงได้

11. ทำการขยายย่านการวัดและคาลิเบรทสเกลของโวลท์มิเตอร์กระแสดตรงได้

12. ปฏิบัติงานด้วยความตั้งใจ

13. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ

14. ให้ความร่วมมือในการปฏิบัติงาน

15. ยอมรับฟังความคิดเห็นของคนอื่น

5. สารการเรียนรู้

1.1 กัลวานอมิเตอร์

1.2 เครื่องวัดแบบแกนเหล็ก

1.3 เครื่องวัดแบบเทตต์แบนด์

1.4 โครงสร้างของเครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่

หลักการทำงานของเครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่
แรงที่เกิดขึ้น

1.5 แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

การขยายย่านวัดของแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

การขยายย่านวัดแบบ individual ammeter

การขยายย่านวัดแบบ Ayrton shunt

1.6 โวลท์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

การขยายย่านวัดของโวลท์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

แบบ Individual type

แบบ Universal type

1.7 โอห์มมิเตอร์

โอห์มมิเตอร์แบบอนุกรม

โอห์มมิเตอร์แบบขนาน

1.8 มัลติมิเตอร์

ข้อควรระวังในการวัดด้วยมัลติมิเตอร์แบบอนาล็อก

1.9 สัญลักษณ์ที่ใช้กับเครื่องมือวัดไฟฟ้า

สัญลักษณ์การวางเครื่องวัดขณะใช้งาน

สัญลักษณ์ระบบการทำงาน

ชั้นคุณภาพ

ชนิดของกระแสไฟฟ้า

ระดับแรงดันที่ใช้ทดสอบ

6. กิจกรรมการเรียนรู้

กิจกรรมครู

1. สร้างความเป็นกันเอง ความรู้สึกที่ดีเป็นกันเองจากกิจกรรมแนะนำครู แนะนำนักเรียน ชื่อวิชา รหัสวิชา จุดประสงค์รายวิชา คำอธิบายรายวิชา หน่วยการเรียนรู้การสอน สมรรถนะที่พึงประสงค์ สื่อการสอนที่ใช้ เครื่องมือประจำตัว หนังสือที่ใช้ประกอบการสอน กำหนดเกณฑ์การประเมินและข้อตกลงร่วมกันภายใต้ขอบเขตของหลักสูตร

2. ทำการแบ่งนักเรียนออกเป็น 9 กลุ่ม คือ

1. กัลวานอมิเตอร์
2. เครื่องวัดแบบแกนแม่เหล็ก
3. เครื่องวัดแบบเทสต์แบนด์
4. โครงสร้างของเครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่
5. แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
6. โวลท์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
7. โอห์มมิเตอร์
8. มัลติมิเตอร์
9. สัญลักษณ์ที่ใช้กับเครื่องมือวัดไฟฟ้า

3. ให้นักเรียนศึกษา เอกสารในบทที่ 1 ครูคอยแนะนำ

4. ให้นักเรียนนำเสนอหน้าชั้นเรียน ครู คอยสรุปเนื้อหาแต่ละกลุ่ม โดยวิธีการบรรยาย (Lecture) ประกอบการสาธิต (Demonstration) เรื่องหลักการทำงานของเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสตรง
5. ครูมอบหมายให้นักเรียนปฏิบัติตามใบงานที่ 1- 5 ครูคอยแนะนำ เป็นที่ปรึกษา แก้ปัญหา และตรวจสอบความผิดพลาด
6. มอบหมายให้นักเรียน ทำแบบฝึกหัดบทที่ 1
7. ให้นักเรียนสรุปผลการทดลองและนำเสนอการสรุปผลการทดลองที่ได้รับในใบงานที่ 1- 5
8. มอบหมายให้ไปศึกษาเนื้อหาในบทที่ 2 มาล่วงหน้าก่อนเรียนในบทถัดไป
9. ครูดูแลการเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง การทำความสะอาด ห้องปฏิบัติการทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้า

10. บันทึกปัญหาที่เกิดขึ้นในการสอน ลงในบันทึกหลังการสอน เพื่อนำข้อมูลไปแก้ไขต่อไป

กิจกรรมนักเรียน

1. แนะนำตัวเอง แสดงความคิดเห็นในข้อตกลงและเกณฑ์การประเมิน ชักถามปัญหาและข้อสงสัย
2. แบ่งกลุ่มออกเป็น 9 กลุ่ม
3. ศึกษาเอกสารในบทที่ 1 นักเรียนทำการอภิปรายกลุ่มย่อย (Small Group Discussion)
4. รายงานผลการอภิปรายหน้าชั้นเรียน
5. ปฏิบัติการทดลองตามใบงานที่ 1
6. ทำแบบฝึกหัด บทที่ 1
7. นำเสนอผลการทดลองและสรุปผลในแต่ละกลุ่ม
8. จัดบันทึกการมอบหมายงาน
9. เก็บเครื่องมือ อุปกรณ์การทดลอง และทำความสะอาดห้องปฏิบัติการทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้า

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. ห้องสมุดของทางวิทยาลัย
2. สิทธิพงศ์ อินทรายุทธ.เครื่องมือวัดไฟฟ้า.กรุงเทพมหานคร:ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ,2567.
3. ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตในเรื่องเครื่องมือวัดไฟฟ้า

8. หลักฐานการเรียนรู้

8.1 หลักฐานความรู้

1. ใบความรู้ หน่วยที่ 1 เรื่อง งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสตรง
2. สื่อ Power Point ประกอบการสอน เรื่อง งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสตรง

8.2 หลักฐานการปฏิบัติงาน

1. แบบฝึกหัด
2. แบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยที่ 1 เรื่อง งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสตรง
3. ใบมอบงานที่ 1 เรื่อง งานหาความต้านทานภายในของมัลติมิเตอร์โดยวิธีการวัดและการหาความไวของมิเตอร์โดยวิธีการคำนวณ
4. แบบทดสอบหลังเรียน ชุดการสอนที่ 1 เรื่อง งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสตรง
5. แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้รายบุคคล
6. แบบประเมินการนำเสนอผลงานรายบุคคล

7. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

9. การวัดและประเมินผล

9.1 เกณฑ์การปฏิบัติงาน

1. แบบฝึกทักษะ
2. ปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้
3. พฤติกรรมการเรียน การทำงานกลุ่ม
4. งานที่มอบหมาย/ใบงาน

9.2 วิธีการประเมิน

1. สังเกตการปฏิบัติงาน
2. พฤติกรรมการเรียน

9.3 เครื่องมือประเมิน

1. ใบความรู้
2. ใบกิจกรรม
3. แบบสังเกตพฤติกรรม

10 บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้

ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องงานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสดตรง สรุปได้ดังนี้

1. เวลาที่ใช้สอน.....
2. เนื้อหา.....
3. สื่อการสอน.....

ผลการเรียนของนักเรียน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการสอนของครู

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อผู้บันทึก.....

(นายรัชตะ ใจตรง)

	ใบความรู้หน่วยที่ 1	หน่วยที่ 1
	รหัสวิชา 30104-2001 ชื่อวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 1-3
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสดตรง	ทฤษฎี.....6.....ชม. ปฏิบัติ.....9.....ชม.
ชื่อเรื่อง/งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสดตรง		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

แสดงความรู้เกี่ยวกับเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสดตรง

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ - สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน-.....

2) วิธีประเมิน-.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ.....

3. สมรรถนะประจำหน่วย

3.1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานของเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสดตรงได้

3.2. แสดงทักษะการใช้งาน การขยายย่านการวัดเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสดตรงได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกหลักการทำงานของกัลวานอมิเตอร์ได้

2. บอกหลักการทำงานของเครื่องวัดแบบแกนเหล็กได้

3. บอกหลักการทำงานของเครื่องวัดแบบเทตต์แบนด์ได้

4. อธิบายโครงสร้างของเครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่ได้

5. อธิบายหลักการทำงานของแอมมิเตอร์กระแสดตรงได้

6. อธิบายหลักการทำงานของโวลท์มิเตอร์กระแสดตรงได้

7. อธิบายหลักการทำงานของโอห์มมิเตอร์ได้

8. บอกวิธีการใช้งานมัลติมิเตอร์ได้

9. บอกสัญลักษณ์ที่ใช้กับเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้

10. ทำการขยายย่านการวัดและคาลิเบรทสเกลของแอมมิเตอร์กระแสดตรงได้

11. ทำการขยายย่านการวัดและคาลิเบรทสเกลของโวลท์มิเตอร์กระแสดตรงได้

12. ปฏิบัติงานด้วยความตั้งใจ

13. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ

14. ให้ความร่วมมือในการปฏิบัติงาน

15. ยอมรับฟังความคิดเห็นของคนอื่น

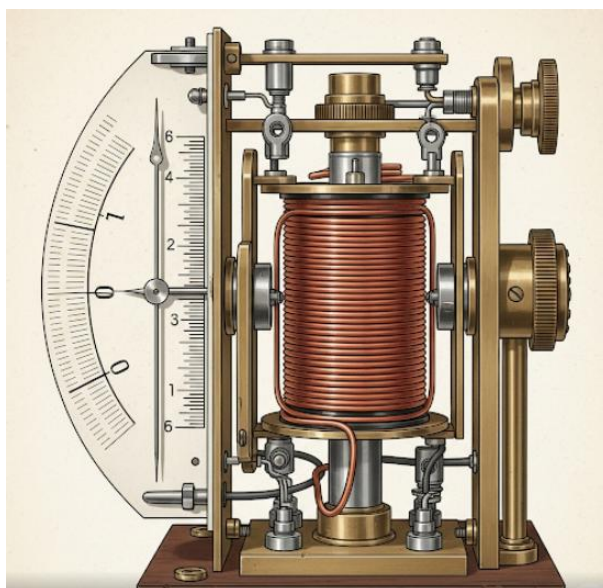
5. เนื้อหาสาระ

1. กัลวานอมิเตอร์ เป็นเครื่องมือวัดที่ใช้สำหรับวัดปริมาณกระแสไฟฟ้า ที่มีจำนวนน้อยๆ โดยมีสเกล ศูนย์อยู่ที่จุดกึ่งกลางของสเกล การบ่ายเบนของเข็มชี้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณกระแสไฟฟ้า ที่จ่ายเข้ามายังขดลวดที่วางอยู่ภายใต้สนามแม่เหล็กถาวร

กัลวานอมิเตอร์ (Galvanometer) เป็นเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าพื้นฐานที่สามารถวัดได้ทั้งค่าของกระแสและความต่างศักย์ ที่ประกอบด้วยขดลวดขนาดเล็กวางอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็กถาวร เนื่องจากกัลวานอมิเตอร์สามารถวัดค่ากระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ได้ในปริมาณน้อยเท่านั้น ถ้าผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในกัลวานอมิเตอร์มากกว่าค่าสูงสุดที่มันจะรับได้จะทำให้กัลวานอมิเตอร์เสียหายได้ ดังนั้นในการใช้งานจึงจำเป็นต้องมีการดัดแปลงเพื่อให้กัลวานอมิเตอร์สามารถวัดค่ากระแสและความต่างศักย์ที่มีค่าเกินกว่าที่เครื่องจะรับได้ โดยที่ค่ากระแสที่มากที่สุดที่กัลวานอมิเตอร์จะวัดได้ เรียกว่า IG และค่าความต้านทานภายในกัลวานอมิเตอร์ เรียกว่า G



2. กัลวานอมิเตอร์แบบซีสเพนชั่น มีหลักการทำงานคือจะแขวนขดลวดเคลื่อนที่ไว้ด้วยแผ่นโลหะแบนบาง (ribbon) โดยอยู่ระหว่างช่องว่างของสนามแม่เหล็กถาวร เมื่อมีกระแสไฟฟ้าป้อนเข้ามาขดลวดจะเกิดการผลักกับสนามแม่เหล็กถาวร และจะทำให้แผ่น ribbon ซึ่งติดอยู่กับขดลวดเกิดการเบี่ยงเบนตามไปด้วย โดยมีกระแสจากเงาติดไว้ที่แผ่น ribbon และมีสเกลกำกับไว้



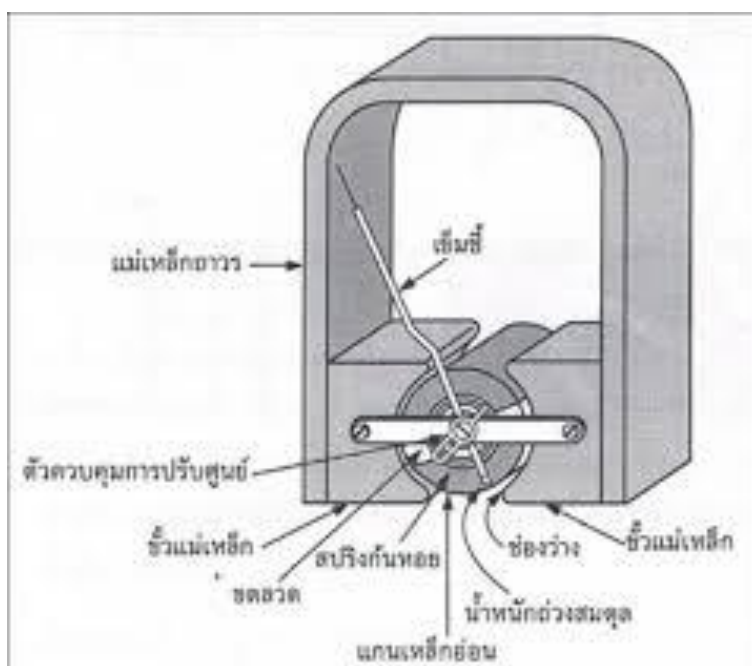
3. เครื่องวัดแบบแกนแม่เหล็ก ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้วัสดุที่ให้ความเข้มของสนามแม่เหล็กสูง โครงสร้างภายในประกอบด้วยแกนแม่เหล็ก อยู่ตรงกลาง ล้อมรอบไว้ด้วยขดลวดเคลื่อนที่และโยคเป็นวงแหวน

ทรงกระบอกล้อมรอบอีกชั้นหนึ่ง เพื่อป้องกันไม่ให้สนามแม่เหล็กจากภายนอกมารบกวน และสนามแม่เหล็กจากภายในรั่วไหลออกไปภายนอก

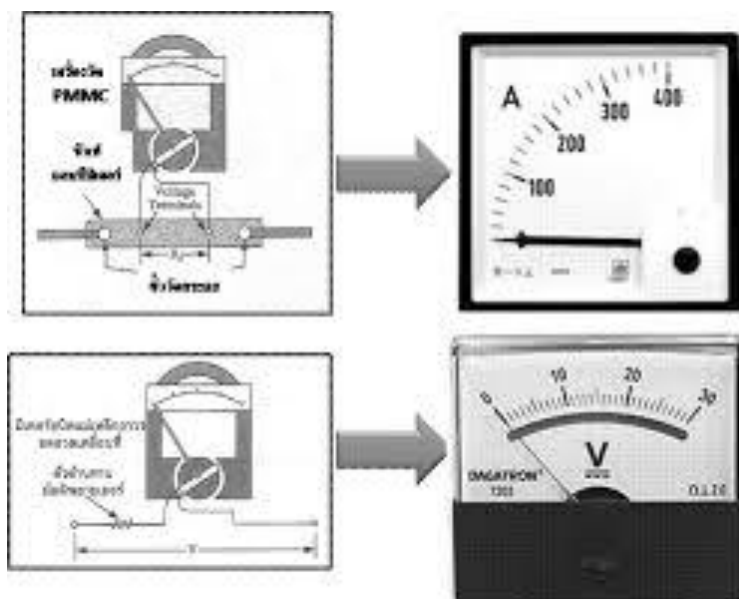


รูปที่ 3.10 โครงสร้างเครื่องวัดแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่ชนิดหลัก

4. เครื่องวัดแบบเทตแบนด์ ถูกพัฒนาขึ้นมาจากเครื่องวัดแบบดาร์สันวาล ขดลวดเคลื่อนที่จะถูกยึดไว้ในสนามแม่เหล็ก โดยใช้แถบตั้งหรือแถบโลหะแบน จึงไม่มีสปริงกันหอย ไม่มีเดือย และฐานรองเดือย ดังนั้นจึงไม่มีการเสียดทานระหว่างเดือยและฐานรองเดือย โดยสามารถรับแรงกระแทกหรือการสั่นสะเทือนได้โดยไม่เสียหาย

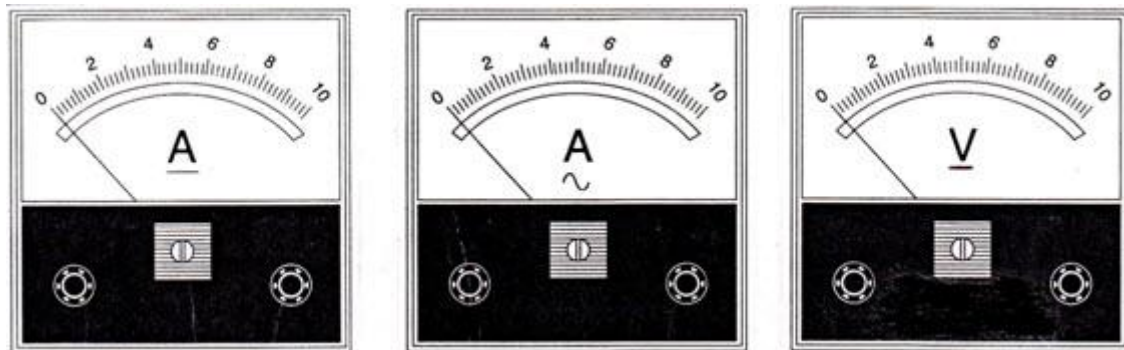


5. เครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่ มีหลักการทำงาน คือ อาศัยแรงบิดหลักที่เกิดขึ้นระหว่างสนามแม่เหล็ก จากขดลวดเคลื่อนที่ กับผลจากสนามแม่เหล็กถาวร และทำให้เข็มชี้บ่ายเบนไปได้

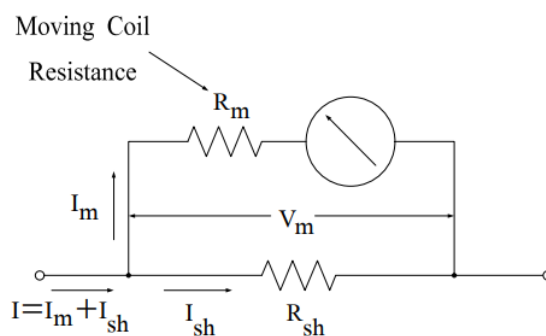


6. แรงบิดที่เกิดขึ้น ประกอบด้วย แรงทางกล 3 อย่าง คือ แรงบายเบน หรือแรงบิดขับ แรงบิดควบคุม และแรงบิดหน่วงหรือแดมปีง

7. แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นเครื่องมือที่ดัดแปลงมาจากหลักการพื้นฐานของเครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่ เมื่อมีกระแสไหลผ่านมิเตอร์ จะทำให้เข็มชี้เคลื่อนที่ไปบนสเกล สำหรับกระแสที่ทำให้เข็มชี้เคลื่อนที่ไปเต็มสเกลจะมีค่าเท่ากับแรงดันที่ทำให้เข็มชี้เคลื่อนที่เต็มสเกลต่อความต้านทานภายในของขดลวดมิเตอร์



8. การขยายย่านวัดให้สามารถวัดกระแสได้มากขึ้น ทำได้โดยการต่อความต้านทานชั้นที่ ขนานกับขดลวดเคลื่อนที่ของมิเตอร์



9. การขยายย่านวัดแบบ individual ammeter มีข้อเสียคือ ขณะเปลี่ยนย่านการวัดนั้น ความต้านทานชั้นที่ จะไม่ต่ออยู่ในวงจร กระแสไฟฟ้า ทั้งหมดจะไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ ทำให้ขดลวดเคลื่อนที่เสียหายได้

การขยายย่านวัดแอมมิเตอร์แบบ Individual (หรือ Single Shunt) คือการนำตัวต้านทานที่เรียกว่า **ชัณฑ์ (Shunt Resistor:)** มาต่อขนานกับขดลวดของมิเตอร์ เพื่อแบ่งกระแสส่วนเกินไม่ให้ไหลผ่านขดลวดเกินพิกัด ทำให้สามารถวัดกระแสไฟฟ้าที่มีค่าสูงขึ้นได้

หลักการทำงาน

1. **วงจรขนาน:** กระแสไฟฟ้าจะถูกแบ่งเป็น 2 ทาง คือ กระแสที่ไหลผ่านขดลวดมิเตอร์ และกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานชัณฑ์
2. **แรงดันตกคร่อม:** เนื่องจากการต่อขนาน แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมขดลวดมิเตอร์และตัวต้านทานชัณฑ์จะมีค่าเท่ากัน
3. **การอ่านค่า:** ย่านวัดใหม่จะขยายขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของตัวต้านทานชัณฑ์ที่นำมาต่อ ยังต้องการวัดกระแสมาก ค่าความต้านทานชัณฑ์ยิ่งต้องน้อยลง

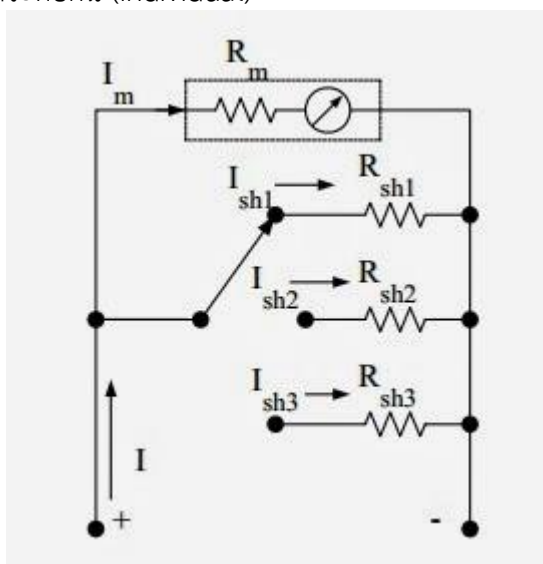
สมการคำนวณพื้นฐาน

ในการคำนวณหาความต้านทานชัณฑ์ สำหรับย่านวัดใหม่ สามารถใช้สมการทางวงจรไฟฟ้าดังนี้

1. หาสมการกระแสไฟฟ้าที่แบ่งไหลผ่านชัณฑ์:
2. ค่าความต้านทานของชัณฑ์

ข้อดี-ข้อเสีย

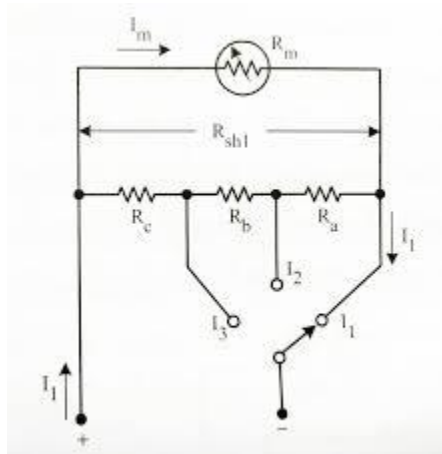
- **ข้อดี:** วงจรมีความเรียบง่ายและอุปกรณ์น้อย
- **ข้อเสีย:** ไม่สามารถเปลี่ยนย่านวัดได้ในขณะใช้งานอย่างต่อเนื่อง ต้องถอดเปลี่ยนสวิตช์หรือต่อขนานใหม่ทีละย่านอย่างเป็นอิสระต่อกัน (Individual)



10. การขยายย่านการวัดแบบ Ayrton shunt มีข้อเสียคือ ถ้ามีตัวต้านทานตัวใดตัวหนึ่งในวงจรชำรุดเสียหาย หรือเปิดวงจรออก จะส่งผลต่อการวัดในทุกย่านวัด Ayrton Shunt (หรือ Universal Shunt) คือวงจรความต้านทานที่ต่อขนานกับแอมมิเตอร์ เพื่อขยายย่านการวัดกระแสไฟฟ้าได้หลายย่านความถี่ (Multi-range Ammeter) โดยมีจุดเด่นคือป้องกันความเสียหายของมิเตอร์ขณะเปลี่ยนย่านการวัด

หลักการทำงานโครงสร้าง

- **ต่ออนุกรมกันเอง:** ตัวต้านทานปรับปรุงย่านการวัด (R_1, R_2, R_3) จะต่ออนุกรมกันทั้งหมด
- **ต่อขนานกับมิเตอร์:** ชุดตัวต้านทานที่ต่ออนุกรมกันนี้ จะไปต่อขนาน (Shunt) กับขดลวดเคลื่อนที่ของมิเตอร์ (R_m)
- **สวิตช์เลือกย่าน:** เมื่อเปลี่ยนสวิตช์เลือกย่าน กระแสไฟฟ้าจะถูกแบ่งไหลผ่านตัวต้านทานและมิเตอร์ในสัดส่วนที่เปลี่ยนไป



11. โวลต์มิเตอร์กระแสตรง เมื่อต้องการขยายย่านวัดแรงดันให้สูงขึ้น ต้องนำตัวต้านทานมาต่ออนุกรมกับมิเตอร์มูฟเมนต์ โดยเรียกตัวต้านทานนี้ว่า ตัวต้านทานมัลติพลายเออร์

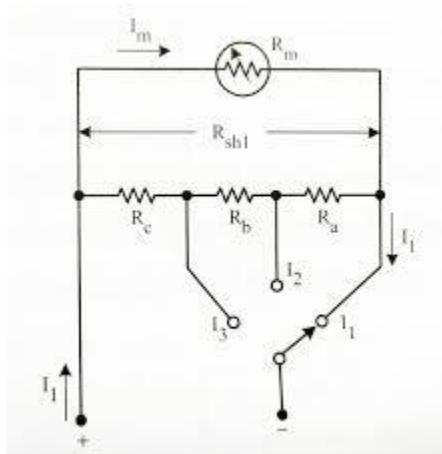
DC โวลต์มิเตอร์ (DC Voltmeter) คือ เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าที่ใช้วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Voltage) เช่น แบตเตอรี่รถยนต์ แผงโซลาร์เซลล์ หรือถ่านไฟฉาย โดยต้องต่อวงจรแบบขนานและระมัดระวังการเสียบขั้วบวก/ลบให้ถูกต้อง

วิธีการใช้งานพื้นฐาน (กรณีใช้มัลติมิเตอร์)

1. **ปรับย่านวัด:** หมุนหน้าปัดมิเตอร์ไปที่ย่านวัดไฟตรง (มักมีสัญลักษณ์ (V) หรือ (overline V) โดยตั้งค่าให้สูงกว่าแรงดันไฟที่คาดว่าจะวัด
2. **เสียบสายวัด:** เสียบสายสีแดงเข้าที่ช่อง (V Omega mA) และสายสีดำเข้าที่ช่อง (COM)
3. **การต่อสายเข้ากับจุดวัด:** ต่อสายสีแดงเข้ากับขั้วบวก (+) และสายสีดำเข้ากับขั้วลบ (-) ของแหล่งจ่าย



12. การขยายย่านวัดของโวลท์มิเตอร์กระแสตรง แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ แบบindividual type และ แบบ universal type



13. โครงสร้างของโวลท์มิเตอร์ มีองค์ประกอบ 4 ส่วนคือ มิเตอร์มูฟเมนต์ ความต้านทานคงที่ ความต้านทานปรับค่าได้ และแบตเตอรี่

6. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบ หน่วยที่ 1

ตอนที่ 1 จงพิจารณาเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว

จงเขียนเครื่องหมาย X คำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. Indicating Instrument มีความหมายตรงกับข้อใด
 - ก. เครื่องวัดแบบตัวเลข
 - ข. เครื่องวัดแบบชี้ค่า
 - ค. เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า
 - ง. เครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่
2. ข้อใดคือลักษณะของกลลวานอมิเตอร์
 - ก. ใช้วัดค่ากระแสต่ำ ๆ
 - ข. ใช้วัดค่ากระแสสูงๆ
 - ค. สเกลสูงสุดอยู่ทางซ้าย
 - ง. ใช้วัดความต้านทานค่าต่ำ ๆ
3. ที่เรียกว่า มูฟวิงคอยล์ คือส่วนใด
 - ก. ส่วนที่อยู่กับที่
 - ข. ขั้วแม่เหล็ก
 - ค. ส่วนที่เคลื่อนที่
 - ง. ส่วนที่ทำให้เกิดแรงบิด
4. ข้อใดคือลักษณะของ Ribbon ในซิสเพนชั้นกลลวานอมิเตอร์
 - ก. แผ่นโลหะแบนบาง
 - ข. แผ่นโลหะกลมบาง
 - ค. กรอบอะลูมิเนียมบาง
 - ง. เป็นโลหะบางขดไว้อรอบๆ ขดลวดเคลื่อนที่

5. ข้อใดคือข้อดีของเครื่องวัดแบบ Taut - Band Suspension
 - ก. รองรับการสั่นสะเทือนได้ดี
 - ข. ใช้สปริงกันหอย
 - ค. ป้องกันสนามแม่เหล็กรั่วไหล
 - ง. ความเข้มของสนามแม่เหล็กน้อย
6. เครื่องวัดแบบใดสร้างขึ้นมาเพื่อป้องกันสนามแม่เหล็กจากภายนอก
 - ก. เครื่องวัดแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่
 - ข. เครื่องวัดแบบแกนแม่เหล็ก
 - ค. เครื่องวัดแบบเทอต์แบนด์
 - ง. เครื่องวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์
7. แรงชนิดใดที่เกิดขึ้นในเครื่องวัดและทำให้เข็มชี้หยุดนิ่ง
 - ก. แรงบายเบน
 - ข. แรงหน่วง
 - ค. แรงควบคุม
 - ง. แดมป์
8. ข้อใดคือลักษณะของ Over damping
 - ก. เข็มหยุดนิ่งทันที
 - ข. เข็มสั่นนานมากแล้วหยุดนิ่ง
 - ค. เข็มจะสั่นเล็กน้อยแล้วหยุดนิ่ง
 - ง. ผิดทุกข้อ
9. ในทางปฏิบัติจะทำแถมปิ้งตามข้อใด
 - ก. ปรับสปริงกันหอยให้ตึงกว่าเดิม
 - ข. คาไลเบรทสเกลให้กว้างขึ้นตามพิกัดกระแสไฟฟ้ายกกำลังสอง
 - ค. พ้นขดลวดรอบกรอบอะลูมิเนียม
 - ง. พ้นขดลวดจำนวนรอบมากขึ้น
10. ข้อใดคือความต้านทานที่นำมาต่อขยายย่านวัดในแอมมิเตอร์
 - ก. multiplier
 - ข. series resistor
 - ค. shunt resistor
 - ง. meter movement

ตอนที่ 2 แบบฝึกหัด

คำชี้แจง จงตอบคำถามลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

1. จงบอกส่วนประกอบของเครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่

ตอบ.....

2. แรงทางกลที่เกิดขึ้นในเครื่องวัดแบ่งออกเป็นกี่อย่าง อะไรบ้าง

ตอบ.....

3. แรงหน่วง (damping force) มีกี่อย่าง อะไรบ้าง

ตอบ.....

4. จงอธิบายวิธีในการขยายย่านวัดแอมมิเตอร์และโวลต์มิเตอร์

ตอบ.....

5. ส่วนประกอบเบื้องต้นของโอห์มมิเตอร์คืออะไรบ้าง

ตอบ.....

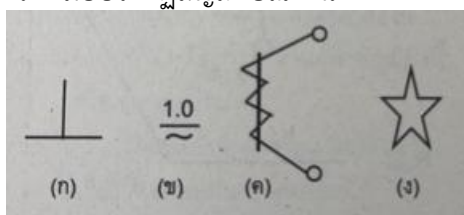
6. จงอธิบายการปรับซีโรโอห์ม

ตอบ.....

7. จงบอกประโยชน์ของมัลติมิเตอร์

ตอบ.....

8. จงอธิบายคุณลักษณะของเครื่องวัด เมื่อปรากฏสัญลักษณ์ดังนี้



ตอบ.....

7. เอกสารอ้างอิง

1. สิทธิพงศ์ อินทรายุทธ.เครื่องมือวัดไฟฟ้า.กรุงเทพมหานคร:ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ, 2567.
2. ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตในเรื่องเครื่องมือวัดไฟฟ้า

8. ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัดและเฉลยแบบทดสอบ)

แบบแบบทดสอบ หน่วยที่ 1

ตอนที่ 1 จงพิจารณาเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว

จงเขียนเครื่องหมาย X คำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. Indicating Instrument มีความหมายตรงกับข้อใด

- ก. เครื่องวัดแบบตัวเลข
- ข. เครื่องวัดแบบชี้ค่า
- ค. เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า
- ง. เครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่

2. ข้อใดคือลักษณะของกัลวานอมิเตอร์
 - ก. ใช้วัดค่ากระแสต่ำ ๆ
 - ข. ใช้วัดค่ากระแสสูงๆ
 - ค. สเกลสูงสุดอยู่ทางซ้าย
 - ง. ใช้วัดความต้านทานค่าต่ำ ๆ
3. ที่เรียกว่า มูฟริงคอยล์ คือส่วนใด
 - ก. ส่วนที่อยู่กับที่
 - ข. ขั้วแม่เหล็ก
 - ค. ส่วนที่เคลื่อนที่
 - ง. ส่วนที่ทำให้เกิดแรงบิด
4. ข้อใดคือลักษณะของ Ribbon ในซิสเพนชันกัลวานอมิเตอร์
 - ก. แผ่นโลหะแบนบาง
 - ข. แผ่นโลหะกลมบาง
 - ค. กรอบอะลูมิเนียมบาง
 - ง. เป็นโลหะบางขดไว้รอบๆ ขดลวดเคลื่อนที่
5. ข้อใดคือข้อดีของเครื่องวัดแบบ Taut - Band Suspension
 - ก. รองรับการสั่นสะเทือนได้ดี
 - ข. ใช้สปริงกันหอย
 - ค. ป้องกันสนามแม่เหล็กรั่วไหล
 - ง. ความเข้มของสนามแม่เหล็กน้อย
6. เครื่องวัดแบบใดสร้างขึ้นมาเพื่อป้องกันสนามแม่เหล็กจากภายนอก
 - ก. เครื่องวัดแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่
 - ข. เครื่องวัดแบบแกนแม่เหล็ก
 - ค. เครื่องวัดแบบเทตแบนด์
 - ง. เครื่องวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์
7. แรงชนิดใดที่เกิดขึ้นในเครื่องวัดและทำให้เข็มชี้หยุดนิ่ง
 - ก. แรงบายเบน
 - ข. แรงหน่วง
 - ค. แรงควบคุม
 - ง. แดมป์
8. ข้อใดคือลักษณะของ Over damping
 - ก. เข็มหยุดนิ่งทันที
 - ข. เข็มสั่นนานมากแล้วหยุดนิ่ง
 - ค. เข็มจะสั่นเล็กน้อยแล้วหยุดนิ่ง
 - ง. ผิดทุกข้อ
9. ในทางปฏิบัติจะทำแดมป์ตามข้อใด
 - ก. ปรับสปริงกันหอยให้ตึงกว่าเดิม
 - ข. คาลิเบรทสเกลให้กว้างขึ้นตามพิกัดกระแสไฟฟ้ายกกำลังสอง

ค. พันขลวดครอบรอบอะลูมิเนียม

ง. พันขลวดจำนวนรอบมากขึ้น

10. ข้อใดคือความต้านทานที่นำมาต่อขยายย่านวัดในแอมมิเตอร์

ก. multiplier

ข. series resistor

ค. shunt resistor

ง. meter movement

ตอนที่ 2 แบบฝึกหัด

คำชี้แจง จงตอบคำถามลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

1. จงบอกส่วนประกอบของเครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่

ตอบ

1.1 แม่เหล็กถาวรรูปเกือกม้า 1.2 เข็มชี้ 1.3 สปริงควบคุม 1.4 ขดลวด 1.5 ขั้วแม่เหล็ก 1.6 น้ำหนักถ่วง 1.7 ชุดควบคุมการปรับตำแหน่งศูนย์

2. แรงทางกลที่เกิดขึ้นในเครื่องวัดแบ่งออกเป็นกี่อย่าง อะไรบ้าง

ตอบ

แรงบิดจ่ายเบน หรือแรงบิดขับ (deflecting force) แรงบิดควบคุม (controlling force) แรงหน่วงหรือแดมปีง (damping force)

3. แรงหน่วง (damping force) มีกี่อย่าง อะไรบ้าง

ตอบ

หน่วงมากเกินไป (Over damping) หน่วงน้อยเกินไป (Under damping) หน่วงพอดี (Critical damping)

4. จงอธิบายวิธีการขยายย่านวัดแอมมิเตอร์และโวลต์มิเตอร์

ตอบ

การขยายย่านวัดแอมมิเตอร์ จะใช้วิธีการนำตัวต้านทานชั้นที่มากต่อขนานกับมิเตอร์มูฟเมนต์ สำหรับโวลต์มิเตอร์จะใช้วิธีการนำตัวต้านทานมัลติพลายเออร์มาต่ออนุกรมกับมิเตอร์มูฟเมนต์

5. ส่วนประกอบเบื้องต้นของโอห์มมิเตอร์คืออะไรบ้าง

ตอบ

ส่วนประกอบเบื้องต้นของโอห์มมิเตอร์อย่างน้อยต้องมี 3 ส่วน มิเตอร์มูฟเมนต์ ตัวต้านทาน แบตเตอรี่

6. จงอธิบายการปรับซีโรโอห์ม

ตอบ

ก่อนจะใช้งานโอห์มมิเตอร์ต้องปรับซีโรโอห์มทุกครั้งดังนี้ 1. นำสายวัดมาแตะกัน 2. ปรับตัวต้านทานหรือปุ่มปรับตำแหน่งศูนย์ (Zero Adjust) ให้เข็มชี้ที่ศูนย์โอห์ม

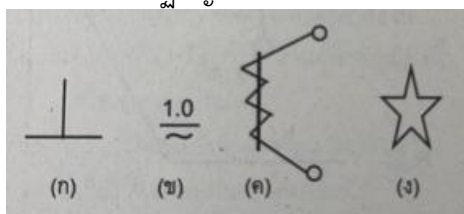
7. จงบอกประโยชน์ของมัลติมิเตอร์

ตอบ

มัลติมิเตอร์คือเครื่องวัดเอนกประสงค์ โดยสามารถวัดปริมาณทางไฟฟ้าได้ อย่างน้อย 3 อย่าง

คือ แรงดัน กระแส และความต้านทาน นอกจากนี้อาจจะออกแบบให้วัดอย่างอื่นได้อีก ได้แก่ L, C ค่าความถี่ (ก) เป็นต้น

8. จงอธิบายคุณลักษณะของเครื่องวัด เมื่อปรากฏสัญลักษณ์ดังนี้



ตอบ

จากสัญลักษณ์สรุปได้ดังนี้ เป็นเครื่องวัดแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่ วางตั้งฉากขณะใช้งาน ใช้วัดได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ คลาส 1.0 ผ่านการทดสอบที่แรงดัน 500 โวลท์

	ใบงานหน่วยที่ 1	หน่วยที่ 1
	รหัสวิชา 30104-2001 ชื่อวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 1-3
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสดตรง	ทฤษฎี...6...ชม. ปฏิบัติ...9...ชม.
ชื่อเรื่อง/งานหาความต้านทานภายในของมูฟเมนต์มิเตอร์โดยวิธีการวัดและการหาความไวของมิเตอร์โดยวิธีการคำนวณ		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

แสดงความรู้เกี่ยวกับเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสดตรง

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ - สมรรถนะย่อย.....

- 1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน-.....
- 2) วิธีประเมิน-.....
- 3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)
- 4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ.....

3. สมรรถนะประจำหน่วย

- 3.1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานของเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสดตรงได้
- 3.2. แสดงทักษะการใช้งาน การขยายย่านการวัดเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสดตรงได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายหลักการของมิเตอร์พื้นฐานได้
2. อธิบายวิธีการหาความต้านทานภายในของมูฟเมนต์มิเตอร์ได้
3. อธิบายวิธีการหาความไวของมิเตอร์ได้

5. เครื่องมือและอุปกรณ์

1. มัลติมิเตอร์ 1 เครื่อง
2. มิลลิแอมป์ 0 - 1 มิลลิแอมป์
3. แหล่งจ่ายแบตเตอรี่ 1.5 โวลต์ 1 ก้อน พร้อมกล่อง
4. แผงต่อวงจรพร้อมสาย
5. ตัวต้านทานปรับค่าได้ขนาด 1 วัตต์ ดังนี้

$R1=10,000$ โอห์ม

$R2=500$ โอห์ม

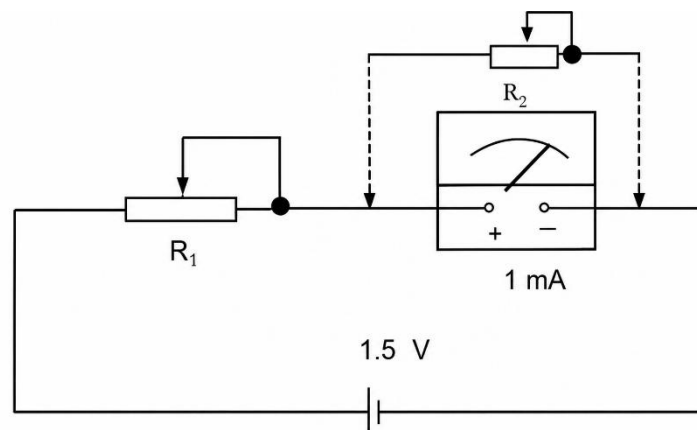
6. คำแนะนำ/ข้อควรระวัง

แอมมิเตอร์ที่ใช้วัดไฟฟ้ากระแสดตรงเป็นเครื่องมือวัดที่ดัดแปลงมาจากหลักการของมิเตอร์พื้นฐานชนิดขดลวดเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กถาวร (PMMC) เมื่อมีกระแสไหลผ่านจะทำให้เข็มชี้เคลื่อนที่ไปบนสเกล ซึ่งกระแสที่ทำให้เข็มชี้เคลื่อนที่ไปเต็มสเกลจะมีค่าเท่ากับแรงดันที่ทำให้เข็มชี้เคลื่อนที่เต็มสเกลต่อความต้านทานภายในของขดลวดมิเตอร์ ค่ากระแสนี้เรียกว่า

Full scale deflection current (IFs) ค่ากระแสนี้มีความสำคัญต่อการหาความไว(sensitivity) ของมิเตอร์ เนื่องจาก

ถ้าหากมิเตอร์ต้องการกระแสน้อยสำหรับการทำให้เข็มชี้เคลื่อนที่ไปจนเต็มสเกลแสดงว่ามิเตอร์เครื่องนี้มีค่าความไวมาก เช่น ใช้กระแสเพียง 1 mA จะมีความไวเท่ากับ $1,000 \text{ S2 / V}$ ตามปกติแล้วมิเตอร์ทุกตัวจะมีความต้านทานภายใน ซึ่งจะส่งผลให้การวัดกระแสไม่ตรงตามค่าที่คาดไว้ตามหลักเกณฑ์ทางทฤษฎีจึงทำให้เกิดค่าความผิดพลาดและผลการวัดจะถูกต้องมากเมื่อความต้านทานภายในของแอมมิเตอร์มีค่าน้อยๆ เมื่อเทียบกับความต้านทานของโหลดที่วัดในวงจร

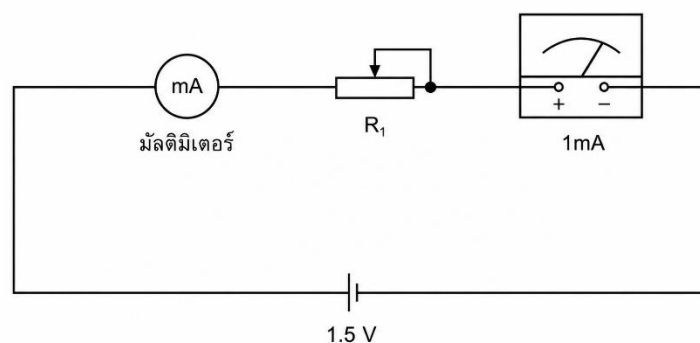
7. ขั้นตอนการปฏิบัติงานคำสั่งสำหรับการทำกิจกรรมตามใบงานที่ 1



รูปที่ 1.1 วงจรการทดลองหาความต้านทานภายใน

1. ประกอบวงจรตามรูป (ยังไม่ใส่แบตเตอรี่)
2. ปรับ R1 ให้มีค่าความต้านทานสูงสุดแล้วใส่แบตเตอรี่ลงในกล่อง จากนั้นปรับ R1 ให้เข็มชี้เต็มสเกล
3. ต่อ R2 ตามเส้นประแล้วปรับ R2 ให้เข็มชี้ที่กึ่งกลางสเกล
4. ถอดแบตเตอรี่ออกแล้วปลด R2 ออกจากวงจรโดยระวังไม่ให้ R2 เคลื่อนจากค่าที่ปรับไว้
5. วัดและบันทึกค่าความต้านทาน R2 ด้วยมัลติมิเตอร์ซึ่งค่าที่วัดได้นี้คือค่าความต้านทานภายในในมัลติมิเตอร์

นั่นคือ $R_2 = R_m = \dots\dots\dots$ โอห์ม



รูปที่ 1.2 วงจรการทดลองหากระแสเต็มสเกล

6. ประกอบวงจรดังรูปที่ 1.2 โดยใช้มัลติมิเตอร์ต่ออนุกรมเพื่อวัดกระแส
7. ปรับ R1 ให้มีความต้านทานสูงสุดไว้ก่อน จากนั้นค่อยๆ ปรับ R1 ให้เข็มของมิเตอร์ชี้เต็มสเกล (1 mA) ค่ากระแสดังกล่าวนี้คือค่า Current sensitivity ของมัลติมิเตอร์

ความไว = $1/I_s \dots\dots\dots$ โอห์ม/v

สรุปผลการปฏิบัติงาน

8.สรุปและวิจารณ์ผล

นักเรียนต้องได้ผลการประเมินไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60 และหากไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินจะต้อง ปฏิบัติงานใหม่

9.การประเมินผล

ใบประเมินผลงานหน่วยที่ 1

(Evaluation Sheet)

ชื่องาน งานหาความต้านทานภายในของมูฟเมนต์ วันที่เริ่มงาน มิเตอร์โดยวิธีการวัดและการหาความไวของมิเตอร์ โดยวิธีการคำนวณ					
ผู้ปฏิบัติ		ผู้ประเมิน นายรชตะ ใจตรง			
จุดประเมิน	ผลการประเมิน				หมายเหตุ
	ดีมาก (10)	ดี (7)	พอใช้ (5)	แก้ไข (3)	
ขณะปฏิบัติงาน					
1. งานเตรียมความพร้อมปฏิบัติงาน					
2. งานจดบันทึกข้อมูล					
3. งานเก็บอุปกรณ์หลังจากปฏิบัติงาน					
4. ปฏิบัติงานตามขั้นตอน					
รวม					
คะแนน 20%	$\frac{\dots\dots\dots \times 20}{\dots\dots\dots}$				
คุณภาพของผลงาน					
ผลงาน (1) (งานหาความต้านทานภายในของมูฟเมนต์มิเตอร์โดยวิธีการวัดและการหาความไวของมิเตอร์โดยวิธีการคำนวณ)	ผลการประเมิน				
	ดีมาก (10)	ดี (7)	พอใช้ (5)	แก้ไข (3)	
1. ความสำเร็จของงาน					
รวม					
ผลรวมทั้งหมด					

	ใบมอบหมายงานหน่วยที่ 1	หน่วยที่ 1
	รหัสวิชา 30104-2001 ชื่อวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 1-3
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสดตรง	ทฤษฎี.....6.....ชม. ปฏิบัติ.....9.....ชม.
ชื่อเรื่อง/งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสดตรง		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

แสดงความรู้เกี่ยวกับเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสดตรง

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ - สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน-.....

2) วิธีประเมิน-.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ.....

3. สมรรถนะประจำหน่วย

3.1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานของเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสดตรงได้

3.2. แสดงทักษะการใช้งาน การขยายย่านการวัดเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสดตรงได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกหลักการทำงานของกัลวานอมิเตอร์ได้

2. บอกหลักการทำงานของเครื่องวัดแบบแกนเหล็กได้

3. บอกหลักการทำงานของเครื่องวัดแบบเทตต์แบนด์ได้

4. อธิบายโครงสร้างของเครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่ได้

5. อธิบายหลักการทำงานของแอมมิเตอร์กระแสดตรงได้

6. อธิบายหลักการทำงานของโวลท์มิเตอร์กระแสดตรงได้

7. อธิบายหลักการทำงานของโอห์มมิเตอร์ได้

8. บอกวิธีการใช้งานมัลติมิเตอร์ได้

9. บอกสัญลักษณ์ที่ใช้กับเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้

10. ทำการขยายย่านการวัดและคาลิเบรทสเกลของแอมมิเตอร์กระแสดตรงได้

11. ทำการขยายย่านการวัดและคาลิเบรทสเกลของโวลท์มิเตอร์กระแสดตรงได้

12. ปฏิบัติงานด้วยความตั้งใจ

13. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ

14. ให้ความร่วมมือในการปฏิบัติงาน

15. ยอมรับฟังความคิดเห็นของคนอื่น

5. เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

5.1 กระดาษชาร์ตแผ่นใหญ่ใช้สำหรับการเขียนข้อมูลนำเสนอ

5.2 อุปกรณ์ เครื่องเขียน

6. ขั้นตอนการทํากิจกรรม

ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม 9 กลุ่ม 1.กัลวานอมิเตอร์ 2.เครื่องวัดแบบแกนแม่เหล็ก 3.เครื่องวัดแบบเทอต์แบนด์ 4.โครงสร้างของเครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่ 5.แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 6.โวลท์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 7.โอห์มมิเตอร์ 8.มัลติมิเตอร์ 9. สัญลักษณ์ที่ใช้กับเครื่องมือวัดไฟฟ้า

7. สรุปและอภิปราย

7.1 ให้นักเรียนจัดกลุ่ม ศึกษาลักษณะทั่วไปของแต่ละกลุ่มที่ได้รับมอบหมาย แต่ละกลุ่มศึกษาเนื้อหาแตกต่างกัน

7.2 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มประชุมคณะทำงาน แบ่งหน้าที่และความรับผิดชอบ จากนั้นให้นักเรียนทุกกลุ่มระดมสมองศึกษาเนื้อหาตามที่ได้รับมอบหมายและค้นคว้าเพิ่มเติม หาตัวแทนกลุ่มนำเสนอกิจกรรมหน้าชั้นเรียน

8. การประเมินผล

ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มประเมินตนเองและประเมินผลกลุ่มอื่นๆ โดยใช้แบบประเมินผลงาน ผู้สอนประเมินผลผู้เรียนทุกกลุ่ม โดยใช้แบบประเมิน ดังนี้

- แบบประเมินกระบวนการทำงานกลุ่ม
- แบบประเมินการนำเสนอผลงาน
- แบบประเมินผลงาน
- แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

9. การประเมินผล

9.1 จากการประเมินกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม

เกณฑ์การประเมิน	ดี	คะแนนอยู่ระหว่าง	12-15
	พอใช้	คะแนนอยู่ระหว่าง	9-11
	ปรับปรุง	คะแนนอยู่ระหว่าง	5-8

9.2 จากการประเมินการนำเสนอผลงาน

เกณฑ์การประเมิน	ดี	คะแนนอยู่ระหว่าง	15-18
	พอใช้	คะแนนอยู่ระหว่าง	12-14
	ปรับปรุง	คะแนนอยู่ระหว่าง	6-11

9.3 จากการประเมินผลงาน

เกณฑ์การประเมิน	ดี	คะแนนอยู่ระหว่าง	2.70
	พอใช้	คะแนนอยู่ระหว่าง	1.30-2.70
	ปรับปรุง	คะแนนอยู่ระหว่าง	1.30

9.4 จากการประเมินผลการปฏิบัติงาน

เกณฑ์การประเมิน	ดี	คะแนนอยู่ระหว่าง	6-10
	ปรับปรุง	คะแนนอยู่ระหว่าง	1-5

หมายเหตุ เกณฑ์การประเมินที่ใช้ในการตัดสินต้องได้มาจากคะแนนเฉลี่ยของผู้ประเมินทั้งหมด ผลรวมของคะแนนจาก เครื่องมือทุกประเภทไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 ถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมิน

10. เอกสารอ้างอิง/เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม

สิทธิพงศ์ อินทรายุทธ.เครื่องมือวัดไฟฟ้า.กรุงเทพมหานคร:ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ,2567.

ใบประเมินผลกิจกรรมหน่วยที่ 1
(Evaluation Sheet)

ชื่องาน งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสดตรง		วันที่เริ่มงาน			
ผู้ปฏิบัติ		ผู้ประเมิน นายรชตะ ใจตรง			
จุดประเมิน	ผลการประเมิน				หมายเหตุ
	ดีมาก (10)	ดี (7)	พอใช้ (5)	แก้ไข (3)	
ขณะปฏิบัติงาน					
1. งานเตรียมความพร้อมปฏิบัติงาน					
2. งานจัดบันทึกข้อมูล					
3. งานเก็บอุปกรณ์หลังจากปฏิบัติงาน					
4. ปฏิบัติงานตามขั้นตอน					
รวม					
คะแนน 20%	$\frac{\dots\dots\dots \times 20}{\dots\dots\dots}$				
คุณภาพของผลงาน					
ผลงาน (1) (งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสดตรง)	ผลการประเมิน				
	ดีมาก (10)	ดี (7)	พอใช้ (5)	แก้ไข (3)	
1. ความสำเร็จของงาน					
รวม					
ผลรวมทั้งหมด					

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	หน่วยที่ 2
	รหัสวิชา 30104-2001 ชื่อวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 4 - 5
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับ	ทฤษฎี...4...ชม. ปฏิบัติ...6...ชม.
ชื่อเรื่อง/งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับ		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

แสดงความรู้ในทฤษฎีของเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับ

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ - สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน-.....

2) วิธีประเมิน-.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ.....

3. สมรรถนะประจำหน่วย

3.1. แสดงความรู้ในการใช้งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายการทำงานของเครื่องวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าได้
2. อธิบายการทำงานของเครื่องวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์ได้
3. อธิบายการทำงานของเครื่องวัดแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่ได้
4. อธิบายการทำงานของเครื่องวัดแบบเทอร์โมคัปเปิ้ลได้
5. อธิบายการทำงานของเครื่องมือวัดไฟฟ้าสถิตย์ได้
6. ขยายย่านวัดโวลท์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับได้
7. มีความเพียรพยายาม ในการเรียนและการปฏิบัติงาน
8. ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จตามกำหนด
9. กล้าแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล
10. มีสัมมาคารวะต่อครู-อาจารย์

5. สารการเรียนรู้

1. เครื่องวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้า
2. เครื่องวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์
3. เครื่องวัดแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่
4. เครื่องวัดแบบเทอร์โมคัปเปิ้ล
5. เครื่องวัดแบบไฟฟ้าสถิตย์
6. เอซี / ดีซี แคลมป์มิเตอร์

ค่า True RMS Value

6. กิจกรรมการเรียนรู้

กิจกรรมครู

1. ทำการเช็คชื่อ ตรวจเครื่องมือ และการแต่งกาย สอบถามสาเหตุของการแต่งกายผิดระเบียบ

2. ครอบบรมคุณธรรม จริยธรรม เรื่อง ความรับผิดชอบ ประมาณ 5-10 นาที
 3. มอบหมายให้นักเรียนเบิก เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์การทดลองการขยายย่านวัดโวลต์มิเตอร์ กระแสสลับ
 4. ครูสอนเนื้อหาสาระในบทที่ 2 โดยวิธีการบรรยาย(Lecture) ประกอบการสาธิต (Demonstration) เรื่องเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับ
 5. ให้นักเรียนปฏิบัติ ตามใบงานที่ 6 ครูคอยแนะนำ เป็นที่ปรึกษา แก้ไขปัญหา และตรวจสอบความผิดพลาด
 6. มอบหมายให้นักเรียน ทำแบบฝึกหัดบทที่ 2
 7. ครูและ นักเรียนร่วมกันสรุปผลการทดลองใบงานที่ 6
 8. มอบหมายให้ไปศึกษาเนื้อหาในบทที่ 3 มาล่วงหน้าก่อนเรียนในบทถัดไป
 9. ครูดูแลการเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง การทำความสะอาด ห้องปฏิบัติการทดลอง เครื่องมือวัดไฟฟ้า
 10. บันทึกปัญหาที่เกิดขึ้นในการสอน ลงในบันทึกหลังการสอน เพื่อนำข้อมูลไปแก้ไขต่อไป
- กิจกรรมนักเรียน**
1. รับการตรวจเครื่องมือและการแต่งกาย บอกถึงสาเหตุของการแต่งกายผิดระเบียบ
 2. รับฟังและยอมรับเหตุผล แล้วนำไปปฏิบัติการแก้ไขในพฤติกรรมที่ไม่ถูกต้อง
 3. เบิกเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง
 4. ตั้งใจฟัง และดูการสาธิต
 5. นักเรียนปฏิบัติการทดลองตามใบงานที่ 6
 6. ทำแบบฝึกหัด บทที่ 2
 7. นำเสนอผลการสรุป จดบันทึกผลการสรุป
 8. จดบันทึกการมอบหมายงาน
 9. เก็บเครื่องมือ อุปกรณ์การทดลอง และทำความสะอาดห้องปฏิบัติการทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้า

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. ห้องสมุดของทางวิทยาลัย
2. สิทธิพงศ์ อินทรายุทธ.เครื่องมือวัดไฟฟ้า.กรุงเทพมหานคร:ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ,2567.
3. ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตในเรื่องเครื่องมือวัดไฟฟ้า

8. หลักฐานการเรียนรู้

8.1 หลักฐานความรู้

1. ใบความรู้หน่วยที่ 2 เรื่อง งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับ
2. สื่อ Power Point ประกอบการสอน เรื่อง งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับ

8.2 หลักฐานการปฏิบัติงาน

1. แบบฝึกหัด
2. แบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยที่ 2 เรื่อง งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับ
3. ใบงานที่ 2 เรื่อง งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับ
4. แบบทดสอบหลังเรียน หน่วยที่ 2 เรื่อง งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับ
5. แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้รายบุคคล
6. แบบประเมินการเข้าร่วมกิจกรรมกลุ่ม

7. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

9. การวัดและประเมินผล

9.1 เกณฑ์การปฏิบัติงาน

1. แบบฝึกทักษะ
2. ปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้
3. พฤติกรรมการเรียน การทำงานกลุ่ม
4. งานที่มอบหมาย/ใบงาน

9.2 วิธีการประเมิน

1. สังเกตการปฏิบัติงาน
2. พฤติกรรมการเรียน

9.3 เครื่องมือประเมิน

1. ใบความรู้
2. ใบกิจกรรม
3. แบบสังเกตพฤติกรรม

10 บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้

ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

1. เวลาที่ใช้สอน.....
2. เนื้อหา.....
3. สื่อการสอน.....

ผลการเรียนของนักเรียน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการสอนของครู

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อผู้บันทึก.....

(นายรชตะ ใจตรง)

	ใบความรู้หน่วยที่ 2	หน่วยที่ 2
	รหัสวิชา 30104-2001 ชื่อวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 4 - 5
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับ	ทฤษฎี...4...ชม. ปฏิบัติ...6...ชม.
ชื่อเรื่อง/งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับ		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

แสดงความรู้ในทฤษฎีของเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับ

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ - สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน-.....

2) วิธีประเมิน-.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ.....

3. สมรรถนะประจำหน่วย

3.1. แสดงความรู้ในการใช้งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายการทำงานของเครื่องวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าได้
2. อธิบายการทำงานของเครื่องวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์ได้
3. อธิบายการทำงานของเครื่องวัดแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่ได้
4. อธิบายการทำงานของเครื่องวัดแบบเทอร์โมคัปเปิ้ลได้
5. อธิบายการทำงานของเครื่องมือวัดไฟฟ้าสถิตย์ได้
6. ขยายย่านวัดโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับได้
7. มีความเพียรพยายาม ในการเรียนและการปฏิบัติงาน
8. ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จตามกำหนด
9. กล้าแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล
10. มีสัมมาคารวะต่อครู-อาจารย์

5. เนื้อหาสาระ

1. เครื่องวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้า เป็นเครื่องวัดที่ใช้มูฟเมนต์แบบ PMMC โดยการต่อร่วมกับไดโอด ทำหน้าที่เรียงกระแสเพื่อให้กระแสไหลในทิศทางเดียว เรียกว่า วงจรเรกติไฟเออร์ แบ่งได้ 2 แบบ คือ เครื่องวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าครึ่งคลื่น และเครื่องวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าเต็มคลื่น

หลักการทำงาน

การแปลงสัญญาณ: วงจรเรียงกระแส (เช่น บริดจ์เรกติไฟเออร์) จะตัดคลื่น AC ด้านลบออกหรือกลับขั้วให้กลายเป็นไฟ DC

การวัดค่า: เมื่อกระแส DC ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ จะสร้างสนามแม่เหล็กทำปฏิกิริยากับแม่เหล็กถาวร ทำให้เข็มขยับเบนไปตามสเกล

การอ่านค่า: โดยทั่วไปมิเตอร์จะถูกออกแบบให้อ่านค่าแบบ RMS (Root Mean Square)

ประเภทของการเรียงกระแส

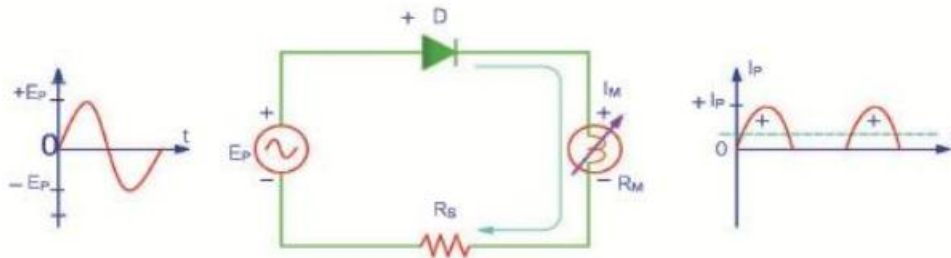
แบบครึ่งคลื่น (Half-Wave Rectifier): ใช้ไดโอดเพียงตัวเดียว ตัดสัญญาณครึ่งลบออก ใช้กระแส น้อยและราคาถูก

แบบเต็มคลื่น (Full-Wave Rectifier): ใช้ไดโอด 4 ตัวต่อแบบบริดจ์ แปลงสัญญาณครึ่งลบให้เป็น คลื่นบวกทั้งหมด ทำให้มีความแม่นยำสูง

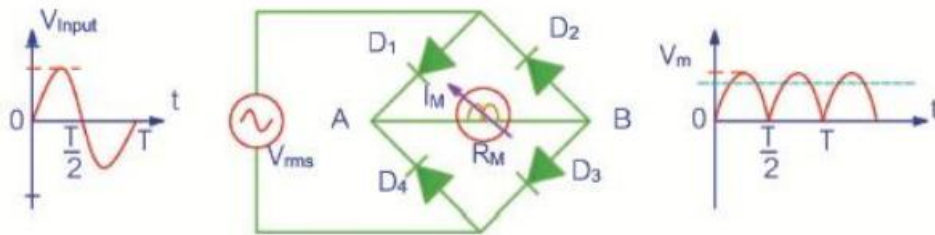
ข้อดีและข้อจำกัด

ข้อดี: กินกำลังไฟฟ้าน้อย, ย่านการวัดกว้าง, ความไว (Sensitivity) สูงกว่ามิเตอร์แบบขดลวดเคลื่อนที่ ทั่วไป

ข้อจำกัด: สเกลวัดอาจไม่เป็นเชิงเส้น (Linear) ในช่วงต้น, ความถี่ใช้งานจำกัด และอาจเกิดความ ผิดพลาดหากรูปคลื่นไฟฟ้าไม่ใช่รูปไซน์ที่สมบูรณ์



เครื่องวัดแบบการเรียงกระแสไฟฟ้าครึ่งรูปคลื่น



เครื่องวัดแบบการเรียงกระแสเต็มรูปคลื่น

2. เครื่องวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์ มีหลักการทำงานเหมือนกับเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสตรง แบบขดลวดเคลื่อนที่ ที่ต่างกันจะใช้ขดลวดอยู่กับที่ จำนวน 2 ชุด ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โดยวาง ขดลวดเคลื่อนที่ ไว้ภายในระหว่างขดลวดอยู่กับที่ และต้องวงจรให้ขดลวดทั้งหมดต่ออนุกรมกัน

โครงสร้างและส่วนประกอบหลัก

เครื่องวัดชนิดนี้ประกอบด้วยขดลวด 2 ชุดหลักๆ ได้แก่:

1. **ขดลวดกับที่ (Fixed Coil / Current Coil):** เป็นขดลวดที่อยู่นิ่ง มักแบ่งออกเป็น 2 ส่วนพันรอบ แกนอากาศ วางขนานกับขดลวดเคลื่อนที่ ต่ออนุกรมเข้ากับโหลดเพื่อวัดกระแสไฟฟ้า
2. **ขดลวดเคลื่อนที่ (Moving Coil / Potential Coil):** เป็นขดลวดที่พันอยู่บนแกนเบา สามารถหมุน ได้รอบแกนโดยมีสปริงกันหอยทำหน้าที่รีเซ็ต ต่อเชื่อมกับโหลดเพื่อวัดแรงดันไฟฟ้า

หลักการทำงาน การทำงานอาศัยการทำปฏิกิริยาระหว่างสนามแม่เหล็กทั้งสองชุด

- เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดทั้งสอง จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้น

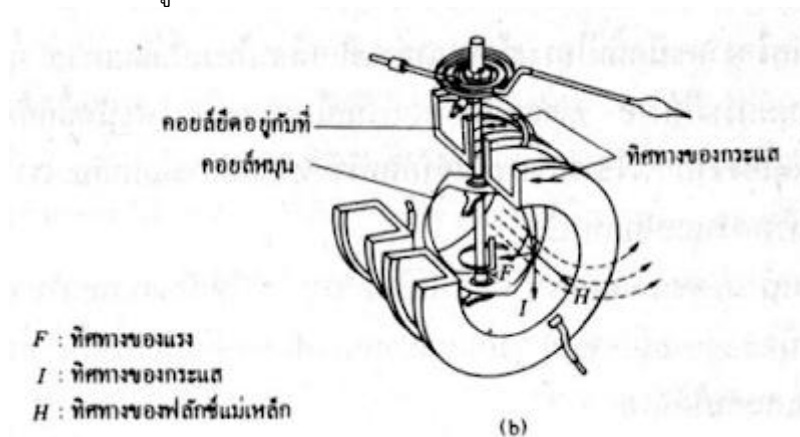
- สนามแม่เหล็กจากขดลวดเคลื่อนที่ จะทำปฏิกิริยากับสนามแม่เหล็กจากขดลวดกับที่ ทำให้เกิด **แรงบิด (Torque)** ที่ผลักให้ขดลวดเคลื่อนที่หมุนไป
- ขดลวดเคลื่อนที่หยุดนิ่งเมื่อแรงบิดทางกลของสปริงกันหอยสมดุลกับแรงบิดทางแม่เหล็ก ทำให้เข็มชี้แสดงค่ากำลังไฟฟ้าออกมา

ข้อดีและข้อจำกัด

- **ข้อดี:** มีความแม่นยำสูงมาก นำไปประยุกต์ใช้วัดกำลังไฟฟ้าจริง (Real Power) ได้ทั้งในระบบไฟ AC และ DC
- **ข้อจำกัด:** มีราคาค่อนข้างแพง และอาจเกิดความผิดพลาดได้หากมีสนามแม่เหล็กภายนอกมารบกวน

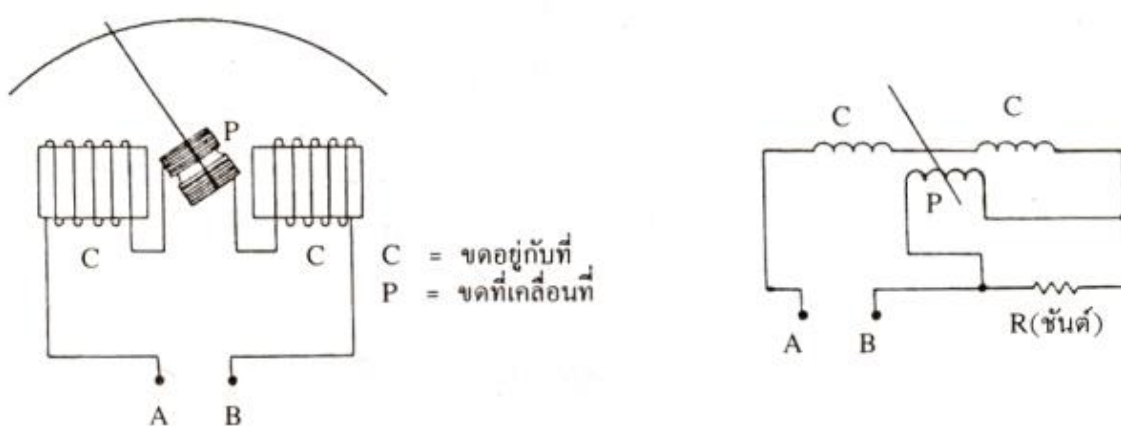
โครงสร้าง

- ถ้าแทนที่แม่เหล็กถาวรใน PMMC ด้วยขดลวดที่ยึดติดกับที่แล้วปล่อยกระแสไหลผ่านทั้งขดลวดที่อยู่กับที่และที่ขดลวดหมุน จะเกิดแรงบิดทำให้ขดลวดเคลื่อนที่เช่นเดียวกับในกรณีของ PMMC ที่ใช้ในเครื่องวัดกระแสตรง โดยแรงบิดจะขึ้นผลคูณของกระแสที่ขดลวดทั้งสอง



การประยุกต์เป็นเครื่องวัด

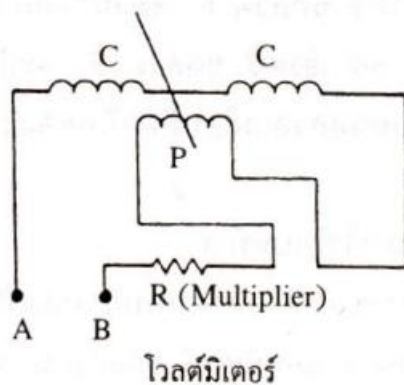
- แอมป์ มิเตอร์แบบอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์ โดยการต่อขดลวดทั้งสองอนุกรมกันและต่อชั้ดเพื่อแบ่งกระแสไม่ให้เกินขีดจำกัดของขดลวดเคลื่อนที่



รูปที่ 4.67 แอมมิเตอร์แบบอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์

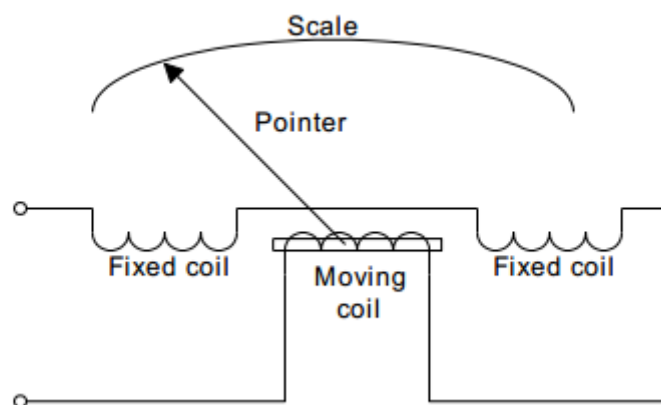
การเบี่ยงเบนของเข็มจะเป็นสัดส่วนกับกระแส rms ยกกำลังสอง

- โวลต์มิเตอร์แบบอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์ โดยการต่อขดลวดทั้งสองอนุกรมกันและอนุกรมกับตัวต้านทาน



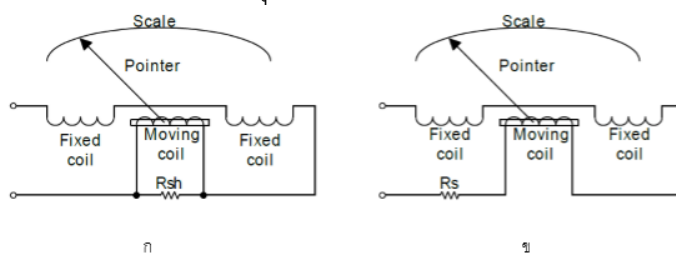
รูปที่ 4.68 โวลต์มิเตอร์แบบอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์

อิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์ จะสามารถทนกระแสได้สูงกว่า มูฟเมนต์มิเตอร์แบบ ดี-อาร์ชของวาล เมื่อไม่มี ความต้านทานต่อขนานเพิ่มเข้าไป แต่จะมีความไวต่ำกว่า โดยทั่วไปแล้วจะประมาณ $20 - 100 \Omega / V$



แสดงอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์มูฟเมนต์

จากรูป เป็นลักษณะโครงสร้างของอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์มูฟเมนต์ที่นำมาใช้เป็นอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์ที่ใช้วัดกระแสได้สูงขึ้นโดยการต่อความต้านทานขนานกับส่วนของขดลวดเคลื่อนที่ หรือนำมาวัดแรงดันโดยการต่อความต้านทานอนุกรมเข้าป็นตัวเอง



รูปแสดงการนำอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์มาวัดกระแส และแรงดันจากรูป ก เป็นการต่อความต้านทาน ขนานกับ Moving coil เพื่อใช้เป็นแอมมิเตอร์ และจากรูป ข เป็นการต่อความต้านทาน อนุกรม (Multiplier) เพื่อใช้เป็นโวลต์มิเตอร์

ลักษณะจำเพาะของเครื่องวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์

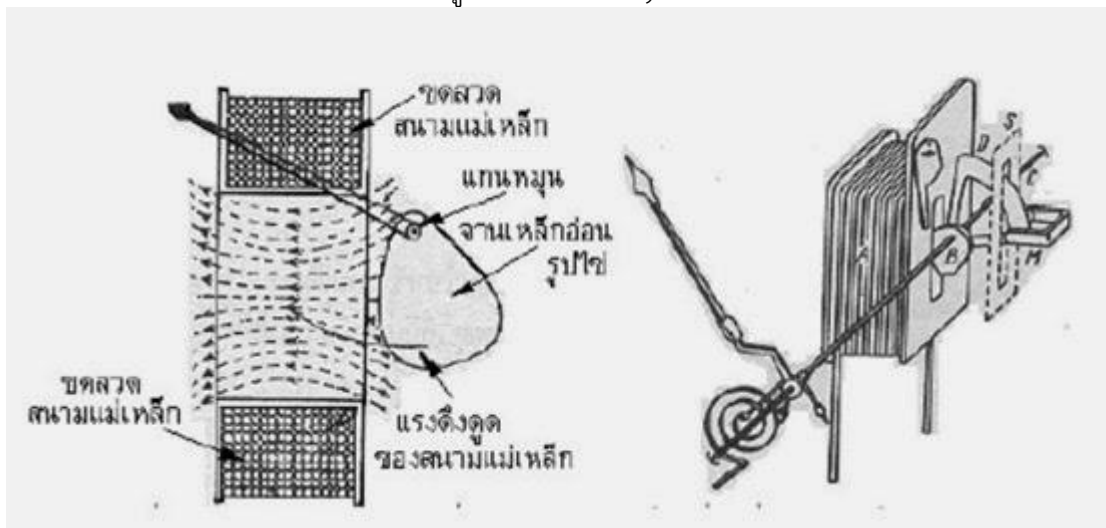
1. สเกลของแอมมิเตอร์และโวลต์มิเตอร์จะมีลักษณะกู่ก้างสอง โดยประมาณ ส่วนสเกลของ วัดต์มิเตอร์จะมีลักษณะเป็นเชิงเส้น

2. ต้นทุนในการผลิตสูงกว่า และมีการสูญเสียกำลังสูงกว่าเครื่องวัดแบบ PMMC
3. ใช้วัดค่า rms ของรูปคลื่นกระแสสลับ โดยไม่คำนึงถึงรูปร่างของคลื่น
4. เหมาะสำหรับใช้ทั้งวงจรกระแสตรงและกระแสสลับ โดยไม่ถูกกระทบกระเทือนโดยความถี่บางรุ่นสามารถใช้ในพิสัยความถี่จากกระแสตรงถึง 25 KHz
5. สนามแม่เหล็กภายนอกจะมีผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องวัดแบบนี้ ดังนั้นต้องวางชุดขดลวดภายในส่วนที่ห่อหุ้ม เพื่อป้องกันสนามแม่เหล็กภายนอก

3. เครื่องวัดแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่ จะอาศัยหลักการของขั้วแม่เหล็กที่เหมือนกันจะผลักกันและขั้วที่ต่างกันจะดูดกัน นั่นคือ เมื่อนำเอาแท่งเหล็กอ่อนจำนวนสองแท่งมาวางไว้ใกล้กันโดยใช้ขดลวดพันล้อมรอบ เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้า ให้ไหลผ่านขดลวดดังกล่าว จะส่งผลให้เกิด สนามแม่เหล็กขึ้นภายในขดลวดเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสไฟฟ้า ขณะเดียวกันก็เหนี่ยวนำให้แท่งเหล็กอ่อนทั้งสองกลายเป็นแท่งแม่เหล็กที่มีขั้วเหมือนกันตลอดเวลา ลักษณะดังกล่าวจึงเกิดแรงผลักกันระหว่างแท่งเหล็กอ่อน

โครงสร้างของเครื่องวัดชนิดแผ่นเหล็กเคลื่อนที่ (Moving iron) เครื่องวัดไฟฟ้าชนิดนี้ อาศัยการเคลื่อนที่ของส่วนเคลื่อนที่ที่ทำด้วยแผ่น เหล็ก สามารถใช้ได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ มี 2 แบบ คือ แบบอาศัยแม่เหล็กดึงดูด (Attraction type) แบบอาศัยแม่เหล็กผลักระหว่างแผ่นเหล็ก

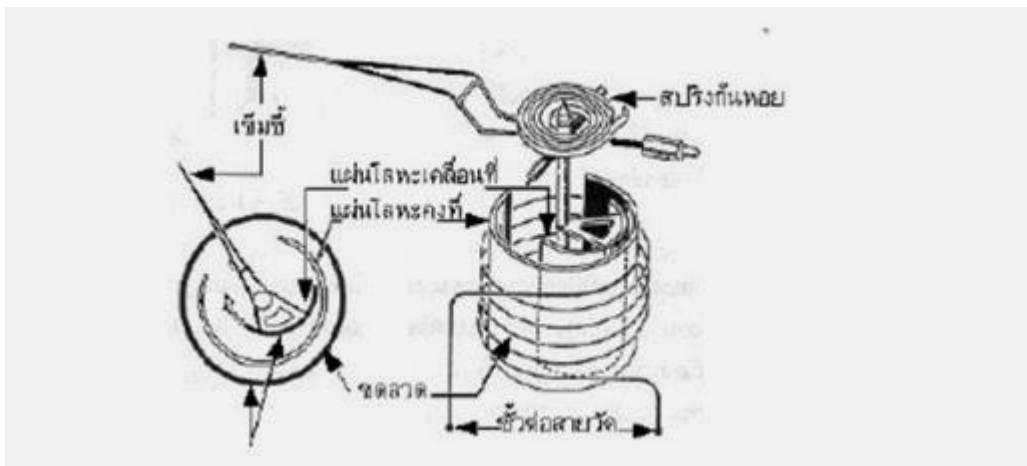
1. แบบอาศัยแม่เหล็ก ดึงดูด การทำงานขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดระหว่างอำนาจแม่เหล็กของแผ่นเหล็กอ่อน (soft iron) กับอำนาจแม่เหล็กของขดลวดอยู่กับที่ (stationary coil)



แสดงโครงสร้างของเครื่องวัดชนิดแผ่นเหล็กเคลื่อนที่แบบแม่เหล็กดึงดูด

หลักการทำงาน เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็กจะเกิดสนามแม่เหล็กมากที่สุดที่จุดศูนย์กลางของขดลวด ปลายของแกนเหล็กรูปไข่จะถูกแรงดึงดูดของสนามแม่เหล็ก ให้เคลื่อนที่เข้าสู่ศูนย์กลางของขดลวดเข็มชี้ที่ยึดติดกับแกนจะบ่ายเบนไปมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนกระแสไฟฟ้าที่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากเข็มชี้จะบ่ายเบนมาก

2.แบบอาศัยแม่เหล็กผลักระหว่างแผ่นโลหะที่วางอยู่ใกล้กัน ในสนามแม่เหล็กเดียวกัน



แสดงโครงสร้างของเครื่องวัดชนิดแผ่นเหล็กเคลื่อนที่แบบแม่เหล็กผลักดัน

หลักการทำงาน เมื่อมีกระแสไหลผ่านขดลวดอยู่กับที่จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไปเหนี่ยวนำแผ่นโลหะอ่อนทั้งสองที่วางขนานกันแผ่นโลหะทั้งสองจะมีอำนาจแม่เหล็กและมีขั้วแม่เหล็กเหมือนกัน เกิดแรงผลักรันทำให้เข็มที่ชี้ยึดติดกับแผ่นโลหะเคลื่อนที่ที่เกิดแรงบิดบายเบนมีทิศทางตรงข้ามกับแรงบิดของสปริงหรือน้ำหนักถ่วงที่ทำหน้าที่เป็นแรงบิดควบคุมแรงผลักรันของโลหะทั้งสองเป็นสัดส่วนใกล้เคียงกับกำลังสองของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดที่อยู่กับที่



สัญลักษณ์เครื่องวัดแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่ (Moving Iron Type Instrument)

เครื่องวัดแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่ (Iron Vane Meter)

เครื่องวัดแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือแบบแรงดูด , แบบแรงผลัก , รวมทั้งแบบแรงดูดและแรงผลักเข้าด้วยกัน

1.เครื่องวัดแบบแรงดูด (Attraction Movement)

เครื่องวัดชนิดนี้ประกอบด้วยส่วนที่อยู่กับที่ซึ่งเรียกว่าขดลวดสนามแม่เหล็กหรือขดลวดฟิลด์ (Field Coil) และส่วนที่เคลื่อนที่ได้ ซึ่งทำจากแผ่นเหล็กอ่อน (Soft Iron Plunger) ส่วนที่เคลื่อนที่จะมีกลไกเชื่อมกับสปริงควบคุม (Control Spring) และเข็มชี้ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดฟิลด์จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นที่บริเวณนั้น ซึ่งทำให้เกิดการเหนี่ยวนำและเกิดแรงดูดแผ่นเหล็กอ่อนเคลื่อนตัวเข้าไป เข็มของเครื่องวัดจึงเบี่ยงเบนไปได้ และเมื่อเกิดความสมดุลระหว่างแรงดูดของขดลวดฟิลด์กับแรงที่เกิดจากสปริงเข็มจะหยุดนิ่ง

2.เครื่องวัดแบบแรงผลัก (Repulsion Movement)

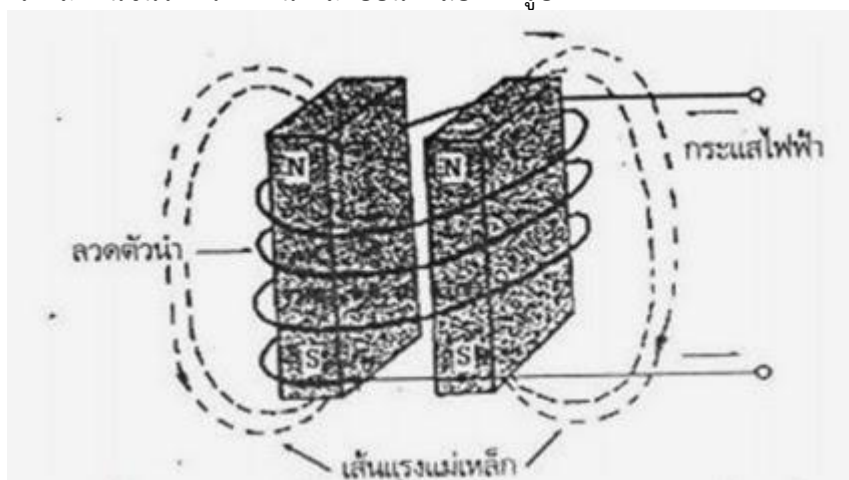
การเบี่ยงเบนของเข็มในเครื่องวัดชนิดนี้เกิดจากแรงผลักของแผ่นแม่เหล็กอ่อน 2 แผ่น แผ่นหนึ่งติดอยู่กับแกนเคลื่อนไหวนของเครื่องวัด ซึ่งเราเรียกว่า แผ่นเหล็กเคลื่อนที่ อีกแผ่นหนึ่งติดอยู่กับขดลวดสนามแม่เหล็กอยู่กับที่ ซึ่งเรียกว่า แผ่นเหล็กอยู่กับที่ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็กและเกิดการเหนี่ยวนำที่แผ่นเหล็กทั้งสอง แผ่นเหล็กทั้งสองกลายเป็นแม่เหล็กที่มีขั้ว (N และ S) เหมือนกันและมีแรงผลักระหว่างแผ่นเหล็กทั้งสองทำให้เกิดแรงบิดไปหมุนแกนของเครื่องวัดจนกระทั่งเข็มเบี่ยงเบนได้ และเมื่อแรงผลักของแผ่นเหล็กทั้งสองกับสปริงควบคุมสมดุลกันเข็มจึงหยุดเคลื่อนไหว

3. เครื่องวัดแบบแรงดูดและแรงผลักร่วมกัน (The Repulsion – Attraction Movement)

เข็มในเครื่องวัดแบบแรงดูดหรือเครื่องวัดแบบแรงผลักเบี่ยงเบนได้ประมาณ 90 องศา เท่านั้น แต่เข็มในเครื่องวัดแบบแรงดูดและแรงผลักร่วมกันเบี่ยงเบนได้ถึง 250 องศา ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องวัดชนิดนี้ คือ แผ่นเหล็กอ่อน 2 คู่วางอยู่ในสนามแม่เหล็ก คู่หนึ่งจะออกแรงผลัก อีกคู่จะออกแรงดูดเพื่อให้เข็มเบี่ยงเบน เมื่อขดลวดสนามแม่เหล็กเริ่มได้รับไฟฟ้ากระแสสลับ การเบี่ยงเบนของเข็มจะอาศัยแรงผลักของเหล็กอยู่กับที่กับเหล็กเคลื่อนที่แต่เมื่อเข็มเบี่ยงเบนในช่วงท้ายสเกลแผ่นเหล็กปรับแต่งได้จะดูดแผ่นเหล็กเคลื่อนที่เพื่อชดเชยแรงผลักในตอนแรก ทำให้การเบี่ยงเบนของเข็มในเครื่องวัดชนิดนี้มุมเพิ่มขึ้น

โครงสร้างเครื่องวัดแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่ (moving iron instrument)

1. แผ่นเหล็กอ่อนสองแผ่นวางตัวขนานกันสอดอยู่ในขดลวดที่อยู่กับที่
2. แผ่นเหล็กตัวหนึ่งยึดให้อยู่กับที่อีกตัวหนึ่งยึดกับแกนหมุน
3. เมื่อป้อนกระแส I เข้าขดลวดจะทำให้แผ่นเหล็กทั้งสองมีอำนาจแม่เหล็กในแนวเดียวกันทำให้เกิดแรงผลักกันเองอำนาจการผลักขึ้นกับ I^2
4. อำนาจการผลักจะลดลงเมื่อมันผลักกันจนห่างออกไป จึงมีการออกแบบให้มีการดูดกันตัวเมื่อมุมที่เบี่ยงเบนมากขึ้นดังรูป เครื่องวัดชนิดนี้มีหลักการทำงาน คือ อาศัยคุณสมบัติของขั้วแม่เหล็กที่เหมือนกันจะผลักรันถ้าเรานำเอาแท่งเหล็กอ่อนสองแผ่นมาวางไว้ใกล้ๆ กันแล้วพันลวดตัวนำโดยรอบแท่งเหล็กอ่อนทั้งสองเสร็จแล้วให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดซึ่งจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นภายในขดลวด และเหนี่ยวนำให้แผ่นเหล็กอ่อนทั้งสองกลายเป็นแม่เหล็กที่มีขั้วเดียวกันตลอดเวลาและเกิดแรงผลักกันขึ้นระหว่างแผ่นเหล็กอ่อนทั้งสอง ดังรูป



หลักการเบื้องต้นของเครื่องวัดแผ่นเหล็กเคลื่อนที่

เครื่องวัดแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่ที่นิยมใช้งานโดยทั่วไป คือ แบบ เรเดียลเวเนรีฟลันซ์มูฟเมนต์ (Radial Vane Repulsion Movement)

ลักษณะโครงสร้างแอมมิเตอร์ โครงสร้างภายในของแอมมิเตอร์แบ่งได้เป็นคร่าวๆ ดังนี้

1. แบบ Moving Iron

1.1 แบบอาศัยแม่เหล็กดึงดูด (ใช้ได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรง และ ไฟฟ้ากระแสสลับ) การทำงานขึ้นอยู่กับ การดึงดูดอำนาจแม่เหล็กของเหล็กแผ่นอ่อน กับอำนาจแม่เหล็กของคอยล์อยู่กับที่ (stationary coil)

1.2 แบบอำนาจแม่เหล็กดึงดูด (ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ) การทำงานขึ้นอยู่กับแรงผลักกันระหว่างท่อนเหล็กหรือแผ่นเหล็กที่อยู่ใกล้กัน และอยู่ในสนามแม่เหล็กเดียวกัน ส่วนประกอบภายในประกอบไปด้วยฟลักซ์คอยล์และแท่งแม่เหล็กอ่อนภายในวางขนานกันอยู่ตามแนวแกนของเหล็กอ่อนอันหนึ่งที่ยึดอยู่กับที่

1.3 เครื่องวัดแบบอาศัยอำนาจแม่เหล็กผลักดัน ซึ่งโครงสร้างภายในมันจะมีฟลักซ์คอลลี และมีแท่งแม่เหล็กอ่อนวางขนานกันอยู่ ซึ่งตัวหนึ่งยึดอยู่กับแกน และอีกตัวหนึ่งจะสามารถเคลื่อนที่ได้ เมื่อมีกระแสไหลผ่านฟลักซ์คอลลีจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กซึ่งจะทำการผลักกันทำให้ซึมเกิดการปายเบนความคลาดเคลื่อน

ความคลาดเคลื่อนของเครื่องวัดแบบ Moving Iron เกิดจาก

- ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากความร้อน
- ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากแม่เหล็กรั่วไหล
- เมื่อความถี่มีการเปลี่ยนแปลงจะทำให้ค่าอิมพีแดนซ์ของฟลักซ์คอลลีเปลี่ยนแปลงและขนาดของกระแสเปลี่ยน

2. แบบอาศัยการเหนี่ยวนำ

หลักการทำงาน การทำงานของแอมมิเตอร์ที่อาศัยการเหนี่ยวนำ ขึ้นอยู่กับแรงบิดที่เกิดขึ้นจากอำนาจแม่เหล็กของกระแสหรือแรงดันที่จะทำการวัด และกระแสไหลวนจะมีค่าน้อยมาก

3. แบบแผ่นโลหะผลักเคลื่อนที่

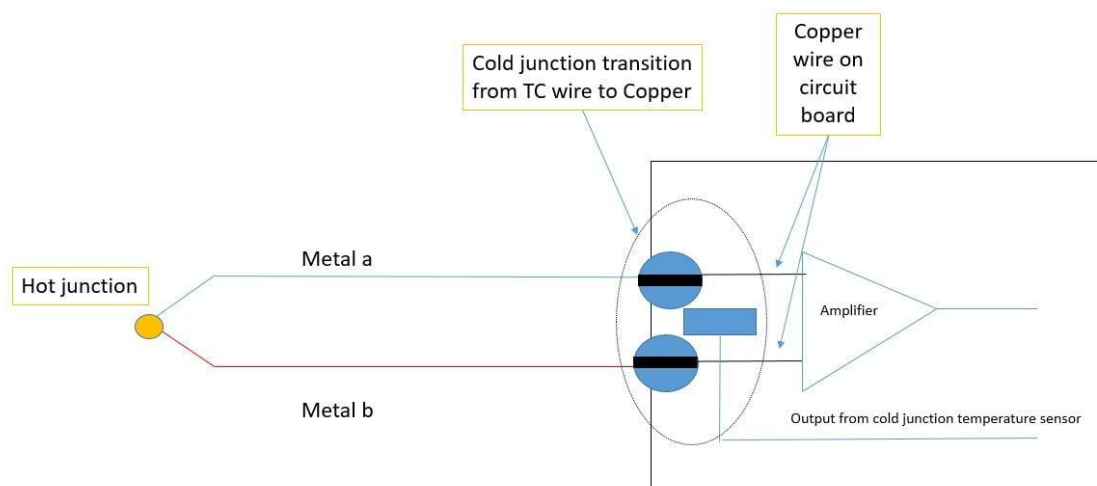
เป็นมิเตอร์ที่ใช้ผลสนามแม่เหล็กให้แผ่นโลหะเคลื่อนที่ไปในแนวเส้นแรงแม่เหล็กคล้ายกับมิเตอร์ขดลวดเอียงทำให้เกิดการเบี่ยงเบนของเข็มชี้การเคลื่อนไหวของแผ่นโลหะผลักเคลื่อนที่สามารถสร้างเป็นได้ทั้งแอมมิเตอร์และโวลต์มิเตอร์ได้ โครงสร้างจะประกอบไปด้วยแผ่นเหล็กแผ่นอ่อน 2 แผ่น แผ่นหนึ่งอยู่กับที่ อีกแผ่นหนึ่งเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ

4. โครงสร้างของเครื่องวัดแบบเทอร์โมคัพเบิล ประกอบด้วย ลวดความร้อน เทอร์โมคัพเบิล และมิเตอร์มูฟเมนต์แบบ PMMC ในส่วนของเทอร์โมคัพเบิลจะประกอบด้วยโลหะ 2 ชนิด คือทองแดงกับเหล็ก โดยนำปลายข้างหนึ่งมาต่อเข้าด้วยกันเพื่อใช้เป็นจุดทดสอบกับลวดความร้อน โดยอุปกรณ์ ทั้งหมดจะบรรจุไว้ในอุปกรณ์ที่เป็นฉนวนที่สามารถกั้นความร้อนมิให้ถ่ายเทออกมาสู่ภายนอก

เครื่องมือวัดเทอร์โมคัพเบิล

การออกแบบทางอิเล็กทรอนิกส์และกลไกของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบเทอร์โมคัพเบิล เช่น เครื่องบันทึกข้อมูล ต้องทำอย่างพิถีพิถันเพื่อให้ได้ความแม่นยำสูงสุด การออกแบบทางกลไกต้องแน่ใจว่าเซ็นเซอร์จุดเย็นมีอุณหภูมิเท่ากับจุดที่สายเทอร์โมคัพเบิลเชื่อมต่อกับรางทองแดง/สายของแผงวงจร หากเซ็นเซอร์จุดเย็นไม่สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้อย่างแม่นยำ จะส่งผลให้เกิดข้อผิดพลาดในการวัดขั้นสุดท้ายเท่ากับความแตกต่างของการติดตาม ดังนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญที่บริเวณนี้จะต้องปราศจากความแตกต่างของอุณหภูมิ

เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าจากเทอร์โมคัพเบิลต่ำเพียง 4 ไมโครโวลต์/องศาเซลเซียส จึงจำเป็นต้องมีการขยายสัญญาณก่อนแปลงเป็นดิจิทัล เทอร์โมคัพเบิลโดยทั่วไปเป็นลวดขนานยาว และมักใช้ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เอื้อต่อการเกิดกระแสไฟฟ้า ซึ่งมันจะทำหน้าที่เหมือนเสาอากาศรับสัญญาณรบกวน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการออกแบบวงจรไฟฟ้าอย่างระมัดระวังเพื่อกรองสัญญาณที่ไม่ต้องการออกไป



เทอร์โมคัปเปิลมีราคาถูก ทนทาน และครอบคลุมช่วงอุณหภูมิที่กว้าง มีการประมาณการณ์ว่ามากกว่าครึ่งหนึ่งของการวัดอุณหภูมิทั้งหมดในอุตสาหกรรมของสหรัฐอเมริกาใช้เทอร์โมคัปเปิล แรงดันไฟฟ้าขาออกต่ำและไม่เป็นเชิงเส้น แต่หากออกแบบเครื่องมือวัดหรือเครื่องบันทึกข้อมูลอย่างระมัดระวัง ระบบการวัดก็สามารถให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำและสามารถทำซ้ำได้

5. เครื่องวัดแบบไฟฟ้าสถิตย์ จะใช้สำหรับวัดแรงดันไฟฟ้าค่าสูงๆ การบายเบนของเข็มชี้อาศัยผลของไฟฟ้าสถิตย์ ที่เกิดขึ้นบนแผ่นตัวนำทั้งสองที่วางไว้ใกล้กัน โครงสร้างที่สำคัญประกอบด้วย 3 ส่วนคือ แผ่นตัวนำเคลื่อนที่ได้ ซึ่งมีเข็มชี้ติดอยู่แผ่นตัวนำอยู่กับที่ และสปริงกันหอย

เครื่องวัดไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Field Meter หรือ Static Meter) คืออุปกรณ์ที่ใช้วัดขนาดของประจุและสนามไฟฟ้าสถิตบนพื้นผิววัสดุแบบไม่สัมผัส ช่วยป้องกันความเสียหายต่อชิ้นงานในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และเคมีคอนดักเตอร์

ประเภทและการใช้งานแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบหลัก:

เครื่องวัดสนามไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Field Meter): ใช้ชี้ไปที่พื้นผิววัสดุ (เช่น พลาสติก ฟิเลม กระดาษ) เพื่ออ่านค่าแรงดันไฟฟ้าสถิต (โวลต์) ว่ามีปริมาณเท่าใด รุ่นยอดนิยม เช่น *SIMCO FMX-004*

เครื่องวัดความต้านทานพื้นผิว (Surface Resistance Meter): ใช้วัดค่าการนำไฟฟ้าหรือความเป็นฉนวน เพื่อตรวจสอบว่าพื้นโต๊ะหรือพื้นห้องป้องกันไฟฟ้าสถิต (ESD) ได้มาตรฐานหรือไม่

เครื่องทดสอบอุปกรณ์ป้องกัน (ESD Tester): ใช้ทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ส่วนบุคคล เช่น สายรัดข้อมือ (Wrist Strap) และรองเท้าป้องกันไฟฟ้าสถิต



6. แคลมป์มิเตอร์ เป็นเครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้าในวงจรโดยวิธีการคล้องปากคีม เข้ากับสายไฟฟ้าที่มีกระแสไหลผ่านและสามารถอ่านค่าได้โดยไม่ต้องถอดสายใดๆเลย

แคลมป์มิเตอร์ (Clamp Meter) หรือที่มักเรียกกันว่า "มิเตอร์แบบคีม" คือ เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าที่ใช้วัดค่ากระแสไฟฟ้าโดยไม่ต้องตัดต่อสายไฟหรือหยุดการทำงานของอุปกรณ์ เพียงแค่ใช้ปากคีม (Jaw) คล้องรอบสายไฟ ก็สามารถอ่านค่าได้ทันที

หลักการทำงาน: ใช้หลักการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โดยรอบสายไฟที่มีกระแสไหลผ่านจะเกิดสนามแม่เหล็ก แคลมป์มิเตอร์จะตรวจจับสนามแม่เหล็กนี้และแปลงเป็นค่ากระแสไฟฟ้าแสดงผลบนหน้าจอ

ความสะดวกและปลอดภัย: ปลอดภัยสูงเพราะไม่ต้องสัมผัสตัวนำไฟฟ้าโดยตรง ไม่ต้องดับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ขณะตรวจวัด

ฟังก์ชันการใช้งาน: แคลมป์มิเตอร์ยุคปัจจุบันเป็นแบบดิจิทัล นอกจากวัดกระแส (Amps) ได้แล้ว ยังมักใช้วัดแรงดันไฟฟ้า (Volts) ความต้านทาน (Ohms) และความต่อเนื่อง (Continuity)



แคลมป์มิเตอร์

6. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบแบบทดสอบ หน่วยที่ 2

ตอนที่ 1 จงพิจารณาเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว

จงเขียนเครื่องหมาย X คำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

- เครื่องมือวัดแบบเรียงกระแสใช้อุปกรณ์ตามข้อใดในการเรียงกระแส
 - ไดโอด
 - SCR
 - LED
 - รีซิสเตอร์
- วงจรเรกติไฟเออร์ทำหน้าที่อะไร
 - แปลงสัญญาณ A/D
 - เรียงกระแสเอซี. เป็น ดีซี.
 - ป้องกันสนามแม่เหล็กภายนอก
 - เรียงกระแสดีซี. เป็น เอซี.
- เครื่องมือวัดแบบเรียงกระแสครึ่งคลื่นที่ใช้ในทางปฏิบัติต้องใช้อุปกรณ์เรียงกระแสกี่ตัว
 - 4 ตัว

- ข. 3 ตัว
ค. 2 ตัว
ง. 1 ตัว
4. เครื่องวัดไฟฟ้ากระแสสลับแบบเรียงกระแสครึ่งคลื่นมีความไวเท่าใด เมื่อเทียบกับเครื่องวัดไฟฟ้ากระแสตรง
ก. 35 %
ข. 60 %
ค. 45 %
ง. 90 %
5. ข้อใดคือประโยชน์ของการต่อตัวต้านทานชั้นท์ (Rah) ในวงจรเครื่องวัดแบบเรียงกระแสครึ่งคลื่น
ก. เพื่อให้มีกระแสไหลผ่านไดโอดมากขึ้น
ข. เพื่อด้านทานการไหลของกระแสในมูฟเมนต์มิเตอร์
ค. เพื่อให้ความไวสูงขึ้น
ง. ผิดทุกข้อ
6. เครื่องวัดแบบเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ ต้องใช้อุปกรณ์เรียงกระแสกี่ตัว
ก. 1 ตัว
ข. 2 ตัว
ค. 4 ตัว
ง. ไม่ใช่
7. ส่วนประกอบของเครื่องวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์ต่างจากเครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่อย่างไร
ก. มีขดลวดอยู่กับที่ชุดเดียว
ข. ไม่มีสปริงควบคุม
ค. ใช้ขดลวดอยู่กับที่แทนแม่เหล็กถาวร
ง. ผิดทุกข้อ
8. อิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์ที่ใช้กันมากที่สุดคือข้อใด
ก. แอมมิเตอร์
ข. วัตต์มิเตอร์
ค. โอห์มมิเตอร์
ง. กัลวานอมิเตอร์
9. เพราะเหตุใดจึงใช้อิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์เป็นเครื่องมือถ่ายทอดการวัด (Transfer instrument)
ก. มีความไวสูง
ข. มีความถูกต้องสูง
ค. สนามแม่เหล็กมีความเข้มสูง
ง. ถูกทุกข้อ
10. เครื่องวัดแบบไฟฟ้าสถิตย์ ใช้วัดอะไร
ก. กระแสไฟฟ้าสูง ๆ
ข. กำลังไฟฟ้าสูง ๆ
ค. แรงดันไฟฟ้าสูง ๆ เป็นกิโลโวลต์
ง. วัดแรงดันไฟฟ้าจำนวนเล็กน้อย

ตอนที่ 2 แบบฝึกหัด

คำชี้แจง จงตอบคำถามลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

1. จงอธิบายหลักการทำงานของเครื่องวัดแบบเรียงกระแสครึ่งคลื่น

ตอบ.....

2. จงอธิบายหลักการทำงานของเครื่องวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์

ตอบ.....

3. จงอธิบายหลักการทำงานของเครื่องวัดแบบเทอร์โมคัปเปิ้ล

ตอบ.....

4. จงอธิบายหลักการทำงานของเครื่องวัดแบบไฟฟ้าสถิต

ตอบ.....

5. จงบอกข้อควรระวังเมื่อใช้งานแคลมป์มิเตอร์

ตอบ.....

7. เอกสารอ้างอิง

1. สิทธิพงศ์ อินทรายุทธ.เครื่องมือวัดไฟฟ้า.กรุงเทพมหานคร:ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ,2567.
2. ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตในเรื่องเครื่องมือวัดไฟฟ้า

8. ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัดและเฉลยแบบทดสอบ)

แบบแบบทดสอบ หน่วยที่ 2

ตอนที่ 1 จงพิจารณาเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว

จงเขียนเครื่องหมาย X คำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. เครื่องวัดแบบเรียงกระแสใช้อุปกรณ์ตามข้อใดในการเรียงกระแส

ก. ไดโอด

ข. SCR

ค. LED

ง. รีซิสเตอร์

2. วงจรเรกติไฟเออร์ทำหน้าที่อะไร

ก. แปลงสัญญาณ A/D

ข. เรียงกระแสเอซี. เป็น ดีซี.

ค. ป้องกันสนามแม่เหล็กภายนอก

ง. เรียงกระแสดีซี. เป็น เอซี.

3. เครื่องวัดแบบเรียงกระแสครึ่งคลื่นที่ใช้ในทางปฏิบัติต้องใช้อุปกรณ์เรียงกระแสที่ตัว

- ก. 4 ตัว
 ข. 3 ตัว
 ค. 2 ตัว
 ง. 1 ตัว
4. เครื่องวัดไฟฟ้ากระแสสลับแบบเรียงกระแสครึ่งคลื่นมีความไวเท่าใด เมื่อเทียบกับเครื่องวัดไฟฟ้ากระแสตรง
 ก. 35 %
 ข. 60 %
 ค. 45 %
 ง. 90 %
5. ข้อใดคือประโยชน์ของการต่อตัวต้านทานชั้นท์ (Rah) ในวงจรเครื่องวัดแบบเรียงกระแสครึ่งคลื่น
 ก. เพื่อให้มีกระแสไหลผ่านไดโอดมากขึ้น
 ข. เพื่อต้านทานการไหลของกระแสในมูฟเมนต์มิเตอร์
 ค. เพื่อให้ความไวสูงขึ้น
 ง. ผิดทุกข้อ
6. เครื่องวัดแบบเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ ต้องใช้อุปกรณ์เรียงกระแสกี่ตัว
 ก. 1 ตัว
 ข. 2 ตัว
 ค. 4 ตัว
 ง. ไม่ใช่
7. ส่วนประกอบของเครื่องวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์ต่างจากเครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่อย่างไร
 ก. มีขดลวดอยู่กับที่ชุดเดียว
 ข. ไม่มีสปริงควบคุม
 ค. ใช้ขดลวดอยู่กับที่แทนแม่เหล็กถาวร
 ง. ผิดทุกข้อ
8. อิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์ที่ใช้กันมากที่สุดคือข้อใด
 ก. แอมมิเตอร์
 ข. วัตต์มิเตอร์
 ค. โอห์มมิเตอร์
 ง. กัลวานอมิเตอร์
9. เพราะเหตุใดจึงใช้อิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์เป็นเครื่องมือถ่ายทอดการวัด (Transfer instrument)
 ก. มีความไวสูง
 ข. มีความถูกต้องสูง
 ค. สนามแม่เหล็กมีความเข้มสูง
 ง. ถูกทุกข้อ
10. เครื่องวัดแบบไฟฟ้าสถิตย์ ใช้วัดอะไร
 ก. กระแสไฟฟ้าสูง ๆ
 ข. กำลังไฟฟ้าสูง ๆ
 ค. แรงดันไฟฟ้าสูง ๆ เป็นกิโลโวลต์

ง. วัดแรงดันไฟฟ้าจำนวนเล็กน้อย

ตอนที่ 2 แบบฝึกหัด

คำชี้แจง จงตอบคำถามลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

1. จงอธิบายหลักการทำงานของเครื่องวัดแบบเรียงกระแสครึ่งคลื่น

ตอบ

เครื่องวัดแบบเรียงกระแสครึ่งคลื่นที่ใช้ในเชิงพาณิชย์จะใช้ไดโอด จำนวน 2 ตัว และต่อตัวต้านทานชั้นหุ้มขนานกับมิเตอร์มูฟเมนต์ การต่อ R_{sh} ให้มีค่าเท่ากับความต้านทานภายในของมิเตอร์มูฟเมนต์ (R_m) จะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอด D_1 มากขึ้น (ในขณะที่ D_1 ได้รับไบอัสตรง) ทำให้ไดโอดนำกระแสได้สูงกว่าช่วงแรงดันคัทอิน

2. จงอธิบายหลักการทำงานของเครื่องวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์

ตอบ

เครื่องวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์ จะเกิดแรงบิดขึ้นโดยอาศัยกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดอยู่กับที่และขดลวดเคลื่อนที่ซึ่งต่ออนุกรมกันโดยใช้สปริงกันหอยควบคุมการบายนของเข็มชี้ แต่จะมีความไวต่ำ เนื่องจากต้องใช้กระแสจำนวนมากขึ้นให้ไหลผ่านขดลวดทั้งสองชุดที่ต่ออนุกรมกัน แต่อิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์จะให้ผลการวัดที่มีความถูกต้องสูง ในทางปฏิบัติจึงใช้เป็น เครื่องมือถ่ายทอดการวัด (transfer instrument) ไฟฟ้ากระแสสลับในเทอมค่ามาตรฐานของไฟฟ้ากระแสตรง

3. จงอธิบายหลักการทำงานของเครื่องวัดแบบเทอร์โมคัพเปิ้ล

ตอบ

เครื่องวัดชนิดนี้จะอาศัยหลักการเกิดแรงดันของเทอร์โมคัพเปิ้ล ซึ่งต่อวัดปริมาณทางกายภาพ โดย ตรงคืออุณหภูมิ ดังนั้นเครื่องวัดชนิดนี้จึงสามารถวัดได้ทั้งแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับและกระแสตรง มีความถูกต้องสูง

4. จงอธิบายหลักการทำงานของเครื่องวัดแบบไฟฟ้าสถิต

ตอบ

เครื่องวัดแบบไฟฟ้าสถิตจะประกอบด้วยโครงสร้างที่สำคัญ 3 ส่วน คือ แผ่นตัวนำเคลื่อนที่ได้ แผ่นตัวนำอยู่กับที่ และสปริงกันหอย ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับ Variable capacitor นั่นคือเมื่อมีแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเข้ามายังแผ่นตัวนำ จะทำให้เกิดความต่างศักย์ในลักษณะสนามไฟฟ้าสถิตที่มีขั้วต่างกัน จึงทำให้เกิดแรงดูดแผ่นตัวนำเคลื่อนที่ซึ่งสามารถเคลื่อนที่ไปได้

5. จงบอกข้อควรระวังเมื่อใช้งานแคลมป์มิเตอร์

ตอบ

1. ระวังอย่าให้เครื่องวัดได้รับแรงดันเข้าเกินพิกัด
 2. ถ้ามีแรงดันวัดคร่อมระหว่างคอมมอนและโอห์มเกินกว่า 600 v เอซี. หรือ ดีซี. จะทำให้วงจรชำรุด(ดูรายละเอียดในคู่มือ)
 3. อย่าใช้เครื่องวัด วัดแรงดันในขณะที่จอหรือฮุคคล้องอยู่กับสายไฟโลหะหรือในที่ที่มีสนามแม่เหล็ก
 4. เมื่อชาร์ตแบตเตอรี่ ควรตรวจสอบอะแดปเตอร์ที่ใช้อย่าให้แรงดันเกินพิกัด
- อย่าเก็บเครื่องวัดไว้ในที่มีความชื้นหรือความร้อนสูง

	ใบงานหน่วยที่ 2	หน่วยที่ 2
	รหัสวิชา 30104-2001 ชื่อวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 4 - 5
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับ	ทฤษฎี...4...ชม. ปฏิบัติ...6...ชม.
ชื่อเรื่อง/งานโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

แสดงความรู้ในทฤษฎีของเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับ

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ - สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน-.....

2) วิธีประเมิน-.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ.....

3. สมรรถนะประจำหน่วย

3.1. แสดงความรู้ในการใช้งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายการทำงานของโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับได้

2. อธิบายวิธีการขยายย่านวัดได้

3. นำไปประยุกต์ใช้งานได้

5. เครื่องมือและอุปกรณ์

1. แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับชนิดปรับค่าได้ (Variac) 0 - 220 V

2. มัลติมิเตอร์

3. มิลลิแอมมิเตอร์ 1 mA

4. ไดโอด เบอร์ 1N 4001 หรือเทียบเท่า จำนวน 2 ตัว

5. ตัวต้านทานกลองปรับให้ได้ค่าตามต้องการ (Rs1 และ Rs2) จำนวน 2 กลอง

6. แผงต่อวงจรพร้อมสาย

7. สวิตช์เลือกย่านวัด

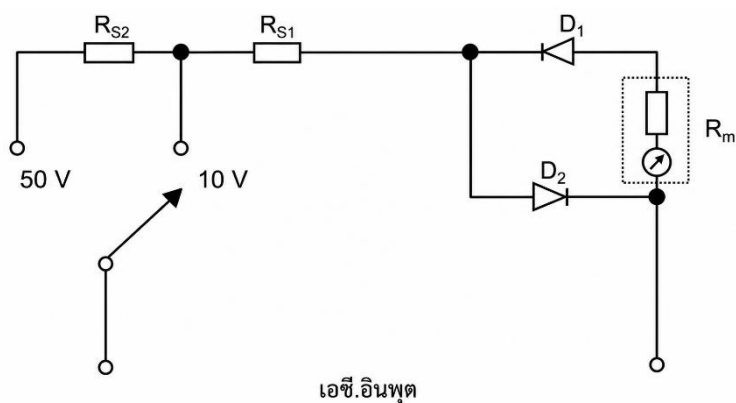
6. คำแนะนำ/ข้อควรระวัง

โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับจะใช้มูฟเมนต์มิเตอร์เช่นเดียวกับโวลต์มิเตอร์กระแสตรง ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงต้องแปลงแรงดันไฟสลับเป็นแรงดันไฟตรงโดยการเรียงกระแสไฟฟ้าด้วยไดโอด จากนั้นจึงต่ออนุกรมด้วยตัวต้านทานมัลติพลายเออร์สำหรับการแสดงค่าแรงดันบนสเกลจะกำหนดเป็นค่าประสิทธิภาพหรือค่า อาร์ เอ็มเอส (root mean square ; rms) เขียนเป็นสมการ ดังนี้

$$E_{rms} = 0.707 E_p$$

7. ขั้นตอนการปฏิบัติงานคำสั่งสำหรับการทำกิจกรรมตามใบงานที่ 2

1. ต้องการสร้างโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับให้สามารถวัดได้ 2 ย่านวัด คือ 10 V และย่าน 50 V ดังรูปที่ 6.2 โดยกำหนดให้ใช้มูฟเมนต์มิเตอร์อันเดียวกับใบงานที่ 4 ซึ่งมี

$R_m = \dots\dots\dots \Omega$
 $I_m = \dots\dots\dots \text{mA} / \mu\text{A}$


รูปวงจรทดลอง

2. คำนวณหาความต้านทานมัลติพลายเออร์

 $R_{s1} = \dots\dots\dots \Omega$
 $R_{s2} = \dots\dots\dots \Omega$

3. สร้างสเกลหน้าปัดขึ้นใหม่ โดยยึดช่วงสเกลอันเดิมเป็นหลัก

4. ปรับตัวต้านทานให้เท่ากับ R_{s1} และ R_{s2} พร้อมกับประกอบเป็นวงจรโวลต์มิเตอร์ ดังรูปวงจรทดลอง

5. นำโวลต์มิเตอร์ที่สร้างขึ้นไปต่อวัดแรงดันจากแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับชนิดปรับค่าได้ (Variac) โดยต่อขนานกับมัลติมิเตอร์ (ย่าน ACV) เพื่อเปรียบเทียบค่าแรงดันที่วัดได้ บันทึกผลตาราง

6. คำนวณเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดข้อควรระวัง การปรับแรงดันจากแหล่งจ่ายควรเริ่มจากค่าต่ำสุดก่อนและค่อยๆ ปรับเพิ่มขึ้นทีละน้อย ระวังอย่าให้เกินย่านวัด

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ย่านวัด	10 V		50 V			
จากมัลติมิเตอร์	5 V	10 V	10 V	20 V	30 V	40 V
จากมิเตอร์ที่สร้าง						
เปอร์เซ็นต์ผิดพลาด						

สรุปผลการปฏิบัติงาน

.....

.....

8.สรุปและวิจารณ์ผล

นักเรียนต้องได้ผลการประเมินไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60 และหากไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินจะต้อง ปฏิบัติงานใหม่

9.การประเมินผล

ใบประเมินผลงานหน่วยที่ 2
(Evaluation Sheet)

ชื่องาน งานโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ		วันที่เริ่มงาน			
ผู้ปฏิบัติ		ผู้ประเมิน นายรชตะ ใจตรง			
จุดประเมิน	ผลการประเมิน				หมายเหตุ
	ดีมาก (10)	ดี (7)	พอใช้ (5)	แก้ไข (3)	
ขณะปฏิบัติงาน					
1. งานเตรียมความพร้อมปฏิบัติงาน					
2. งานจัดบันทึกข้อมูล					
3. งานเก็บอุปกรณ์หลังจากปฏิบัติงาน					
4. ปฏิบัติงานตามขั้นตอน					
รวม					
คะแนน 20%	$\frac{\dots\dots\dots \times 20}{\dots\dots\dots}$				
คุณภาพของผลงาน					
ผลงาน (1) (งานโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ)	ผลการประเมิน				
	ดีมาก (10)	ดี (7)	พอใช้ (5)	แก้ไข (3)	
1. ความสำเร็จของงาน					
รวม					
ผลรวมทั้งหมด					

	ใบมอบหมายงานหน่วยที่ 2	หน่วยที่ 2
	รหัสวิชา 30104-2001 ชื่อวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 4 - 5
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับ	ทฤษฎี...4...ชม. ปฏิบัติ...6...ชม.
ชื่อเรื่อง/งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับ		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

แสดงความรู้ในทฤษฎีของเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับ

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ - สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน-.....

2) วิธีประเมิน-.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ.....

3. สมรรถนะประจำหน่วย

3.1. แสดงความรู้ในการใช้งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายการทำงานของเครื่องวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าได้
2. อธิบายการทำงานของเครื่องวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์ได้
3. อธิบายการทำงานของเครื่องวัดแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่ได้
4. อธิบายการทำงานของเครื่องวัดแบบเทอร์โมคัปเปิ้ลได้
5. อธิบายการทำงานของเครื่องมือวัดไฟฟ้าสถิตย์ได้
6. ขยายย่านวัดโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับได้
7. มีความเพียรพยายาม ในการเรียนและการปฏิบัติงาน
8. ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จตามกำหนด
9. กล้าแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล
10. มีสัมมาคารวะต่อครู-อาจารย์

5. เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

5.1 กระดาษชาร์ตแผ่นใหญ่ใช้สำหรับการเขียนข้อมูลนำเสนอ

5.2 อุปกรณ์ เครื่องเขียน

6. ขั้นตอนการทำกิจกรรม

ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม 6 กลุ่ม 1. อธิบายการทำงานของเครื่องวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าได้ 2. อธิบายการทำงานของเครื่องวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์ได้ 3. อธิบายการทำงานของเครื่องวัดแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่ได้ 4. อธิบายการทำงานของเครื่องวัดแบบเทอร์โมคัปเปิ้ลได้ 5. อธิบายการทำงานของเครื่องมือวัดไฟฟ้าสถิตย์ได้ 6. ขยายย่านวัดโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับได้

7. สรุปและอภิปราย

7.1 ให้ผู้เรียนจัดกลุ่ม ศึกษาลักษณะทั่วไปของแต่ละกลุ่มได้รับมอบหมาย แต่ละกลุ่มศึกษาเนื้อหาแตกต่างกัน

7.2 ให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มประชุมคณะทำงาน แบ่งหน้าที่และความรับผิดชอบ จากนั้นให้ผู้เรียนทุกกลุ่มระดมสมองศึกษาเนื้อหาตามที่ได้รับมอบหมายและค้นคว้าเพิ่มเติม หาตัวแทนกลุ่มนำเสนอกิจกรรมหน้าชั้นเรียน

8. การประเมินผล

ให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มประเมินตนเองและประเมินผลกลุ่มอื่นๆ โดยใช้แบบประเมินผลงาน ผู้สอนประเมินผลผู้เรียนทุกกลุ่ม โดยใช้แบบประเมิน ดังนี้

- แบบประเมินกระบวนการทำงานกลุ่ม
- แบบประเมินการนำเสนอผลงาน
- แบบประเมินผลงาน
- แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

9. การประเมินผล

9.1 จากการประเมินกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม

เกณฑ์การประเมิน	ดี	คะแนนอยู่ระหว่าง	12-15
	พอใช้	คะแนนอยู่ระหว่าง	9-11
	ปรับปรุง	คะแนนอยู่ระหว่าง	5-8

9.2 จากการประเมินการนำเสนอผลงาน

เกณฑ์การประเมิน	ดี	คะแนนอยู่ระหว่าง	15-18
	พอใช้	คะแนนอยู่ระหว่าง	12-14
	ปรับปรุง	คะแนนอยู่ระหว่าง	6-11

9.3 จากการประเมินผลงาน

เกณฑ์การประเมิน	ดี	คะแนนอยู่ระหว่าง	2.70
	พอใช้	คะแนนอยู่ระหว่าง	1.30-2.70
	ปรับปรุง	คะแนนอยู่ระหว่าง	1.30

9.4 จากการประเมินผลการปฏิบัติงาน

เกณฑ์การประเมิน	ดี	คะแนนอยู่ระหว่าง	6-10
	ปรับปรุง	คะแนนอยู่ระหว่าง	1-5

หมายเหตุ เกณฑ์การประเมินที่ใช้ในการตัดสินต้องได้มาจากคะแนนเฉลี่ยของผู้ประเมินทั้งหมด ผลรวมของคะแนนจาก เครื่องมือทุกประเภทไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 ถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมิน

10. เอกสารอ้างอิง/เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม

สิทธิพงศ์ อินทรายุทธ.เครื่องมือวัดไฟฟ้า.กรุงเทพมหานคร:ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ,2567.

ใบประเมินผลกิจกรรมหน่วยที่ 2
(Evaluation Sheet)

ชื่องาน งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับ		วันที่เริ่มงาน			
ผู้ปฏิบัติ		ผู้ประเมิน นายรชตะ ใจตรง			
จุดประเมิน	ผลการประเมิน				หมายเหตุ
	ดีมาก (10)	ดี (7)	พอใช้ (5)	แก้ไข (3)	
ขณะปฏิบัติงาน					
1. งานเตรียมความพร้อมปฏิบัติงาน					
2. งานจัดบันทึกข้อมูล					
3. งานเก็บอุปกรณ์หลังจากปฏิบัติงาน					
4. ปฏิบัติงานตามขั้นตอน					
รวม					
คะแนน 20%	$\frac{\dots\dots\dots \times 20}{\dots\dots\dots}$				
คุณภาพของผลงาน					
ผลงาน (1) (งานเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับ)	ผลการประเมิน				
	ดีมาก (10)	ดี (7)	พอใช้ (5)	แก้ไข (3)	
1. ความสำเร็จของงาน					
รวม					
ผลรวมทั้งหมด					

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3	หน่วยที่ 3
	รหัสวิชา 30104-2001 ชื่อวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 6-7
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานการวัดด้วยบริดจ์	ทฤษฎี.....4.....ชม. ปฏิบัติ.....6.....ชม.
ชื่อเรื่อง/งานการวัดด้วยบริดจ์		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

แสดงความรู้เกี่ยวกับงานการวัดด้วยบริดจ์

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ - สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน-.....

2) วิธีประเมิน-.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ.....

3. สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานของโครงสร้างภายในของวิสโตนบริดจ์ได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. คำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของบริดจ์ไฟฟ้ากระแสตรงได้

2. คำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของบริดจ์ไฟฟ้ากระแสสลับได้

3. บอกวิธีการประยุกต์ใช้งานวงจรบริดจ์ได้

4. ต่อวงจรวิสโตนบริดจ์ได้

5. วัดความต้านทานของวงจรวิสโตนบริดจ์ได้

6. มีการเตรียมความพร้อมในการเรียนและการปฏิบัติงาน

7. กล้าแสดงออกในสิ่งที่ถูกต้อง

8. มีความกระตือรือร้นในการใฝ่หาความรู้ใหม่

5. สารการเรียนรู้

1. บริดจ์ไฟฟ้ากระแสตรง

1.1 บริดจ์สมดุล

1.2 บริดจ์ไม่สมดุล

1.3 เคลวินบริดจ์

2. บริดจ์ไฟฟ้ากระแสสลับ

2.1 บริดจ์เปรียบเทียบกับคาปาซิแตนซ์

2.2 แมกซ์เวลล์บริดจ์

2.3 เฮย์บริดจ์

2.4 เวนบริดจ์

3 การประยุกต์ใช้งานวงจรบริดจ์

6. กิจกรรมการเรียนรู้

กิจกรรมครู

1. ทำการเช็คชื่อ ตรวจเครื่องมือ และการแต่งกาย สอบถามสาเหตุของการแต่งกายผิดระเบียบ
2. ครูอบรมคุณธรรม จริยธรรม เรื่อง ความมีวินัย ประมาณ 5-10 นาที
3. มอบหมายให้นักเรียนเบิก เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์การทดลองการวัดความต้านทานด้วยวงจร
วิหส์โตนบริดจ์
4. ครูสอนเนื้อหาสาระในบทที่ 3 โดยวิธีการบรรยาย(Lecture) ประกอบการสาธิต
(Demonstration) เรื่องการวัดด้วยบริดจ์
5. ให้นักเรียนปฏิบัติ ตามใบงานที่ 3 ครูคอยแนะนำ เป็นที่ปรึกษา แก้ไขปัญหา และตรวจสอบ
ความผิดพลาด
6. มอบหมายให้นักเรียน ทำแบบฝึกหัดบทที่ 3
7. ครูและ นักเรียนร่วมกันสรุปผลการทดลองใบงานหน่วยที่ 3
8. มอบหมายให้ไปศึกษาเนื้อหาในบทที่ 4 มาล่วงหน้าก่อนเรียนในบทถัดไป
9. ครูดูแลการเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง การทำความสะอาด ห้องปฏิบัติการทดลอง
เครื่องมือวัดไฟฟ้า
10. บันทึกปัญหาที่เกิดขึ้นในการสอน ลงในบันทึกหลังการสอน เพื่อนำข้อมูลไปแก้ไขต่อไป

กิจกรรมนักเรียน

1. รับการตรวจเครื่องมือและการแต่งกาย บอกถึงสาเหตุของการแต่งกายผิดระเบียบ
 2. รับฟังและยอมรับเหตุผล แล้วนำไปปฏิบัติการ
- แก้ไขในพฤติกรรมที่ไม่ถูกต้อง
3. เบิกเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง
 4. ตั้งใจฟัง และดูการสาธิต
 5. นักเรียนปฏิบัติการทดลองตามใบงานหน่วยที่ 3
 6. ทำแบบฝึกหัด บทที่ 3
 7. นำเสนอผลการสรุป จดบันทึกผลการสรุป
 8. จดบันทึกการมอบหมายงาน
 9. เก็บเครื่องมือ อุปกรณ์การทดลอง และทำความสะอาดห้องปฏิบัติการทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้า

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. ห้องสมุดของทางวิทยาลัย
2. สิทธิพงศ์ อินทรายุทธ.เครื่องมือวัดไฟฟ้า.กรุงเทพมหานคร:ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ,2567.
3. ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตในเรื่องเครื่องมือวัดไฟฟ้า

8. หลักฐานการเรียนรู้

8.1 หลักฐานความรู้

1. ใบความรู้ หน่วยที่ 3 เรื่อง งานการวัดด้วยบริดจ์
2. สื่อ Power Point ประกอบการสอน เรื่อง งานการวัดด้วยบริดจ์

8.2 หลักฐานการปฏิบัติงาน

1. แบบฝึกหัด
2. แบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยที่ 3 เรื่อง งานการวัดด้วยบริดจ์
3. ใบงานหน่วยที่ 3 เรื่อง การวัดความต้านทานด้วยวงจรวิหส์โตนบริดจ์
4. แบบทดสอบหลังเรียน ชุดการสอนที่ 3 เรื่อง งานการวัดด้วยบริดจ์

5. แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้รายบุคคล
6. แบบประเมินการนำเสนอผลงานรายบุคคล
7. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

9. การวัดและประเมินผล

9.1 เกณฑ์การปฏิบัติงาน

1. แบบฝึกทักษะ
2. ปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้
3. พฤติกรรมการเรียน การทำงานกลุ่ม
4. งานที่มอบหมาย/ใบงาน

9.2 วิธีการประเมิน

1. สังเกตการปฏิบัติงาน
2. พฤติกรรมการเรียน

9.3 เครื่องมือประเมิน

1. ใบความรู้
2. ใบกิจกรรม
3. แบบสังเกตพฤติกรรม

10 บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้

ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องงานการวัดด้วยบริดจ์ สรุปได้ดังนี้

1. เวลาที่ใช้สอน.....
2. เนื้อหา.....
3. สื่อการสอน.....

ผลการเรียนของนักเรียน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการสอนของครู

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อผู้บันทึก.....

(นายรัชตะ ใจตรง)

	ใบความรู้หน่วยที่ 3	หน่วยที่ 3
	รหัสวิชา 30104-2001 ชื่อวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 6-7
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานการวัดด้วยบริดจ์	ทฤษฎี.....6.....ชม. ปฏิบัติ.....9.....ชม.
ชื่อเรื่อง/งานการวัดด้วยบริดจ์		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

แสดงความรู้เกี่ยวกับงานการวัดด้วยบริดจ์

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ - สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน-.....

2) วิธีประเมิน-.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ.....

3. สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานของโครงสร้างภายในของวิสโตนบริดจ์ได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. คำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของบริดจ์ไฟฟ้ากระแสตรงได้

2. คำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของบริดจ์ไฟฟ้ากระแสสลับได้

3. บอกวิธีการประยุกต์ใช้งานวงจรบริดจ์ได้

4. ต่อยวงจรวิสโตนบริดจ์ได้

5. วัดความต้านทานของวงจรวิสโตนบริดจ์ได้

6. มีการเตรียมความพร้อมในการเรียนและการปฏิบัติงาน

7. กล้าแสดงออกในสิ่งที่ถูกต้อง

8. มีความกระตือรือร้นในการใฝ่หาความรู้ใหม่

5. เนื้อหาสาระ

วงจรบริดจ์วิสโตนใช้เครือข่ายตัวแบ่งแรงดันสองตัว

วงจร บริดจ์วิสโตนเป็นวงจรรูปทรงเพชร ซึ่งคิดค้นโดยชาร์ลส์ วิสโตนเมื่อหลายปีก่อน สามารถใช้ในการวัดค่าความต้านทานที่ไม่ทราบค่าได้อย่างแม่นยำ โดยการปรับสมดุลเครือข่ายตัวแบ่งแรงดันสองเครือข่ายแม้ว่าในปัจจุบันมัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลจะเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดในการวัดความต้านทาน แต่ก็ยังสามารถใช้วงจร บริดจ์วิสโตนเพื่อเปรียบเทียบความต้านทานที่ไม่ทราบค่ากับความต้านทานที่ทราบค่า เพื่อหาค่าความต้านทานได้อย่างแม่นยำสูง ซึ่งช่วยให้สามารถวัดค่าความต้านทานต่ำมาก ๆ ได้อย่างแม่นยำ แม้กระทั่งค่าในระดับมิลลิโอห์ม ($m\Omega$)

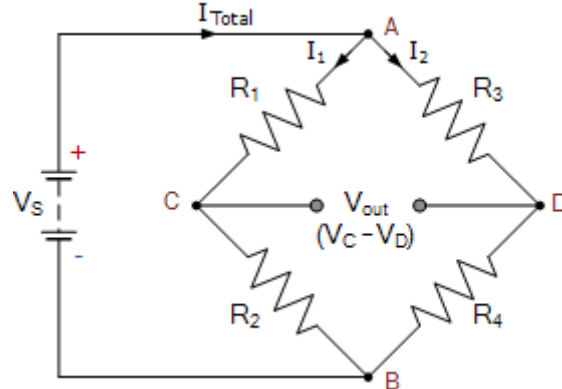
วงจรบริดจ์วิสโตนใช้ทำอะไร

วงจรบริดจ์วิสโตน (หรือบริดจ์ความต้านทาน) สามารถนำไปใช้ในงานต่างๆ ได้มากมาย และในปัจจุบัน ด้วยแอมพลิฟายเออร์ปฏิบัติการที่ทันสมัย เราสามารถใช้วงจรบริดจ์วิสโตนเพื่อเชื่อมต่อทรานสดิวเซอร์และเซ็นเซอร์ต่างๆ เข้ากับวงจรแอมพลิฟายเออร์เหล่านี้ได้วงจรบริดจ์วิสโตนนี้นั้นมีอะไรมาไกลกว่าการจัดเรียง

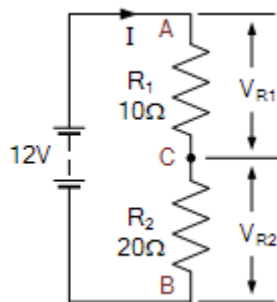
ตัวต้านทานแบบอนุกรม-ขนานอย่างง่ายสองชุดที่เชื่อมต่อระหว่างขั้วจ่ายแรงดันและกราวด์ โดยเมื่อสมดุลแล้ว จะเกิดความต่างศักย์เป็นศูนย์ระหว่างสองสาขาขนาน

วงจรบริดจ์วีทสโตนมีขั้วอินพุตสองขั้วและขั้วเอาต์พุตสองขั้ว ซึ่งประกอบด้วยตัวต้านทานสี่ตัวที่จัดเรียงในรูปแบบคล้ายเพชรที่คุ้นเคยดังแสดงในภาพ นี่คือลักษณะทั่วไปของการาววงจรบริดจ์วีทสโตน

การกำหนดค่าบริดจ์วีทสโตนพื้นฐาน



เมื่อสมดุลแล้ว วงจรบริดจ์วีทสโตนสามารถวิเคราะห์ได้ง่ายๆ ว่าเป็นวงจรอนุกรมสองชุดที่ต่อขนานกัน ในบทเรียนเรื่องตัวต้านทานแบบอนุกรมเราได้เห็นแล้วว่าตัวต้านทานแต่ละตัวในวงจรอนุกรมจะทำให้เกิดแรงดันตกคร่อม (IR voltage drop) อันเป็นผลมาจากกระแสที่ไหลผ่านตามที่กฎของโอห์มกำหนดไว้ ลองพิจารณาวงจรอนุกรมด้านล่างนี้



เนื่องจากตัวต้านทานทั้งสองต่ออนุกรมกัน กระแสไฟฟ้า (i) จึงไหลผ่านตัวต้านทานทั้งสองเท่ากัน ดังนั้น กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานอนุกรมทั้งสองนี้จึงกำหนดได้ดังนี้: $I = V / R_T$

$$I = V \div R = 12\text{V} \div (10\Omega + 20\Omega) = 0.4\text{A} \text{ (400mA)}$$

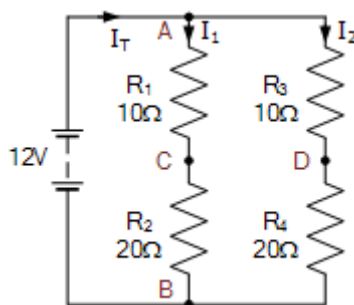
แรงดันไฟฟ้าที่จุด C ซึ่งก็คือแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานล่าง R2 นั้นคำนวณได้ดังนี้:

$$V_{R2} = I \times R_2 = 0.4\text{A} \times 20\Omega = 8 \text{ โวลต์}$$

จากนั้นเราจะเห็นว่าแรงดันไฟเลี้ยง V_S ถูกแบ่งระหว่างตัวต้านทานอนุกรมสองตัวตามสัดส่วนโดยตรงของค่าความต้านทาน โดยที่ $V_{R1} = 4\text{V}$ และ $V_{R2} = 8\text{V}$

นี่คือหลักการพื้นฐานของการแบ่งแรงดัน ซึ่งทำให้เกิดสิ่งที่เรียกกันทั่วไปว่าวงจรแบ่งศักย์หรือเครือข่ายแบ่งแรงดัน

ถ้าเราเพิ่มวงจรตัวต้านทานแบบอนุกรมอีกวงจรหนึ่ง โดยใช้ค่าตัวต้านทานเดียวกันกับวงจรแรก ต่อขนานกับวงจรแรก จะได้วงจรตัวต้านทานดังต่อไปนี้



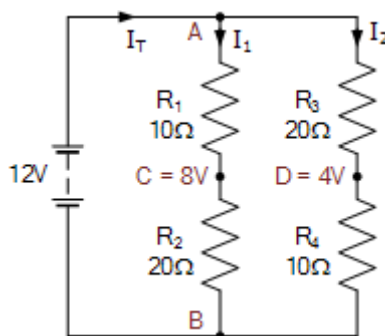
เนื่องจากวงจรอนุกรมที่สองมีค่าความต้านทานเท่ากับวงจรแรก แรงดันไฟฟ้าที่จุด D ซึ่งเป็นแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน R4 จึงมีค่าเท่ากับ 8 โวลต์ เมื่อเทียบกับศูนย์ (ขั้วลบของแบตเตอรี่) เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายมาเท่ากัน วงจรความต้านทานทั้งสองจึงเหมือนกันทุกประการ

แต่สิ่งที่สำคัญไม่แพ้กันอีกอย่างหนึ่งก็คือ ความต่างศักย์ระหว่างจุด C และจุด D จะเป็นศูนย์โวลต์ (0V) เนื่องจากทั้งสองจุดมีค่าแรงดันไฟฟ้าเท่ากันที่ 8 โวลต์ นั่นคือ $C = D = 8$ โวลต์ ทำให้ความต่างศักย์ระหว่างทั้งสองจุดเท่ากับ 0 โวลต์ ($8 - 8 = 0$)

เมื่อเกิดเหตุการณ์เช่นนี้ ทั้งสองด้านของวงจรบริดจ์จะอยู่ในสถานะ "สมดุล" เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าที่จุด C มีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่จุด D โดยมีผลต่างเป็นศูนย์

การกลับทิศทางขั้วต้านทานข้างหนึ่ง

ทีนี้ลองมาพิจารณากันว่าจะเกิดอะไรขึ้นหากเราสลับตำแหน่งของตัวต้านทานสองตัว คือ R₃ และ R₄ ในวงจรขนานที่สอง เทียบกับ R₁ และ R₂



เมื่อสลับตัวต้านทาน R₃ และ R₄ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจรอนุกรมจะยังคงเท่าเดิม และแรงดันไฟฟ้าที่จุด D ซึ่งก็คือแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน R₄ จะเป็นดังนี้:

$$V_{R4} = 0.4A \times 10\Omega = 4 \text{ โวลต์}$$

ตอนนี้เมื่อ V_{R4} มีแรงดันตกคร่อม 4 โวลต์ แรงดันต่างระหว่างจุด C และ D จะเท่ากับ 4 โวลต์ เนื่องจาก $C = 8$ โวลต์ และ $D = 4$ โวลต์ ดังนั้น แรงดันต่างในครั้งนี่คือ $8 - 4 = 4$ โวลต์

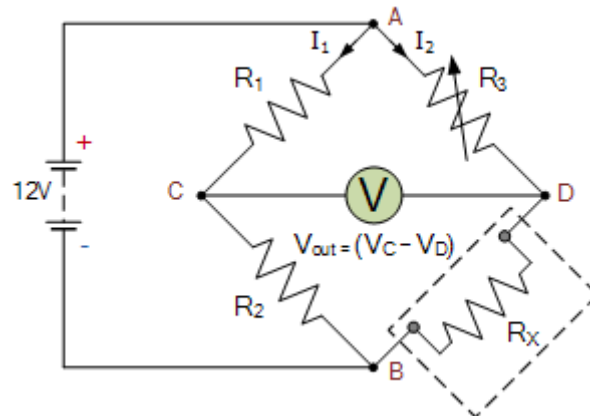
ผลจากการสลับตัวต้านทานทั้งสองตัวคือ ทั้งสองด้านหรือ “แขน” ของวงจรขนานจะมีค่าแตกต่างกัน เนื่องจากทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมที่แตกต่างกัน เมื่อเป็นเช่นนี้ วงจรขนานจะอยู่ในสถานะไม่สมดุลเนื่องจากแรงดันที่จุด C มีค่าแตกต่างจากแรงดันที่จุด D

จากนั้นเราจะเห็นว่าอัตราส่วนความต้านทานของแขนขนานทั้งสองนี้ คือ ACB และ ADB ส่งผลให้เกิดความต่างศักย์ระหว่าง 0 โวลต์ (สมดุล) และแรงดันไฟฟ้าสูงสุดของแหล่งจ่าย (ไม่สมดุล) และนี่คือหลักการพื้นฐานของวงจรบริดจ์วีทสตัน

ดังนั้น เราคงเห็นแล้วว่าวงจรบริดจ์วีทสตันสามารถใช้เปรียบเทียบค่าความต้านทานที่ไม่ทราบค่า R_x กับค่าความต้านทานอื่นๆ ที่ทราบค่าได้ ตัวอย่างเช่น R₁ และ R₂ มีค่าคงที่ ในขณะที่ R₃ อาจเป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงได้

ถ้าเราต่อโวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ หรือแกลวานมิเตอร์แบบตั้งเดิมระหว่างจุด C และ D แล้วปรับค่าตัวต้านทาน R_3 จนกระทั่งมิเตอร์อ่านค่าเป็นศูนย์ จะทำให้แขนทั้งสองข้างสมดุลกัน และค่าของ R_X (โดยแทนค่า R_4) จะทราบได้ดังที่แสดงไว้

วงจรบริดจ์วีทสตัน



โดยการแทนที่ R_4 ด้านบนด้วยตัวต้านทานที่มีค่าที่ทราบหรือไม่ทราบค่าในแขนรับสัญญาณของวงจรบริดจ์วีทสตันที่สอดคล้องกับ R_X และปรับตัวต้านทานตรงข้าม R_3 เพื่อ "ปรับสมดุล" วงจรบริดจ์ จะทำให้ได้เอาต์พุตแรงดันศูนย์ จากนั้นเราจะเห็นว่าความสมดุลเกิดขึ้นเมื่อ

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_X} = 1 \text{ (Balanced)}$$

สมการวงจรบริดจ์วีทสตันที่จำเป็นในการหาค่าความต้านทานที่ไม่ทราบค่า R_X ที่สภาวะสมดุล มีดังนี้

การหาอนุพันธ์ของสะพานวีทสตัน

$$V_{OUT} = (V_C - V_D) = (V_{R2} - V_{R4}) = 0$$

$$R_C = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad \text{and} \quad R_D = \frac{R_4}{R_3 + R_4}$$

$$\text{At Balance: } R_C = R_D \quad \text{So, } \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_4}{R_3 + R_4}$$

$$\therefore R_2(R_3 + R_4) = R_4(R_1 + R_2)$$

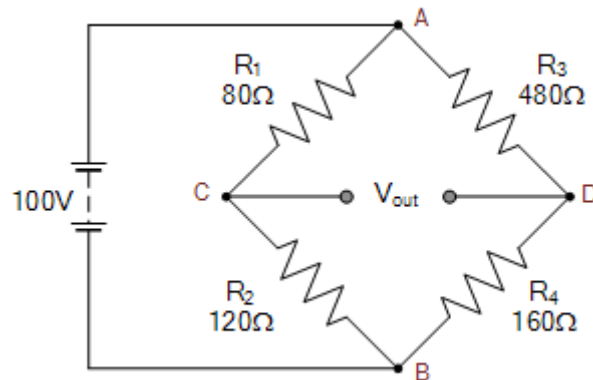
$$R_2 R_3 + \cancel{R_2 R_4} = R_1 R_4 + \cancel{R_2 R_4}$$

$$\therefore R_4 = \frac{R_2 R_3}{R_1} = R_X$$

โดยที่ตัวต้านทาน R_1 และ R_2 เป็นค่าที่ทราบหรือตั้งค่าไว้ล่วงหน้า

ตัวอย่างการใช้งานที่ 1

วงจรบริดจ์วีทสโตนที่ไม่สมดุลต่อไปนี้ถูกสร้างขึ้น จงคำนวณแรงดันเอาต์พุตที่จุด C และ D และค่าของตัวต้านทาน R_4 ที่จำเป็นในการทำให้วงจรบริดจ์สมดุล



สำหรับแขนซีรีส์แรกคือ ACB

$$V_C = \frac{R_2}{(R_1 + R_2)} \times V_S$$

$$V_C = \frac{120\Omega}{80\Omega + 120\Omega} \times 100 = 60 \text{ volts}$$

สำหรับแขนซีรีส์ที่สองคือ ADB

$$V_D = \frac{R_4}{(R_3 + R_4)} \times V_S$$

$$V_D = \frac{160\Omega}{480\Omega + 160\Omega} \times 100 = 25 \text{ volts}$$

แรงดันไฟฟ้าที่จุด CD มีค่าดังนี้

$$V_{OUT} = V_C - V_D$$

$$\therefore V_{OUT} = 60 - 25 = 35 \text{ volts}$$

ค่าความต้านทาน R_4 ที่จำเป็นในการปรับสมดุลวงจรบริดจ์มีดังนี้

$$R_4 = \frac{R_2 R_3}{R_1} = \frac{120\Omega \times 480\Omega}{80\Omega} = 720\Omega$$

จากที่กล่าวมาข้างต้น เราได้เห็นแล้วว่าวงจรบริดจ์วีทสโตนมีขั้วต่ออินพุตสองขั้ว (AB) และขั้วต่อเอาต์พุตสองขั้ว (CD)

เมื่อวงจรบริดจ์อยู่ในสภาวะสมดุล แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วเอาต์พุตจะเป็น 0 โวลต์ แต่เมื่อวงจรบริดจ์อยู่ในสภาวะไม่สมดุล แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตอาจเป็นบวกหรือลบก็ได้ ขึ้นอยู่กับทิศทางของการไม่สมดุล

ตัวตรวจจับแสงแบบสะพานวีทสโตน

วงจรบริดจ์สมดุมีการใช้งานทางอิเล็กทรอนิกส์ที่มีประโยชน์มากมาย เช่น ใช้ในการวัดการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสง ความดัน หรือความเครียด เซ็นเซอร์แบบต้านทานที่สามารถใช้ในวงจรบริดจ์วีทสโตน ได้แก่ เซ็นเซอร์แบบต้านทานแสง (LDR), เซ็นเซอร์วัดตำแหน่ง (โพเทนชิโอมิเตอร์), เซ็นเซอร์แบบต้านทานเพียโซ (เกจวัดความเครียด) และเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ (เทอร์มิสเตอร์) เป็นต้น

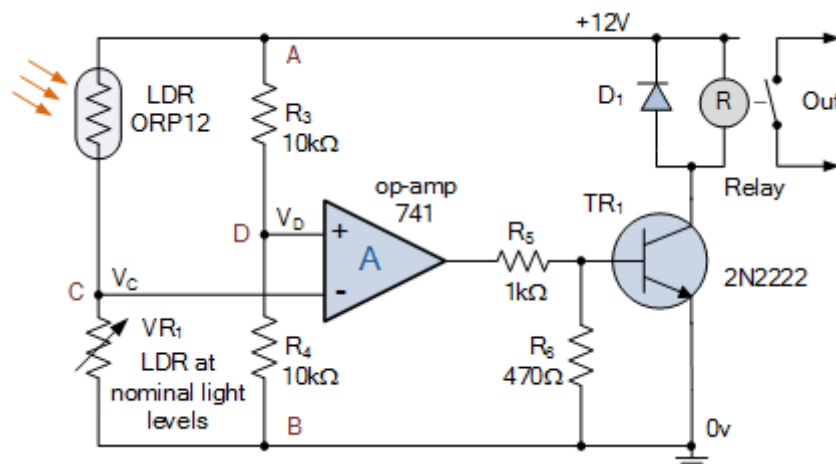
วงจรบริดจ์วีทสโตนมีการใช้งานมากมายในการตรวจวัดปริมาณทางกลและทางไฟฟ้าหลากหลายประเภท แต่การใช้งานบริดจ์วีทสโตนที่ง่ายมากอย่างหนึ่งคือการวัดแสงโดยใช้อุปกรณ์ต้านทานแสง โดยแทนที่ตัวต้านทานตัวหนึ่งในวงจรบริดจ์ด้วยตัวต้านทานที่ขึ้นอยู่กับแสง หรือ LDR

LDR หรือที่รู้จักกันในชื่อโฟโตเซลล์แคดเมียมซัลไฟด์ (Cds) เป็นเซ็นเซอร์แบบต้านทานแบบพาสซีฟที่แปลงการเปลี่ยนแปลงของระดับแสงที่มองเห็นได้เป็นการเปลี่ยนแปลงของความต้านทานและทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้า ตัวต้านทานที่ขึ้นอยู่กับแสงสามารถใช้ในการตรวจสอบและวัดระดับความเข้มของแสง หรือตรวจสอบว่าแหล่งกำเนิดแสงเปิดหรือปิดอยู่

โดยทั่วไปแล้ว เซลล์แคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) เช่น ตัวต้านทานที่ไวต่อแสง ORP12 จะมีความต้านทานประมาณ 1 เมกะโอห์ม ($M\Omega$) ในที่มืดหรือแสงสลัว ประมาณ $900\ \Omega$ ที่ความเข้มแสง 100 ลักซ์ (ซึ่งเป็นลักษณะทั่วไปของห้องที่มีแสงสว่างเพียงพอ) และลดลงเหลือประมาณ $30\ \Omega$ ในแสงแดดจ้า

จากนั้นเมื่อความเข้มของแสงเพิ่มขึ้น ความต้านทานจะลดลง โดยการเชื่อมต่อตัวต้านทานที่ไวต่อแสงเข้ากับวงจรบริดจ์วีทสโตนข้างต้น เราสามารถตรวจสอบและวัดการเปลี่ยนแปลงของระดับแสงได้ดังที่แสดงไว้

วงจรตรวจจับแสงอย่างง่าย



โฟโตเซลล์ LDR ต่อเข้ากับวงจรบริดจ์วีทสโตนดังแสดงในภาพ เพื่อสร้างสวิตช์ไวต่อแสงที่จะทำงานเมื่อระดับแสงที่ตรวจจับได้สูงกว่าหรือต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ล่วงหน้าซึ่งกำหนดโดย V_{R1} ในตัวอย่างนี้ V_{R1} คือโพเทนชิโอมิเตอร์ขนาด 22k หรือ 47k Ω

วงจรขยายสัญญาณปฏิบัติการ (op-amp) ต่อเป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดัน โดยใช้แรงดันอ้างอิง V_D ต่อเข้ากับขาที่ไม่กลับเฟส ในตัวอย่างนี้ เนื่องจาก R_3 และ R_4 มีค่าเท่ากันคือ 10k Ω ดังนั้นแรงดันอ้างอิงที่ตั้งไว้ที่จุด D จะเท่ากับครึ่งหนึ่งของ V_{CC} นั่นคือ $V_{CC}/2$

ตัวต้านทานปรับค่าได้ V_{R1} ใช้สำหรับตั้งค่าแรงดันจุดตัด V_C ซึ่งป้อนเข้าอินพุตแบบกลับเฟส และตั้งค่าไว้ที่ระดับแสงที่ต้องการ รีเลย์จะเปิดทำงานเมื่อแรงดันที่จุด C น้อยกว่าแรงดันที่จุด D

การปรับ V R1จะตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าที่จุด C เพื่อปรับสมดุลวงจรบริดจ์ที่ระดับแสงหรือความเข้มแสงที่ต้องการ LDR สามารถเป็นอุปกรณ์แคดเมียมซัลไฟด์ชนิดใดก็ได้ที่มีอิมพีแดนซ์สูงที่ระดับแสงน้อยและอิมพีแดนซ์ต่ำที่ระดับแสงมาก

โปรดทราบว่าวงจรนี้สามารถใช้เป็นวงจรควบคุมการเปิด-ปิดด้วยแสง หรือวงจรควบคุมการเปิด-ปิดด้วยความมืดได้ เพียงแค่สลับตำแหน่งของ LDR และ R3 ในการออกแบบ

สรุปบทเรียนเกี่ยวกับวงจรบริดจ์วีทสโตน

วงจรบริดจ์วีทสโตนมีประโยชน์มากมายในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ นอกเหนือจากการเปรียบเทียบค่าความต้านทานที่ไม่ทราบค่ากับค่าความต้านทานที่ทราบค่าแล้ว

เมื่อใช้ร่วมกับตัวขยายสัญญาณปฏิบัติการ (Operational Amplifier) วงจรบริดจ์วีทสโตนสามารถใช้ในการวัดและขยายการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยของความต้านทาน R Xซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงดังที่เราได้เห็นข้างต้น

แต่วงจรบริดจ์ยังเหมาะสำหรับการวัดการเปลี่ยนแปลงความต้านทานของปริมาณที่เปลี่ยนแปลงอื่นๆ ด้วย โดยการแทนที่เซ็นเซอร์แสง LDR ที่กล่าวมาข้างต้นด้วยเทอร์มิสเตอร์ เซ็นเซอร์ความดัน เกจวัดความเครียด หรือเซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์อื่นๆ ที่ คล้ายกัน

โดยการสลับตำแหน่งของ LDR และ V R1ในวงจรพื้นฐาน เราสามารถใช้การกำหนดค่าบริดจ์วีทสโตนในการใช้งานตรวจวัดอื่นๆ ได้หลากหลาย เช่น ความดัน หรืออุณหภูมิ

นอกจากนี้ ยังสามารถใช้เซ็นเซอร์ความต้านทานมากกว่าหนึ่งตัวภายในแขนทั้งสี่ (หรือสาขา) ของบริดจ์ที่เกิดจากตัวต้านทาน R 1ถึง R 4เพื่อสร้างวงจร "ฟูลบริดจ์" "ฮาล์ฟบริดจ์" หรือ "ควอเตอร์บริดจ์" ซึ่งให้การชดเชยความร้อนหรือการปรับสมดุลอัตโนมัติของบริดจ์วีทสโตน

6. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบแบบทดสอบ หน่วยที่ 3

ตอนที่ 1 จงพิจารณาเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว

จงเขียนเครื่องหมาย X คำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. วงจรบริดจ์ต้องประกอบด้วยความต้านทานกี่ตัว
 - ก. 2 ตัว
 - ข. 3 ตัว
 - ค. 4 ตัว
 - ง. 6 ตัว
2. เครื่องมือที่ใช้วัดตรวจสอบความสมดุลในวีทสโตนบริดจ์ คืออะไร
 - ก. โวลต์มิเตอร์
 - ข. กัลวานอมิเตอร์
 - ค. มิลลิแอมมิเตอร์
 - ง. โอห์มมิเตอร์
3. เครื่องมือที่ใช้วัดตรวจสอบความสมดุลในวงจรบริดจ์ไฟฟ้ากระแสสลับ เรียกว่าอะไร
 - ก. DC Detector
 - ข. Voltage Comparator
 - ค. AC Detector
 - ง. ผิดทุกข้อ

4. บริดจ์ไฟฟ้ากระแสสลับใช้วัดปริมาณใดบ้าง
 - ก. LCR
 - ข. F, H , C
 - ค. A, V, 22
 - ง. D , Q
5. ในสภาวะใดจึงจะถือว่าบริดจ์ไฟฟ้ากระแสสลับอยู่ในสภาวะสมดุล
 - ก. ขนาดเท่ากัน
 - ข. มุมเฟสเท่ากัน
 - ค. ขนาดและมุมเฟสเท่ากัน
 - ง. อิมพีแดนซ์เท่ากัน
6. บริดจ์เปรียบเทียบคาปาซิแตนซ์ ใช้ทดสอบหาอะไร
 - ก. R
 - ข. L
 - ค. C
 - ง. LCR
7. วงจรแบบแมกซ์เวลล์บริดจ์ ใช้ทดสอบหาอะไร
 - ก. RL อนุกรม
 - ข. C
 - ค. Z
 - ง. RC ขนาน
8. วงจรแบบเฮย์บริดจ์ ใช้ทดสอบหาอะไร
 - ก. RC อนุกรม
 - ข. R
 - ค. RL อนุกรม
 - ง. LC อนุกรม
9. วงจรเวนบริดจ์ ใช้ทดสอบหาอะไร
 - ก. RL อนุกรม
 - ข. RC อนุกรม หรือ RC ขนาน
 - ค. LC อนุกรม
 - ง. ผิดทุกข้อ
10. การวัดด้วยวงจรบริดจ์ต่างจากการวัดด้วยโอห์มมิเตอร์อย่างไร
 - ก. วัดค่าต่ำ ๆ ได้และละเอียดกว่าโอห์มมิเตอร์
 - ข. วัดความต้านทานได้สูงกว่า
 - ค. ใช้เป็นเครื่องมือทดสอบได้
 - ง. ถูกทุกข้อ

ตอนที่ 2 แบบฝึกหัด

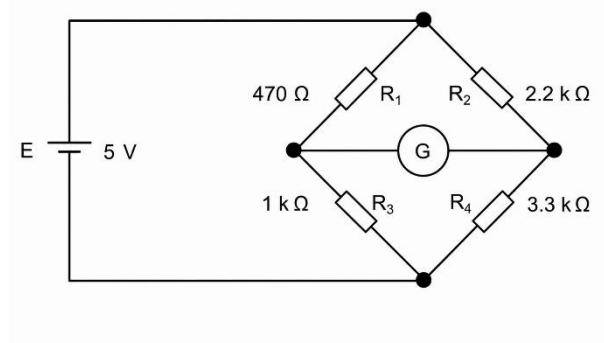
คำชี้แจง จงตอบคำถามลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

1. จงอธิบายหลักการของบริดจ์ไฟฟ้ากระแสตรง

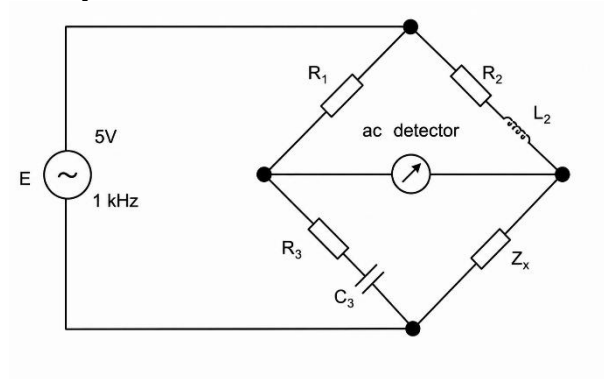
ตอบ.....

2. จงคำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านกัลวานอมิเตอร์เมื่อบริดจ์อยู่ในสภาวะไม่สมดุล และ $R_g = 200 \Omega$



ตอบ.....

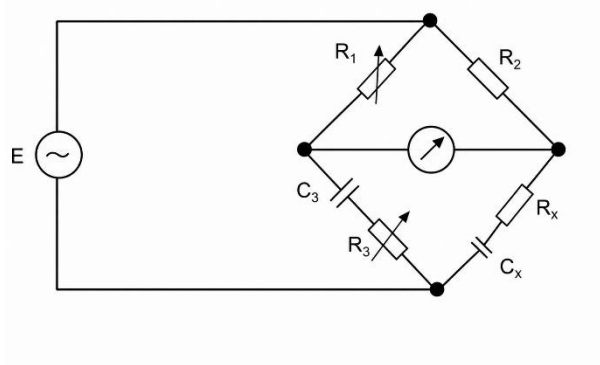
3. จากวงจรบริดจ์กระแสไฟฟ้าดังรูป จงคำนวณหา Z_x



เมื่อกำหนดให้ $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ $R_2 = 1.2 \text{ k}\Omega$ $R_3 = 1.2 \text{ k}\Omega$
 $L_2 = 10 \text{ mH}$ $C_3 = 0.22 \mu\text{F}$ $E = 5 \text{ V } 1 \text{ kHz}$

ตอบ.....

4. วงจรบริดจ์เปรียบเทียบคาปาซิแตนซ์ดังรูป จงคำนวณหาค่า R_2 และ C_2 ถ้าหากบริดจ์อยู่ในสภาวะสมดุล กำหนดให้ความถี่ = 500 Hz , $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 10 \text{ k}\Omega$ และ $C_3 = 4.7 \mu\text{F}$



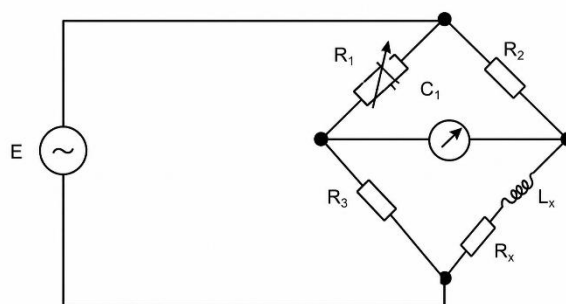
ตอบ.....

.....

.....

.....

5. วงจรแมกซ์เวลล์บริดจ์ดังรูป จงคำนวณหา R_2 และ L_x ถ้าหากบริดจ์อยู่ในสภาวะสมดุล กำหนดให้ $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 200\Omega$, $R_3 = 680\Omega$ และ $C_1 = 1 \mu\text{F}$



ตอบ.....

.....

.....

.....

7. เอกสารอ้างอิง

1. สิทธิพงศ์ อินทรายุทธ.เครื่องมือวัดไฟฟ้า.กรุงเทพมหานคร:ศูนย์ส่งเสริมอาชีวฯ, 2567.
2. ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตในเรื่องเครื่องมือวัดไฟฟ้า

8. ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัดและเฉลยแบบทดสอบ)

แบบแบบทดสอบ หน่วยที่ 3

ตอนที่ 1 จงพิจารณาเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว

จงเขียนเครื่องหมาย X คำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. วงจรบริดจ์ต้องประกอบด้วยความต้านทานกี่ตัว

- ก. 2 ตัว
 ข. 3 ตัว
 ค. 4 ตัว
 ง. 6 ตัว
2. เครื่องมือที่ใช้วัดตรวจสอบความสมดุลในวิสโตนบริดจ์ คืออะไร
 ก. โวลต์มิเตอร์
 ข. กัลวานอมิเตอร์
 ค. มิลลิแอมมิเตอร์
 ง. โอห์มมิเตอร์
3. เครื่องมือที่ใช้วัดตรวจสอบความสมดุลในวงจรบริดจ์ไฟฟ้ากระแสสลับ เรียกว่าอะไร
 ก. DC Detector
 ข. Voltage Comparator
 ค. AC Detector
 ง. ผิดทุกข้อ
4. บริดจ์ไฟฟ้ากระแสสลับใช้วัดปริมาณใดบ้าง
 ก. LCR
 ข. F, H , C
 ค. A, V, 22
 ง. D , Q
5. ในสภาวะใดจึงจะถือว่าบริดจ์ไฟฟ้ากระแสสลับอยู่ในสภาวะสมดุล
 ก. ขนาดเท่ากัน
 ข. มุมเฟสเท่ากัน
 ค. ขนาดและมุมเฟสเท่ากัน
 ง. อิมพีแดนซ์เท่ากัน
6. บริดจ์เปรียบเทียบคาปาซิแตนซ์ ใช้ทดสอบหาอะไร
 ก. R
 ข. L
 ค. C
 ง. LCR
7. วงจรแบบแมกซ์เวลล์บริดจ์ ใช้ทดสอบหาอะไร
 ก. RL อนุกรม
 ข. C
 ค. Z
 ง. RC ขนาน
8. วงจรแบบเฮย์บริดจ์ ใช้ทดสอบหาอะไร
 ก. RC อนุกรม
 ข. R
 ค. RL อนุกรม

- ง. LC อนุกรม
9. วงจรเวนบริดจ์ ใช้ทดสอบหาอะไร
- ก. RL อนุกรม
- ข. RC อนุกรม หรือ RC ขนาน
- ค. LC อนุกรม
- ง. ผิดทุกข้อ
10. การวัดด้วยวงจรบริดจ์ต่างจากการวัดด้วยโอห์มมิเตอร์อย่างไร
- ก. วัดค่าต่ำ ๆ ได้และละเอียดกว่าโอห์มมิเตอร์
- ข. วัดความต้านทานได้สูงกว่า
- ค. ใช้เป็นเครื่องมือทดสอบได้
- ง. ถูกทุกข้อ

ตอนที่ 2 แบบฝึกหัด

คำชี้แจง จงตอบคำถามลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

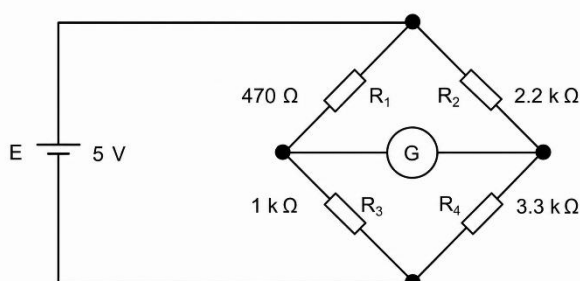
จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

1. จงอธิบายหลักการของบริดจ์ไฟฟ้ากระแสตรง

ตอบ

จะอาศัยความแตกต่างของแรงดันในแบบวงจรบริดจ์ จากนั้นนำมาเปรียบเทียบกัน ถ้าหากว่าแรงดันสูงต่ำไม่เท่ากัน จะทำให้เกิดกระแสไหลจากจุดที่ศักย์สูงกว่าไปยังจุดที่ศักย์ต่ำกว่า ในทางปฏิบัติจะใช้กัลวานอมิเตอร์เป็นอุปกรณ์ตรวจจับ

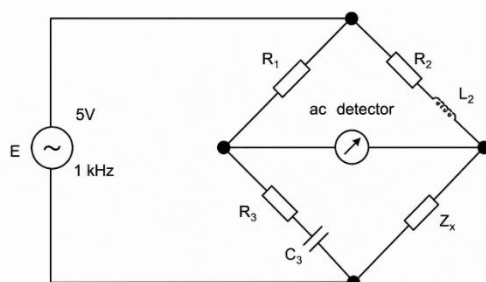
2. จงคำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านกัลวานอมิเตอร์เมื่อบริดจ์อยู่ในสภาวะไม่สมดุล และ $R_g = 200 \, \Omega$



ตอบ

$$I_g = 0.217 \text{ mA}$$

3. จากวงจรบริดจ์กระแสไฟฟ้าดังรูป จงคำนวณหา Z_x

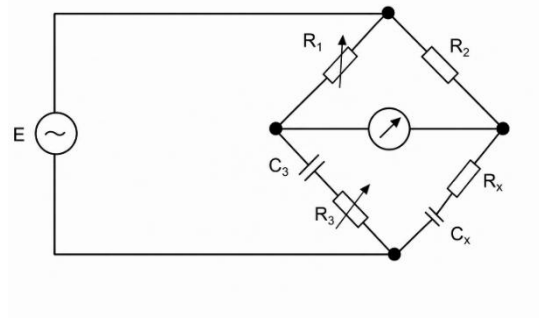


เมื่อกำหนดให้ $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ $R_2 = 1.2 \text{ k}\Omega$ $R_3 = 1.2 \text{ k}\Omega$
 $L_2 = 10 \text{ mH}$ $C_3 = 0.22 \text{ }\mu\text{F}$ $E = 5 \text{ V } 1 \text{ kHz}$

ตอบ

$$Z_x = 1,684 \text{ }\Omega - 28 \text{ }\Omega$$

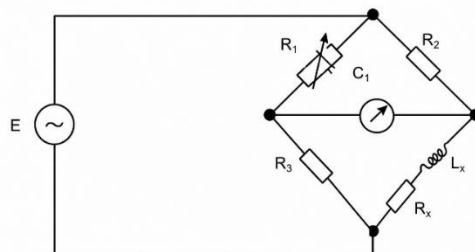
4. วงจรบริดจ์เปรียบเทียบค่าปาสซีแต้นซ์ดังรูป จงคำนวณหาค่า R_2 และ C_2 ถ้าหากบริดจ์อยู่ในสภาวะสมดุล กำหนดให้ความถี่ = 500 Hz , $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 10 \text{ k}\Omega$ และ $C_3 = 4.7 \text{ }\mu\text{F}$



ตอบ

$$R_x = 20 \text{ กิโลโห์ม} \quad C_x = 2.35 \text{ }\mu\text{F}$$

5. วงจรแมกซ์เวลล์บริดจ์ดังรูป จงคำนวณหา R_2 และ L_x ถ้าหากบริดจ์อยู่ในสภาวะสมดุล กำหนดให้ $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 200\Omega$, $R_3 = 680\Omega$ และ $C_1 = 1 \text{ }\mu\text{F}$



ตอบ

$$R_x = 68 \text{ โหห์ม} \quad L_x = 136 \text{ mH}$$

	ใบงานหน่วยที่ 3	หน่วยที่ 3
	รหัสวิชา 30104-2001 ชื่อวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 6-7
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานการวัดด้วยบริดจ์	ทฤษฎี...6...ชม. ปฏิบัติ...9...ชม.
ชื่อเรื่อง/งานการวัดความต้านทานด้วยวงจรวิสโตนบริดจ์		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

แสดงความรู้เกี่ยวกับงานการวัดด้วยบริดจ์

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ - สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน-.....

2) วิธีประเมิน-.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ.....

3. สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานของโครงสร้างภายในของวิสโตนบริดจ์ได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายหลักการทำงานของวงจรวิสโตนบริดจ์ได้

2. คำนวณหาค่าความต้านทานจากวงจรวิสโตนบริดจ์ได้

3. นำไปประยุกต์ใช้งานได้

5. เครื่องมือและอุปกรณ์

1. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC Power Supply) ปรับค่าได้ 0- 30 โวลต์

2. มัลติมิเตอร์

3. ตัวต้านทานค่า 100g2 จำนวน 2 ตัว

ตัวต้านทานค่า 220 จำนวน 1 ตัว

ตัวต้านทานค่า 1 kQ จำนวน 2 ตัว

ตัวต้านทานค่า 2.2 k2 จำนวน 1 ตัว

4. แผงต่อวงจรพร้อมสาย

6. คำแนะนำ/ข้อควรระวัง

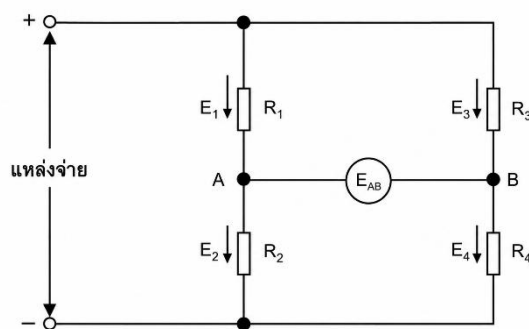
หลักการหาค่าความต้านทานของวงจรวิสโตนบริดจ์ จะใช้วิธีการเปรียบเทียบกับตัวต้านทานที่ทราบค่าแล้ว โดยจะใช้ตัวต้านทานทั้งหมด 4 ตัว ต่อเข้าด้วยกัน

เมื่อปรับ R3 จนกระทั่งเข็มของกัลวานอมิเตอร์ (G) ชี้ที่ค่าศูนย์ แสดงว่าบริดจ์อยู่ในสภาวะสมดุล (balance) ซึ่งจะพบว่าขณะนี้จะไม่มีกระแสไหลผ่านกัลวานอมิเตอร์เนื่องจากระดับแรงดันที่จุด A มีค่าเท่ากับจุด B นั่นคือ

$$E1 = E3$$

$$E2 = E4$$

7. ขั้นตอนการปฏิบัติงานคำสั่งสำหรับการทำกิจกรรมตามใบงานที่ 3



รูป วงจรการทดลองวิศัลยศาสตร์

- ต่อวงจรตามรูป
 $R_1 = R_2 = 100 \, \Omega$
 $R_3 = R_4 = 1 \text{ k} \, \Omega$
- จ่ายแรงดัน 10 V ให้กับวงจรพร้อมกับวัดแรงดัน E_1, E_2, E_3, E_4 และ E_{AB} บันทึกผลลงตาราง
- คำนวณหาอัตราส่วนความต้านทาน $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$
 อัตราส่วนของแรงดัน $\frac{E_1}{E_2} = \frac{E_3}{E_4}$
- เปลี่ยนค่าความต้านทานต่าง ๆ ตามตารางแล้วทดลองซ้ำ บันทึกผลลงในตาราง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

R_1	R_2	R_3	R_4	E_1	E_2	E_3	E_4	E_{AB}	$\frac{R_1}{R_2}$	$\frac{R_3}{R_4}$	$\frac{E_1}{E_2}$	$\frac{E_3}{E_4}$
0.1	0.1	1	1									
0.1	1	0.1	1									
0.1	1	1	0.1									
0.1	1	0.2	2.2									
0.1	1	2.2	0.2									
1	0.1	2.2	0.22									

สรุปผลการปฏิบัติงาน

.....

.....

.....

8.สรุปและวิจารณ์ผล

นักเรียนต้องได้ผลการประเมินไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60 และหากไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินจะต้อง ปฏิบัติงานใหม่

9.การประเมินผล

ใบประเมินผลงานหน่วยที่ 3
(Evaluation Sheet)

ชื่องาน งานการวัดความต้านทานด้วยวงจรวิตส์ วันที่เริ่มงาน โตนบริดจ์					
ผู้ปฏิบัติ		ผู้ประเมิน นายรชตะ ใจตรง			
จุดประเมิน	ผลการประเมิน				หมายเหตุ
	ดีมาก (10)	ดี (7)	พอใช้ (5)	แก้ไข (3)	
ขณะปฏิบัติงาน					
1. งานเตรียมความพร้อมปฏิบัติงาน					
2. งานจัดบันทึกข้อมูล					
3. งานเก็บอุปกรณ์หลังจากปฏิบัติงาน					
4. ปฏิบัติงานตามขั้นตอน					
รวม					
คะแนน 20%	$\frac{\dots\dots\dots \times 20}{\dots\dots\dots}$				
คุณภาพของผลงาน					
ผลงาน (1) (งานการวัดความต้านทานด้วยวงจรวิตส์โตนบริดจ์)	ผลการประเมิน				
	ดีมาก (10)	ดี (7)	พอใช้ (5)	แก้ไข (3)	
1. ความสำเร็จของงาน					
รวม					
ผลรวมทั้งหมด					

	ใบมอบหมายงานหน่วยที่ 3	หน่วยที่ 3
	รหัสวิชา 30104-2001 ชื่อวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 6-7
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานการวัดด้วยบริดจ์	ทฤษฎี...6...ชม. ปฏิบัติ...9...ชม.
ชื่อเรื่อง/งานการวัดด้วยบริดจ์		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

แสดงความรู้เกี่ยวกับงานการวัดด้วยบริดจ์

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ - สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน-.....

2) วิธีประเมิน-.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ.....

3. สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานของโครงสร้างภายในของวิสโตนบริดจ์ได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. คำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของบริดจ์ไฟฟ้ากระแสตรงได้

2. คำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของบริดจ์ไฟฟ้ากระแสสลับได้

3. บอกวิธีการประยุกต์ใช้งานวงจรบริดจ์ได้

4. ต่อวงจรวิสโตนบริดจ์ได้

5. วัดความต้านทานของวงจรวิสโตนบริดจ์ได้

6. มีการเตรียมความพร้อมในการเรียนและการปฏิบัติงาน

7. กล้าแสดงออกในสิ่งที่ถูกต้อง

8. มีความกระตือรือร้นในการใฝ่หาความรู้ใหม่

5. เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

5.1 กระดาษชาร์ตแผ่นใหญ่ใช้สำหรับการเขียนข้อมูลนำเสนอ

5.2 อุปกรณ์ เครื่องเขียน

6. ขั้นตอนการทำกิจกรรม

ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม 5 กลุ่ม 1. คำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของบริดจ์ไฟฟ้ากระแสตรงได้ 2.

คำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของบริดจ์ไฟฟ้ากระแสสลับได้ 3. บอกวิธีการประยุกต์ใช้งานวงจรบริดจ์ได้ 4. ต่อวงจรวิสโตนบริดจ์ได้ 5. วัดความต้านทานของวงจรวิสโตนบริดจ์ได้

7. สรุปและอภิปราย

7.1 ให้ผู้เรียนจัดกลุ่ม ศึกษาลักษณะทั่วไปที่แต่ละกลุ่มได้รับมอบหมาย แต่ละกลุ่มศึกษาเนื้อหาแตกต่างกัน

7.2 ให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มประชุมคณะทำงาน แบ่งหน้าที่และความรับผิดชอบ จากนั้นให้ผู้เรียนทุกกลุ่มระดมสมองศึกษาเนื้อหาตามที่ได้รับมอบหมายและค้นคว้าเพิ่มเติม หาตัวแทนกลุ่มนำเสนอกิจกรรมหน้าชั้นเรียน

8. การประเมินผล

ให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มประเมินตนเองและประเมินผลกลุ่มอื่นๆ โดยใช้แบบประเมินผลงาน ผู้สอนประเมินผลผู้เรียนทุกกลุ่ม โดยใช้แบบประเมิน ดังนี้

- แบบประเมินกระบวนการทำงานกลุ่ม
- แบบประเมินการนำเสนอผลงาน
- แบบประเมินผลงาน
- แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

9. การประเมินผล

9.1 จากการประเมินกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม

เกณฑ์การประเมิน	ดี	คะแนนอยู่ระหว่าง	12-15
	พอใช้	คะแนนอยู่ระหว่าง	9-11
	ปรับปรุง	คะแนนอยู่ระหว่าง	5-8

9.2 จากการประเมินการนำเสนอผลงาน

เกณฑ์การประเมิน	ดี	คะแนนอยู่ระหว่าง	15-18
	พอใช้	คะแนนอยู่ระหว่าง	12-14
	ปรับปรุง	คะแนนอยู่ระหว่าง	6-11

9.3 จากการประเมินผลงาน

เกณฑ์การประเมิน	ดี	คะแนนอยู่ระหว่าง	2.70
	พอใช้	คะแนนอยู่ระหว่าง	1.30-2.70
	ปรับปรุง	คะแนนอยู่ระหว่าง	1.30

9.4 จากการประเมินผลการปฏิบัติงาน

เกณฑ์การประเมิน	ดี	คะแนนอยู่ระหว่าง	6-10
	ปรับปรุง	คะแนนอยู่ระหว่าง	1-5

หมายเหตุ เกณฑ์การประเมินที่ใช้ในการตัดสินต้องได้มาจากคะแนนเฉลี่ยของผู้ประเมินทั้งหมด ผลรวมของคะแนนจาก เครื่องมือทุกประเภทไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 ถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมิน

10. เอกสารอ้างอิง/เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม

สิทธิพงศ์ อินทรายุทธ.เครื่องมือวัดไฟฟ้า.กรุงเทพมหานคร:ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ,2567.

ใบประเมินผลกิจกรรมหน่วยที่ 3
(Evaluation Sheet)

ชื่องาน งานการวัดด้วยบริดจ์		วันที่เริ่มงาน			
ผู้ปฏิบัติ		ผู้ประเมิน นายรชตะ ใจตรง			
จุดประเมิน	ผลการประเมิน				หมายเหตุ
	ดีมาก (10)	ดี (7)	พอใช้ (5)	แก้ไข (3)	
ขณะปฏิบัติงาน					
1. งานเตรียมความพร้อมปฏิบัติงาน					
2. งานจัดบันทึกข้อมูล					
3. งานเก็บอุปกรณ์หลังจากปฏิบัติงาน					
4. ปฏิบัติงานตามขั้นตอน					
รวม					
คะแนน 20%	$\frac{\dots\dots\dots \times 20}{\dots\dots\dots}$				
คุณภาพของผลงาน					
ผลงาน (1) (งานการวัดด้วยบริดจ์)	ผลการประเมิน				
	ดีมาก (10)	ดี (7)	พอใช้ (5)	แก้ไข (3)	
1. ความสำเร็จของงาน					
รวม					
ผลรวมทั้งหมด					

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4	หน่วยที่ 4
	รหัสวิชา 30104-2001 ชื่อวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 8 - 9
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานวัดค่าความต้านทานของหลักดิน	ทฤษฎี.....4.....ชม. ปฏิบัติ.....6.....ชม.
ชื่อเรื่อง/งานวัดค่าความต้านทานของหลักดิน		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

แสดงความรู้ในทฤษฎีของการวัดค่าความต้านทานของหลักดิน

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ - สมรรถนะย่อย.....-.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน-.....

2) วิธีประเมิน-.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ.....

3. สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้ในการใช้งานเครื่องมือวัดค่าความต้านทานของหลักดินได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกประโยชน์ของการต่อลงดินได้

2. บอกองค์ประกอบของการต่อลงดินได้

3. อธิบายค่าความต้านทานจำเพาะของดินได้

4. บอกองค์ประกอบของความต้านทานของการต่อลงดินได้

5. อธิบายความต้านทานของดินได้

6. วัดความต้านทานของการต่อลงดินได้

7. ปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงความปลอดภัยต่อตนเองและผู้อื่น

8. ไม่เล่นการพนัน

9. ปฏิบัติงานด้วยความละเอียดรอบคอบ

10. ใช้วัสดุ ถูกต้อง และเหมาะสมกับงาน

5. สารการเรียนรู้

1. ประโยชน์ของการต่อลงดิน

2. องค์ประกอบของการต่อลงดิน

3. ค่าความต้านทานจำเพาะของดิน

4. ความต้านทานของการต่อลงดิน

5. ความต้านทานของดิน

6. วิธีการวัดค่าความต้านทานของหลักดิน

7. ตัวอย่างเครื่องวัดความต้านทานดิน

หลักการทำงาน

ก. การทำงานแบบ 3 ขั้ว

ข. การทำงานแบบ 2 ขั้ว

วิธีการวัดความต้านทานดิน

ก. วิธีการต่อสายแบบ 3 ขั้ว

ข. วิธีการต่อแบบ 2 ขั้ว

ข้อควรระวัง

การดูแลและบำรุงรักษาเครื่องมือวัด

6. กิจกรรมการเรียนรู้

กิจกรรมครู

1. ทำการเช็คชื่อ ตรวจเครื่องมือ และการแต่งกาย สอบถามสาเหตุของการแต่งกายผิดระเบียบ
2. ครูอบรมคุณธรรม จริยธรรม เรื่อง การละเว้นสิ่งเสพติดและการพนัน ประมาณ 5-10 นาที
3. มอบหมายให้นักเรียนเบิก เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์การทดลองการวัดความต้านทานของการต่อลงดิน
4. ครูสอนเนื้อหาสาระในบทที่ 4 โดยวิธีการบรรยาย (Lecture) ประกอบการสาธิต (Demonstration) เรื่องการวัดค่าความต้านทานของหลักดิน
5. ให้นักเรียนปฏิบัติ ตามใบงานที่ 4 ครูคอยแนะนำ เป็นที่ปรึกษา แก้ไขปัญหา และตรวจสอบความผิดพลาด
6. มอบหมายให้นักเรียน ทำแบบฝึกหัดบทที่ 4
7. ครูและ นักเรียนร่วมกันสรุปผลการทดลองใบงานที่ 4
8. มอบหมายให้ไปศึกษาเนื้อหาในบทที่ 5 มาล่วงหน้าก่อนเรียนในสัปดาห์ถัดไป
9. ครูดูแลการเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง การทำความสะอาด ห้องปฏิบัติการทดลอง เครื่องวัดไฟฟ้า
10. บันทึกปัญหาที่เกิดขึ้นในการสอน ลงในบันทึกหลังการสอน เพื่อนำข้อมูลไปแก้ไขต่อไป

กิจกรรมนักเรียน

1. รับการตรวจเครื่องมือและการแต่งกาย บอกถึงสาเหตุของการแต่งกายผิดระเบียบ
2. รับฟังและยอมรับเหตุผล แล้วนำไปปฏิบัติการแก้ไขในพฤติกรรมที่ไม่ถูกต้อง
3. เบิกเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง
4. ตั้งใจฟัง และดูการสาธิต
5. นักเรียนปฏิบัติการทดลองตามใบงานที่ 4
6. ทำแบบฝึกหัด บทที่ 4
7. นำเสนอผลการสรุป จัดบันทึกผลการสรุป
8. จัดบันทึกการมอบหมายงาน

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. ห้องสมุดของทางวิทยาลัย
2. สิทธิพงษ์ อินทรายุทธ.เครื่องมือวัดไฟฟ้า.กรุงเทพมหานคร:ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ,2567.
3. ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตในเรื่องเครื่องมือวัดไฟฟ้า

8. หลักฐานการเรียนรู้

8.1 หลักฐานความรู้

1. ใบความรู้หน่วยที่ 4 เรื่อง งานวัดค่าความต้านทานของหลักดิน
2. สื่อ Power Point ประกอบการสอน เรื่อง งานวัดค่าความต้านทานของหลักดิน

8.2 หลักฐานการปฏิบัติงาน

1. แบบฝึกหัด
2. แบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยที่ 4 เรื่อง งานวัดค่าความต้านทานของหลักดิน
3. ใบงานที่ 4 เรื่อง งานวัดค่าความต้านทานของหลักดิน
4. แบบทดสอบหลังเรียน หน่วยที่ 4 เรื่อง งานวัดค่าความต้านทานของหลักดิน
5. แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้รายบุคคล
6. แบบประเมินการเข้าร่วมกิจกรรมกลุ่ม
7. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

9. การวัดและประเมินผล

9.1 เกณฑ์การปฏิบัติงาน

1. แบบฝึกทักษะ
2. ปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้
3. พฤติกรรมการเรียน การทำงานกลุ่ม
4. งานที่มอบหมาย/ใบงาน

9.2 วิธีการประเมิน

1. สังเกตการปฏิบัติงาน
2. พฤติกรรมการเรียน

9.3 เครื่องมือประเมิน

1. ใบความรู้
2. ใบกิจกรรม
3. แบบสังเกตพฤติกรรม

10 บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้

ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

1. เวลาที่ใช้สอน.....
2. เนื้อหา.....
3. สื่อการสอน.....

ผลการเรียนของนักเรียน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการสอนของครู

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อผู้บันทึก.....
(นายรชตะ ใจตรง)

	ใบความรู้หน่วยที่ 4	หน่วยที่ 4
	รหัสวิชา 30104-2001 ชื่อวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 8 - 9
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานวัดค่าความต้านทานของหลักดิน	ทฤษฎี.....4.....ชม. ปฏิบัติ.....6.....ชม.
ชื่อเรื่อง/งานวัดค่าความต้านทานของหลักดิน		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

แสดงความรู้ในทฤษฎีของการวัดค่าความต้านทานของหลักดิน

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ - สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน-.....

2) วิธีประเมิน-.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ.....

3. สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้ในการใช้งานเครื่องมือวัดค่าความต้านทานของหลักดินได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกประโยชน์ของการต่อลงดินได้

2. บอกองค์ประกอบของการต่อลงดินได้

3. อธิบายค่าความต้านทานจำเพาะของดินได้

4. บอกองค์ประกอบของความต้านทานของการต่อลงดินได้

5. อธิบายความต้านทานของดินได้

6. วัดความต้านทานของการต่อลงดินได้

7. ปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงความปลอดภัยต่อตนเองและผู้อื่น

8. ไม่เล่นการพนัน

9. ปฏิบัติงานด้วยความละเอียดรอบคอบ

10. ใช้วัสดุ ถูกต้อง และเหมาะสมกับงาน

5. เนื้อหาสาระ

1. ประโยชน์ของการต่อลงดิน คือ

1.1 เพื่อความปลอดภัยและป้องกันอันตราย เนื่องจากกระแสไฟฟ้าดูด

1.2 ป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องมือต่างๆชำรุด เมื่อเกิดความผิดปกติในระบบไฟฟ้า

1.3 จำกัดค่าแรงดันไฟฟ้าสูงเกินเนื่องจากฟ้าผ่า

1.4 ระบบป้องกันสามารถตรวจพบได้

1.5 ระบบไฟฟ้ามีความมั่นคง

ป้องกันไม่ให้ผู้ถูกไฟฟ้าดูดกรณีมีกระแสไฟฟ้ารั่วจากเครื่องใช้ไฟฟ้า เนื่องจากกระแสไฟฟ้ารั่วจากเครื่องใช้ไฟฟ้าจะไหลลงดินทางสายดิน โดยไม่ผ่านร่างกายผู้สัมผัสเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น เป็นผลทำให้อุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร และ/หรือไฟฟ้ารั่วจะตัดกระแสไฟฟ้าออกทันที

เครื่องใช้ไฟฟ้าบางประเภท เช่น คอมพิวเตอร์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์สื่อสารอาจทำงานได้ไม่สมบูรณ์หรือชำรุดได้ง่ายหากไม่มีสายดิน

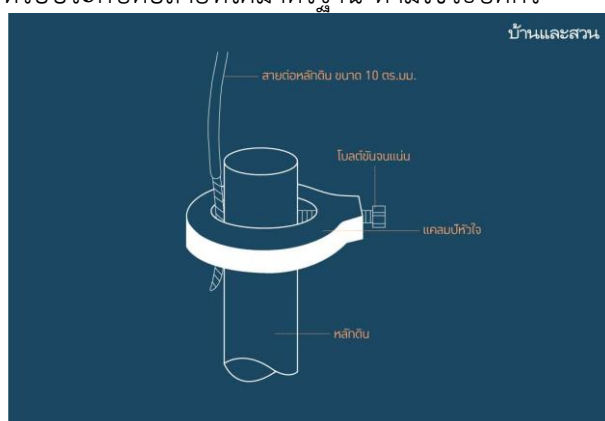


2. องค์ประกอบของการต่อลงดิน ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ สายดิน แท่งหลักดิน และการเชื่อมต่อสายดินเข้ากับหลักดิน

สายดิน (Equipment Grounding Conductor) สายไฟ (มักเป็นสีเขียวหรือสีเขียวแถบเหลือง) ที่เดินเชื่อมต่อจากโครงเครื่องใช้ไฟฟ้า เต้ารับ หรือแผงควบคุม ไปยังจุดศูนย์รวมสายดิน ทำหน้าที่เป็นทางผ่านนำกระแสไฟฟ้ารั่วไหลให้ไหลไปสู่หลักดินอย่างรวดเร็ว

แท่งหลักดิน (Ground Rod) แท่งโลหะตัวนำ (นิยมใช้แท่งเหล็กหุ้มด้วยทองแดง) ขนาดมาตรฐานไม่น้อยกว่า 5/8 นิ้ว (15.87 มม.) และยาวไม่น้อยกว่า 2.4 เมตร ทำหน้าที่ฝังลึกลงไปในพื้นดินเพื่อถ่ายเทและกระจายประจุไฟฟ้าที่รั่วไหลให้ลงสู่พื้นโลกอย่างปลอดภัย

การเชื่อมต่อสายดินเข้ากับหลักดิน จุดเชื่อมต่อระหว่างสายดินและหลักดิน ต้องมีความแข็งแรง ทนทาน และมีความต้านทานทางไฟฟ้าต่ำ โดยมาตรฐานกำหนดให้ใช้วิธีเชื่อมด้วยความร้อน (Exothermic welding) ใช้หัวต่อแบบบีบอัด หรือประกบต่อสายที่ได้มาตรฐาน ห้ามใช้วิธีบัดกรี



3. ค่าความต้านทานจำเพาะของดิน มีหน่วยเป็น Ω / m คือค่าความต้านทานของดินซึ่งวัดค่าความต้านทานระหว่างผิวของด้านตรงข้ามของดิน 1 ลูกบาศก์เมตร โดยที่ดินมีด้านกว้างระหว่างผิวด้านละ 1 เมตร เป็น 1 โอห์มค่าความต้านทานจำเพาะของดินขึ้นอยู่กับชนิดของดิน ซึ่งมีความชื้นของดินต่างกัน นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับความลึกของดิน อุณหภูมิโดยรอบความหนาแน่นของดิน

ค่าความต้านทานจำเพาะของดินโดยทั่วไป

ค่าความต้านทานของดินจะแปรผันตามสภาพพื้นที่ ความชื้น และแร่ธาตุ โดยประมาณการได้ดังนี้

ดินเปียกชื้น / ดินเลน (10 - 100 , Ω -m)

ดินร่วน / ดินเกษตรกรรม: (100 - 500 , Ω -m)

ดินปนทราย: (500 - 1000 , Ω -m)

หินลูกรัง / หินผุ: (1000 - 10000 , Ω -m)

มาตรฐานระบบสายดินที่ยอมรับได้

ตามหลักมาตรฐานสากลและข้อกำหนดของการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ได้ระบุไว้ดังนี้

ระบบทั่วไป ค่าความต้านทานของหลักดินต้องไม่เกิน 5 Ω

พื้นที่หินแข็ง / พื้นที่ยากแก่การติดตั้ง: อนุโลมให้ไม่เกิน 25 Ω

ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความต้านทาน

ความชื้น ดินยิ่งมีความชื้นสูง ค่าความต้านทานจะยิ่งต่ำ

ปริมาณเกลือและแร่ธาตุ ดินที่มีแร่ธาตุหรือเกลือละลายอยู่มาก จะนำไฟฟ้าได้ดีกว่า

อุณหภูมิ อุณหภูมิที่ลดลงจนใกล้จุดเยือกแข็ง ต่ำกว่า 0 องศา c จะทำให้ค่าความต้านทานพุ่งสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว

4. ความต้านทานของการต่อลงดิน ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ ความต้านทานของแท่งสายดิน ความต้านทานของพื้นผิวสัมผัสระหว่างแท่งสายดินกับดิน และ ความต้านทานของดินที่ล้อมรอบแท่งสายดิน

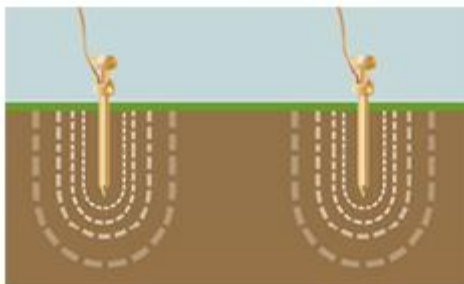
5. วิธีการวัดค่าความต้านทานของหลักดินที่นิยมใช้ทั่วไป คือวิธี Three electrode method การออกแบบระบบกราวด์จะต้องพิจารณาว่าอะไรบ้างที่มีผลต่อค่าความต้านทานดิน ซึ่งได้แก่

1. ความยาวและความลึกของแท่งกราวด์ไฟฟ้า
2. เส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งกราวด์ไฟฟ้า
3. จำนวนแท่งกราวด์ไฟฟ้า
4. รูปแบบการติดตั้งแท่งกราวด์ไฟฟ้า

ในอุดมคติเราต้องการให้กระแสไฟฟ้าที่รั่วไหลนั้นไหลลงไปที่ดิน การออกแบบระบบกราวด์จึงทำโดยพยายามทำให้แท่งกราวด์ไฟฟ้าลงไปถึงพื้นดินให้มากที่สุด แต่ในทางปฏิบัตินั้นทำได้ยากและมีค่าใช้จ่ายสูง ทำให้เกิดการออกแบบระบบกราวด์แบบหลายจุด การออกแบบเช่นนี้จะทำการปักแท่งกราวด์ไฟฟ้าลงไปที่หลายๆ อันในพื้นที่ดินและเชื่อมต่อแบบขนาน และเพื่อให้มีประสิทธิภาพ ระยะห่างระหว่างแท่งกราวด์ไฟฟ้าจะต้องเป็นระยะที่เหมาะสมเพื่อไม่ให้รบกวนกัน โดยทั่วไปกำหนดให้ห่างเท่ากับความลึกของแท่งกราวด์ไฟฟ้าเป็นอย่างน้อย



การลงกราวด์แบบจุดเดียว พยายามลงดินให้ลึกที่สุด



การลงกราวด์แบบหลายจุด เพื่อลดค่าความต้านทานโดยเชื่อมต่อแบบขนาน

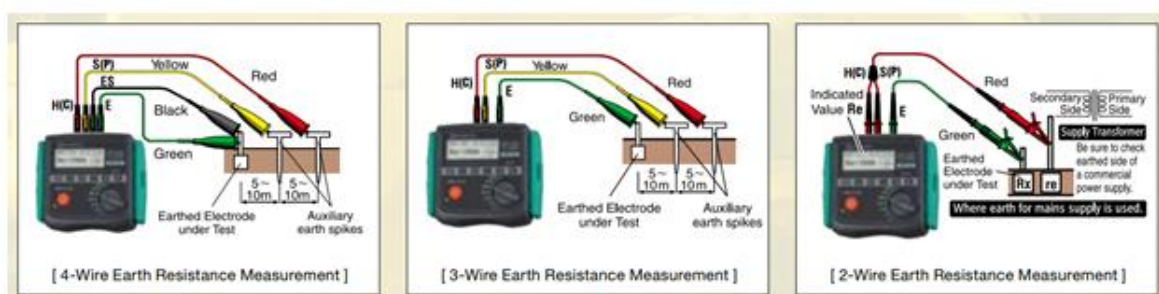
ค่าความต้านทานดินมีความจำเป็นที่จะต้องทำการวัดและออกแบบก่อนที่จะมีการติดตั้งระบบไฟฟ้า องค์ประกอบของดิน ความชื้นและอุณหภูมิ ล้วนมีผลต่อค่าความต้านทานดินทั้งสิ้น เราจำเป็นต้องเอา องค์ประกอบเหล่านี้มาพิจารณาเพื่อหาพื้นที่ที่มีความต้านทานต่ำที่สุดในการลงกราวด์

การวัดและทดสอบค่าความต้านทานดิน

วิธีวัดและทดสอบค่าความต้านทานดินนั้นมีหลักๆ 2 วิธี ขึ้นอยู่กับระบบกราวด์

1. การวัดค่าความต้านทานดินแบบใช้หลัก

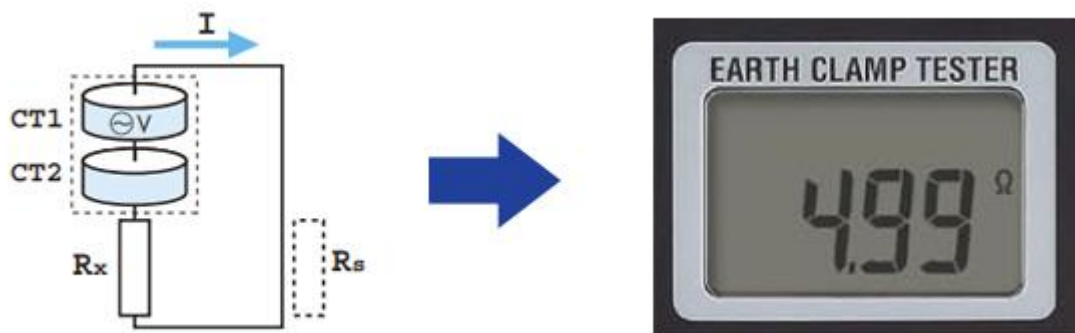
คือการตอกหลักที่เป็นแท่งโลหะขนานไปที่แท่งกราวด์ไฟฟ้าเพื่อให้เกิดลูปของไฟฟ้า เครื่องทดสอบ ความต้านทานดินจะปล่อยแรงดันและกระแสคงที่มาจากหนึ่งไปที่ลูปไฟฟ้านั้นแล้วคำนวณกลับออกมาเป็นค่า ความต้านทาน การวัดค่าความต้านทานดินแบบใช้หลัก สามารถทำได้ทั้งแบบ 2 สาย, 3 สาย และ 4 สาย



เนื่องจากการวัดค่าความต้านทานดินแบบใช้หลัก จำเป็นที่จะต้องมีการตอกแท่งหลักที่เป็นโลหะลงไปในดิน ดังนั้นการทดสอบวิธีนี้จึงเหมาะกับการใช้ออกแบบติดตั้งระบบใหม่

2. การวัดค่าความต้านทานดินแบบใช้แคลมป์

เหมาะกับการวัดและทดสอบค่าความต้านทานดินในงานซ่อมบำรุง เมื่อใช้วิธีนี้จะเป็นการตัดขั้นตอนความยุ่งยากในการตอกหลักที่เป็นแท่งโลหะออกไป สามารถทำได้โดยง่ายเพียงแค่คล้องแคลมป์ไปที่สายกราวด์ ภายในของแคลมป์วัดความต้านทานดิน จะประกอบด้วยขดลวด CT 2 ชุด คือ CT1 กับ CT2 ดังรูป CT1 จะทำหน้าที่ป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าไปในวงจรของกราวด์โดยใช้วิธีการเหนี่ยวนำ และเมื่อเกิดกระแสไฟไหลในวงจรกราวด์ CT2 ก็จะทำหน้าที่ตรวจจับการไหลของกระแสไฟฟ้างกล่าวและเครื่องจะคำนวณเป็นค่าความต้านทานดินของระบบกราวด์นั้น พร้อมแสดงผลที่หน้าจอ



แต่ข้อจำกัดของวิธีการวัดแบบนี้คือ ระบบกราวด์ที่ทำการทดสอบจะต้องเป็นระบบกราวด์แบบหลายจุด (มีกราวด์ลูป) ถึงจะทำการทดสอบได้



Kyoritsu 4106 เครื่องวัดความต้านทานดินแบบใช้แท่งหลัก

สามารถวัดได้ทั้งแบบ 4 สาย (แบบละเอียด ความเที่ยงตรงสูง) วัดแบบ 3 สาย และแบบ 2 สาย (อย่างง่าย)

วัดความต้านทานดินได้ตั้งแต่ 0.001Ω – $200k \Omega$

สามารถคำนวณหาค่าสภาพความต้านทานของดินเพื่อกำหนดระยะการตอกแท่งกราวด์ไฟฟ้าแต่ละจุดได้

กรองสัญญาณรบกวนที่มีผลต่อการวัด ทำให้ค่าที่วัดได้มีความเที่ยงตรงสูง



Kyoritsu 4200 เครื่องวัดความต้านทานดินแบบแคลมป์

วัดความต้านทานดินได้ตั้งแต่ 0.05 – 1200Ω โดยไม่ต้องตอกหลักดิน

วัดกระแสแบบ True RMS ได้ถึง 30A

มีฟังก์ชันกรองสัญญาณและการแจ้งเตือนสัญญาณรบกวนแสดงที่หน้าจอ

สามารถเก็บข้อมูลการวัดได้ 100 ข้อมูล

6. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบ หน่วยที่ 4

ตอนที่ 1 จงพิจารณาเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว

จงเขียนเครื่องหมาย X คำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

ตอนที่ 1 จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

1. ข้อใดคือเครื่องมือวัดความต้านทานของการต่อลงดิน

- ก. Insulation tester
- ข. Earth tester meter
- ค. Ohmmeter
- ง. Resistance meter

2. ตามมาตรฐานการติดตั้ง กำหนดให้ความต้านทานของดินมีค่าเท่าใด

- ก. ไม่น้อยกว่า 5 Q
- ข. ไม่เกิน 25 Q
- ค. ไม่เกิน 5 Q
- ง. ไม่เกิน 100 Q

3. ข้อใดมีความหมายเดียวกับคำว่า ground rod

- ก. สายดิน
- ข. แท่งหลักดิน
- ค. ระบบสายดิน
- ง. อิเล็กโทรด

4. ความต้านทานของดินขึ้นอยู่กับองค์ประกอบใด

- ก. ความต้านทานจำเพาะของดิน
- ข. ความยาวของหลักดิน
- ค. พื้นที่หน้าตัด
- ง. ถูกทุกข้อ

5. การวัดค่าความต้านทานของหลักดิน นิยมต่อแบบใด

- ก. Two electrode
- ข. Three electrode
- ค. double ground rod
- ง. single ground rod

6. ข้อใดคือขั้วของเครื่องวัดความต้านทานของการต่อลงดิน

- ก. +, -, COM
- ข. C , B, E
- ค. E, P. C

- ง. A , K, G
7. การทดสอบแรงดันโลกควรมีค่าเท่าใด
- ก. ไม่เกิน 1 V
- ข. ไม่ต่ำกว่า 5 V
- ค. ไม่เกิน 5 V
- ง. ไม่เกิน 10 V
8. การปักแท่งกราวด์รีด P ควรทำเช่นใดจึงจะได้ค่าเที่ยงตรง
- ก. ปักให้อยู่กึ่งกลางระหว่างขั้ว E และ C โดยมีระยะห่างไม่น้อยกว่า 5 เมตร
- ข. ปักให้ห่างกันอย่างน้อย 1 เมตร
- ค. ปักลงในดินให้ลึก ๆ
- ง. ไม่มีข้อกำหนดเรื่องนี้
9. สายสำหรับต่อรีดช่วย P โดยปกติจะยาวกี่เมตร
- ก. 5 เมตร
- ข. 10 เมตร
- ค. 20 เมตร
- ง. ผิดทุกข้อ
10. เราควรดูแลและบำรุงรักษาเครื่องมือวัดตามข้อใด
- ก. ระวังอย่าให้เครื่องตกหล่นลงพื้น
- ข. ควรทำความสะอาดภายนอกทุกครั้งก่อนนำมาใช้งาน
- ค. เมื่อไม่ใช่เครื่องวัดเป็นเวลานาน ๆ ควรถอดแบตเตอรี่ออก
- ง. ถูกทุกข้อ

ตอนที่ 2 แบบฝึกหัด

คำชี้แจง จงตอบคำถามลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

1. ความต้านทานของการต่อลงดิน หมายถึงอะไร

ตอบ.....

2. เมื่อตอกหลักดินความยาว 4.8 เมตร รัศมี 10 มิลลิเมตร ลึกลงไปในดินที่มีความต้านทานจำเพาะ 72 โอห์ม / เมตร จงคำนวณหาความต้านทานของดิน

ตอบ.....

3. จงอธิบายวิธีการวัดความต้านทานดินแบบ 3 ขั้ว

ตอบ.....

4. จงบอกข้อควรระวังในการใช้งานและการบำรุงรักษาเครื่องวัด

ตอบ.....

7. เอกสารอ้างอิง

1. สิทธิพงศ์ อินทรายุทธ.เครื่องมือวัดไฟฟ้า.กรุงเทพมหานคร:ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ,2567.
2. ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตในเรื่องเครื่องมือวัดไฟฟ้า

8. ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัดและเฉลยแบบทดสอบ)

แบบแบบทดสอบ หน่วยที่ 4

ตอนที่ 1 จงพิจารณาเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว

จงเขียนเครื่องหมาย X คำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

ตอนที่ 1 จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

1. ข้อใดคือเครื่องมือวัดความต้านทานของการต่อลงดิน
 - ก. Insulation tester
 - ข. Earth tester meter
 - ค. Ohmmeter
 - ง. Resistance meter
2. ตามมาตรฐานการติดตั้ง กำหนดให้ความต้านทานของดินมีค่าเท่าใด
 - ก. ไม่น้อยกว่า 5 Q
 - ข. ไม่เกิน 25 Q
 - ค. ไม่เกิน 5 Q
 - ง. ไม่เกิน 100 Q
3. ข้อใดมีความหมายเดียวกับคำว่า ground rod
 - ก. สายดิน
 - ข. แท่งหลักดิน
 - ค. ระบบสายดิน
 - ง. อิเล็กโทรด
4. ความต้านทานของดินขึ้นอยู่กับองค์ประกอบใด
 - ก. ความต้านทานจำเพาะของดิน
 - ข. ความยาวของหลักดิน
 - ค. พื้นที่หน้าตัด
 - ง. ถูกทุกข้อ
5. การวัดค่าความต้านทานของหลักดิน นิยมต่อแบบใด
 - ก. Two electrode
 - ข. Three electrode
 - ค. double ground rod
 - ง. single ground rod
6. ข้อใดคือขั้วของเครื่องวัดความต้านทานของการต่อลงดิน
 - ก. +,-, COM
 - ข. C , B, E
 - ค. E, P, C

- ง. A , K, G
7. การทดสอบแรงดันโลกควรมีค่าเท่าใด
- ก. ไม่เกิน 1 V
 - ข. ไม่ต่ำกว่า 5 V
 - ค. ไม่เกิน 5 V
 - ง. ไม่เกิน 10 V
8. การปักแท่งกราวด์รีด P ควรทำเช่นใดจึงจะได้ค่าเที่ยงตรง
- ก. ปักให้อยู่กึ่งกลางระหว่างขั้ว E และ C โดยมีระยะห่างไม่น้อยกว่า 5 เมตร
 - ข. ปักให้ห่างกันอย่างน้อย 1 เมตร
 - ค. ปักลงในดินให้ลึก ๆ
 - ง. ไม่มีข้อกำหนดเรื่องนี้
9. สายสำหรับต่อรีดช่วย P โดยปกติจะยาวกี่เมตร
- ก. 5 เมตร
 - ข. 10 เมตร
 - ค. 20 เมตร
 - ง. ผิดทุกข้อ
10. เราควรดูแลและบำรุงรักษาเครื่องมือวัดตามข้อใด
- ก. ระวังอย่าให้เครื่องตกหล่นลงพื้น
 - ข. ควรทำความสะอาดภายนอกทุกครั้งก่อนนำมาใช้งาน
 - ค. เมื่อไม่ใช้เครื่องวัดเป็นเวลานาน ๆ ควรถอดแบตเตอรี่ออก
 - ง. ถูกทุกข้อ

ตอนที่ 2 แบบฝึกหัด

คำชี้แจง จงตอบคำถามลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

1. ความต้านทานของการต่อลงดิน หมายถึงอะไร

ตอบ

ความต้านทานของการต่อลงดิน หรือของระบบสายดิน หมายถึง ความต้านทานทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง
เนื่องกันจำนวน 3 ส่วน คือ ความต้านทานของแท่งสายดิน ความต้านทานของพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างแท่งสาย
ดินกับดิน และความต้านทานของดินที่ล้อมรอบแท่งสายดิน

2. เมื่อตอกหลักดินความยาว 4.8 เมตร รัศมี 10 มิลลิเมตร ลึกลงไปในดินที่มีความต้านทานจำเพาะ 72 โอห์ม / เมตร จงคำนวณหาความต้านทานของดิน

ตอบ

$$R = 15.6 \text{ โอห์ม}$$

3. จงอธิบายวิธีการวัดความต้านทานดินแบบ 3 ขั้ว

ตอบ

วิธีการวัดความต้านทานดินแบบ 3 ขั้ว มีขั้นตอนง่าย ๆ ดังนี้

- 3.1 ตอกแท่งกราวด์รีดช่วย C ให้ห่างจากจุดที่ต้องการทราบค่าความต้านทานดิน (E)

ประมาณ 10 – 20 เมตร จากนั้นปักกราวด์รีดช่วย P ให้อยู่กึ่งกลางของแนวเส้นตรงที่ต่อระหว่างกราวด์รีดช่วย C และ E ใช้แคลมป์จับกราวด์รีดให้แน่น หลังจากนั้นให้ต่อสายเข้าเครื่องวัด

3.2 ทดสอบแรงดันไฟของแบตเตอรี่ตามข้อกำหนด

3.3 ทดสอบแรงดันโลก โดยบิดสวิทช์ไว้ที่ตำแหน่ง AC VOLT ผลการวัดต้องไม่เกิน 5 V

3.4 ปรับตั้งสวิทช์เลือกสเกลโอห์มที่เหมาะสมแล้วอ่านค่า

3.5 อื่นๆ ศึกษาจากคู่มือ

4. จงบอกข้อควรระวังในการใช้งานและการบำรุงรักษาเครื่องวัด

ตอบ

1. ระวังอย่าให้เครื่องกระทบกระเทือนเป็นอันตราย
2. ก่อนใช้งานควรตรวจสอบสภาพของเครื่องวัดว่าอยู่ในสภาพเรียบร้อยหรือไม่
3. เมื่อไม่ใช้เครื่องเป็นเวลานานควรเอาแบตเตอรี่ออกจากเครื่องวัด
4. อย่าใช้เครื่องวัดขณะที่ฝนตก
5. หลังจากการใช้งานแล้วควรทำความสะอาดภายนอกแล้วเก็บใส่ซองหรือกล่องให้เรียบร้อย

	ใบงานหน่วยที่ 4	หน่วยที่ 4
	รหัสวิชา 30104-2001 ชื่อวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 8 - 9
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานวัดค่าความต้านทานของหลักดิน	ทฤษฎี.....4.....ชม. ปฏิบัติ.....6.....ชม.
ชื่อเรื่อง/งานวัดค่าความต้านทานของการต่อลงดิน		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

แสดงความรู้ในทฤษฎีของการวัดค่าความต้านทานของหลักดิน

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ - สมรรถนะย่อย.....

- 1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน-.....
- 2) วิธีประเมิน-.....
- 3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)
- 4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ.....

3. สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้ในการใช้งานเครื่องมือวัดค่าความต้านทานของหลักดินได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. สามารถใช้เครื่องวัดความต้านทานดินได้ถูกต้อง
2. อธิบายค่าความต้านทานของการต่อลงดินได้

5. เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องมือทดสอบความต้านทานของการต่อลงดิน 1 ชุด

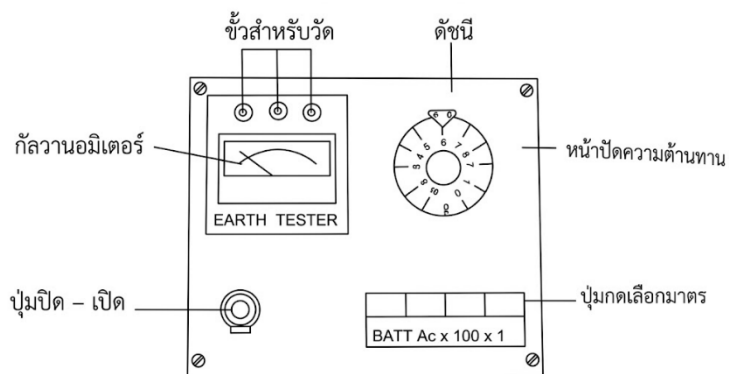
6. คำแนะนำ/ข้อควรระวัง

สภาพดินในบริเวณต่างๆ ของภูมิประเทศหรือแม้แต่ในบริเวณใกล้เคียงกันก็อาจมีค่าความต้านทานของดินไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของดินและความชื้นในดินด้วย การกำหนดค่าความต้านทานของดินจะกำหนดเป็นค่าความต้านทานของดินต่อหน่วย ซึ่งเรียกว่าค่าความต้านทานจำเพาะของดิน (Specific earth resistance) หน่วยที่ใช้คือ โอห์ม/เมตร ค่าความต้านทานจำเพาะของดิน 1 โอห์ม/เมตร คือ ค่าความต้านทานระหว่าง ผิวของด้านตรงข้ามของดิน 1 ลูกบาศก์เมตร โดยที่ดินมีด้านกว้างระหว่างผิวด้านละ 1 เมตร เป็น 1 โอห์ม ความต้านทานจำเพาะของดิน ณ ที่เดียวกันถ้าวัดกันคนละช่วงเวลาอาจได้ค่าไม่เท่ากันความต้านทานของสายดิน เราสามารถวัดหรือคำนวณได้โดยตรง ส่วนผิวที่สัมผัสระหว่างแท่งสายดินกับดินจะมีค่าความต้านทานน้อยมาก ถ้าหากว่าแท่งสายดินนั้นไม่เป็นสนิมหรือเกิดออกไซด์จนเป็นฉนวนไฟฟ้า ดังนั้นความต้านทานของระบบสายดินส่วนใหญ่ก็คือความต้านทานของดินซึ่งล้อมรอบแท่งสายดินไว้นั่นเอง ตามมาตรฐานกำหนดให้มีค่าต่ำกว่า 5 โอห์ม

ค่าความต้านทานของระบบสายดิน ประกอบด้วย

1. ความต้านทานของสายดินซึ่งต่อกับแท่งสายดิน
2. ความต้านทานที่เกิดขึ้นที่ผิวสัมผัสของแท่งสายดินกับดิน
3. ความต้านทานของดินที่ล้อมรอบแท่งสายดินเอาไว้

7. ขั้นตอนการปฏิบัติงานคำสั่งสำหรับการทำกิจกรรมตามใบงานที่ 4



รูปด้านหน้าของเครื่องวัดความต้านทานดิน HIOKI MODEL ER- 309

ขั้วสำหรับต่อสาย

สัญลักษณ์ E : เป็นขั้วสำหรับต่อกับสายดิน (สีดำ)

สัญลักษณ์ P : เป็นขั้วสำหรับต่อแท่งกรวดรีดช่วย P (สีเหลือง)

สัญลักษณ์ C : เป็นขั้วสำหรับต่อแท่งกรวดรีดช่วย C (สีแดง)

ปุ่มเปลี่ยนค่าความต้านทาน (Resistance Dial)

กัลวานอมิเตอร์

สเกลสีเขียว: สำหรับเช็คแบตเตอรี่

สเกลศูนย์ : ใช้สำหรับบาลานซ์ เพื่ออ่านค่าความต้านทานดิน

โวลต์มิเตอร์: สำหรับอ่านค่าแรงดันโลก

ปุ่มกดเลือกมาตรา OHMS : ใช้เลือกสเกลวัดค่าความต้านทานดิน x1, x10, x100

AC. โวลต์ : ใช้ตรวจสอบค่าแรงดันไฟฟ้าของโลก

BATT CHECK : ใช้สำหรับตรวจสอบแบตเตอรี่

ปุ่มปิด - เปิด (PUSH BOTTON SWITCH) : สำหรับปิด - เปิดวงจรแบตเตอรี่ของเครื่อง

รีดช่วย : P (Potential Electrode) ; C (Current Electrode)

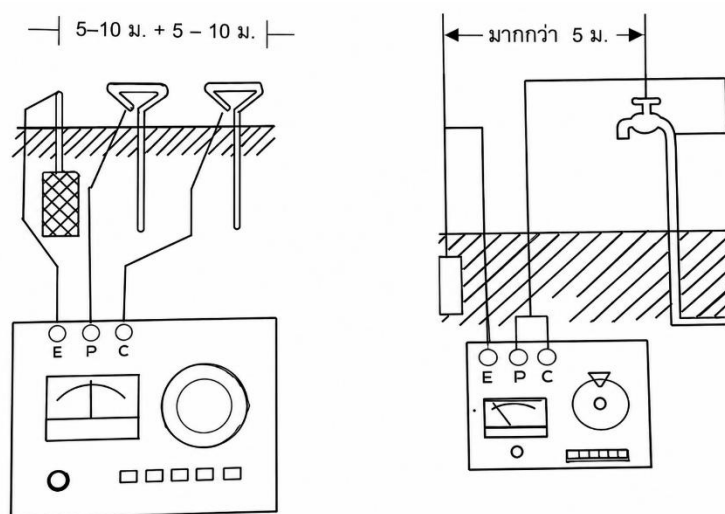
ข้อมูลทางเทคนิค

ความต้านทาน : 0 - 10 โอห์ม

: 0 - 100 โอห์ม

: 0 - 1,000 โอห์ม

วิธีการวัดความต้านทานดิน



รูป การวัดค่าความต้านทานดิน

รูป การวัดค่าความต้านทานดินกรณี

ที่ไม่สามารถปักกราวด์รื้อดช่วย

เมื่อจะทำการวัดความต้านทานและแรงดันไฟฟ้าของสายดิน จะต้องต่อสายดังแสดงในรูป ให้เสร็จเรียบร้อยก่อน โดยใช้สายวัดที่มีมาพร้อมเครื่องและเหล็กแหลมทั้ง 2 แท่ง เป็นกราวด์รื้อดช่วย โดยทั่วไป ระยะห่างระหว่างสายดินกับแท่ง P โดยประมาณ 5 - 10 เมตร และระยะห่างระหว่างสายดินกับแท่ง C จะเป็น 2 เท่า ของระยะห่างกราวด์รื้อดกับ P และควรให้อยู่ในแนวเดียวกันด้วย

ทดสอบแบตเตอรี่

กดปุ่ม Batt check แล้วกดปุ่ม Push on ถ้าเข็มชี้อยู่ในช่วง Batt OK. (ขีดสีเขียว) แสดงว่ามีไฟในแบตเตอรี่พอใช้ได้ แต่ถ้าเข็มชี้ไม่ถึงขีดสีเขียวแสดงว่าต้องเปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่

ทดสอบแรงดันโลก

ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าที่กราวด์รื้อด โดยกดปุ่ม AC. Volt ถ้ามีแรงดันตกคร่อมกราวด์รื้อด เข็มจะชี้ค่าโวลต์บนหน้าปัด แสดงว่ามีไฟไหลลงดินหรือมีไฟรั่วลงแท่งกราวด์รื้อดซึ่งถ้ามีค่าสูงกว่า 10 โวลต์ จะทำให้การอ่านค่าความต้านทานของสายดินคลาดเคลื่อนไปควรทำการแก้ไขสายดินให้มีไฟรั่วลงดินต่ำกว่า 5 โวลต์ก่อน โดยการเปลี่ยนตำแหน่งแท่งกราวด์รื้อดช่วยของโวลต์เตจแล้ว จึงทำการวัดค่าความต้านทานของสายดินใหม่อีกครั้ง

การวัดค่าความต้านทานดิน

กดปุ่ม OHMS ไปที่สเกล $\times 100$ แล้วลดลงตามความเหมาะสม หมุน Resistance dial ไปจนกระทั่งเข็มชี้ของกลวงอิมิตอร์อยู่กึ่งกลาง (ตรงขีด 0) ของหน้าปัด อ่านค่าความต้านทานจากตัวเลขใน Resistance dial คูณด้วยสเกลที่ตั้งไว้ในกรณีที่ไม่สามารถปักกราวด์รื้อดช่วยได้ ก็อาจตัดแปลงให้สามารถวัดค่าความต้านทานและแรงดันไฟฟ้าของสายดินได้ ดังแสดงในรูปที่ 9.3 โดยการเชื่อมต่อขั้ว P กับ C แล้วนำไปต่อกับท่อน้ำโลหะที่ฝังดิน โดยให้ระยะห่างระหว่างกราวด์รื้อดกับท่อน้ำไม่ควรให้น้อยกว่า 5 เมตร วิธีนี้จะใช้ได้ผลก็ต่อเมื่อค่าความต้านทานของการต่อลงดินของท่อน้ำจะต้องมีค่าน้อยมาก เมื่อเทียบกับความต้านทานของสายดิน

ตารางบันทึกผลการวัด

ลำดับที่	สถานที่ทำการวัด	ค่าความต้านทานของสายดิน
1		
2		
3		
4		

สรุปผลการปฏิบัติงาน

.....

.....

8.สรุปและวิจารณ์ผล

นักเรียนต้องได้ผลการประเมินไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60 และหากไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินจะต้อง ปฏิบัติงานใหม่

9.การประเมินผล

ใบประเมินผลงานหน่วยที่ 4
(Evaluation Sheet)

ชื่องาน งานวัดความต้านทานของการต่อลงดิน		วันที่เริ่มงาน			
ผู้ปฏิบัติ		ผู้ประเมิน นายรชตะ ใจตรง			
จุดประเมิน	ผลการประเมิน				หมายเหตุ
	ดีมาก (10)	ดี (7)	พอใช้ (5)	แก้ไข (3)	
ขณะปฏิบัติงาน					
1. งานเตรียมความพร้อมปฏิบัติงาน					
2. งานจัดบันทึกข้อมูล					
3. งานเก็บอุปกรณ์หลังจากปฏิบัติงาน					
4. ปฏิบัติงานตามขั้นตอน					
รวม					
คะแนน 20%	$\frac{\dots\dots\dots \times 20}{\dots\dots\dots}$				
คุณภาพของผลงาน					
ผลงาน (1) (งานวัดความต้านทานของการต่อลง ดิน)	ผลการประเมิน				
	ดีมาก (10)	ดี (7)	พอใช้ (5)	แก้ไข (3)	
1. ความสำเร็จของงาน					
รวม					
ผลรวมทั้งหมด					

	ใบมอบหมายงานหน่วยที่ 4	หน่วยที่ 4
	รหัสวิชา 30104-2001 ชื่อวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 8 - 9
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานวัดค่าความต้านทานของหลักดิน	ทฤษฎี...4...ชม. ปฏิบัติ...6...ชม.
ชื่อเรื่อง/งานวัดค่าความต้านทานของหลักดิน		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

แสดงความรู้ในทฤษฎีของการวัดค่าความต้านทานของหลักดิน

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ - สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน-.....

2) วิธีประเมิน-.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ.....

3. สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้ในการใช้งานเครื่องมือวัดค่าความต้านทานของหลักดินได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกประโยชน์ของการต่อลงดินได้

2. บอกองค์ประกอบของการต่อลงดินได้

3. อธิบายค่าความต้านทานจำเพาะของดินได้

4. บอกองค์ประกอบของความต้านทานของการต่อลงดินได้

5. อธิบายความต้านทานของดินได้

6. วัดความต้านทานของการต่อลงดินได้

7. ปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงความปลอดภัยต่อตนเองและผู้อื่น

8. ไม่เล่นการพนัน

9. ปฏิบัติงานด้วยความละเอียดรอบคอบ

10. ใช้วัสดุ ถูกต้อง และเหมาะสมกับงาน

5. เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

5.1 กระดาษชาร์ตแผ่นใหญ่ใช้สำหรับการเขียนข้อมูลนำเสนอ

5.2 อุปกรณ์ เครื่องเขียน

6. ขั้นตอนการทํากิจกรรม

ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม 6 กลุ่ม 1. บอกประโยชน์ของการต่อลงดิน 2. บอกองค์ประกอบของการต่อลงดิน

3. อธิบายค่าความต้านทานจำเพาะของดิน 4. บอกองค์ประกอบของความต้านทานของการต่อลงดิน 5.

อธิบายความต้านทานของดิน 6. วัดความต้านทานของการต่อลงดินได้

7. สรุปและอภิปราย

7.1 ให้ผู้เรียนจัดกลุ่ม ศึกษาลักษณะทั่วไปที่แต่ละกลุ่มได้รับมอบหมาย แต่ละกลุ่มศึกษาเนื้อหาแตกต่างกัน

7.2 ให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มประชุมคณะทำงาน แบ่งหน้าที่และความรับผิดชอบ จากนั้นให้ผู้เรียนทุกกลุ่มระดมสมองศึกษาเนื้อหาตามที่ได้รับมอบหมายและค้นคว้าเพิ่มเติม หาตัวแทนกลุ่มนำเสนอกิจกรรมหน้าชั้นเรียน

8. การประเมินผล

ให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มประเมินตนเองและประเมินผลกลุ่มอื่นๆ โดยใช้แบบประเมินผลงาน ผู้สอนประเมินผลผู้เรียนทุกกลุ่ม โดยใช้แบบประเมิน ดังนี้

- แบบประเมินกระบวนการทำงานกลุ่ม
- แบบประเมินการนำเสนอผลงาน
- แบบประเมินผลงาน
- แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

9. การประเมินผล

9.1 จากการประเมินกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม

เกณฑ์การประเมิน	ดี	คะแนนอยู่ระหว่าง	12-15
	พอใช้	คะแนนอยู่ระหว่าง	9-11
	ปรับปรุง	คะแนนอยู่ระหว่าง	5-8

9.2 จากการประเมินการนำเสนอผลงาน

เกณฑ์การประเมิน	ดี	คะแนนอยู่ระหว่าง	15-18
	พอใช้	คะแนนอยู่ระหว่าง	12-14
	ปรับปรุง	คะแนนอยู่ระหว่าง	6-11

9.3 จากการประเมินผลงาน

เกณฑ์การประเมิน	ดี	คะแนนอยู่ระหว่าง	2.70
	พอใช้	คะแนนอยู่ระหว่าง	1.30-2.70
	ปรับปรุง	คะแนนอยู่ระหว่าง	1.30

9.4 จากการประเมินผลการปฏิบัติงาน

เกณฑ์การประเมิน	ดี	คะแนนอยู่ระหว่าง	6-10
	ปรับปรุง	คะแนนอยู่ระหว่าง	1-5

หมายเหตุ เกณฑ์การประเมินที่ใช้ในการตัดสินต้องได้มาจากคะแนนเฉลี่ยของผู้ประเมินทั้งหมด ผลรวมของคะแนนจาก เครื่องมือทุกประเภทไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 ถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมิน

10. เอกสารอ้างอิง/เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม

สิทธิพงศ์ อินทรายุทธ.เครื่องมือวัดไฟฟ้า.กรุงเทพมหานคร:ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ,2567.

ใบประเมินผลกิจกรรมหน่วยที่ 4
(Evaluation Sheet)

ชื่องาน งานวัดค่าความต้านทานของหลักดิน		วันที่เริ่มงาน			
ผู้ปฏิบัติ		ผู้ประเมิน นายรชตะ ใจตรง			
จุดประเมิน	ผลการประเมิน				หมายเหตุ
	ดีมาก (10)	ดี (7)	พอใช้ (5)	แก้ไข (3)	
ขณะปฏิบัติงาน					
1. งานเตรียมความพร้อมปฏิบัติงาน					
2. งานจัดบันทึกข้อมูล					
3. งานเก็บอุปกรณ์หลังจากปฏิบัติงาน					
4. ปฏิบัติงานตามขั้นตอน					
รวม					
คะแนน 20%		$\frac{\dots\dots\dots \times 20}{\dots\dots\dots}$			
คุณภาพของผลงาน					
ผลงาน (1) (งานวัดค่าความต้านทานของหลักดิน)	ผลการประเมิน				
	ดีมาก (10)	ดี (7)	พอใช้ (5)	แก้ไข (3)	
1. ความสำเร็จของงาน					
รวม					
ผลรวมทั้งหมด					

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5	หน่วยที่ 5
	รหัสวิชา 30104-2001 ชื่อวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 10 - 11
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานวัดวัดค่าความเป็นฉนวน	ทฤษฎี.....4.....ชม. ปฏิบัติ.....6.....ชม.
ชื่อเรื่อง/งานวัดค่าความเป็นฉนวน		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

แสดงความรู้ในทฤษฎีของการวัดค่าความเป็นฉนวน

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ - สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน-.....

2) วิธีประเมิน-.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ.....

3. สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้ในการใช้งานเครื่องมือวัดค่าความเป็นฉนวนได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกหลักการทำงานของเมกโอห์มมิเตอร์ได้
2. บอกวิธีการวัดค่าความเป็นฉนวนในระบบได้
3. บอกส่วนประกอบของเครื่องทดสอบฉนวนโวลท์สูงได้
4. บอกข้อควรระวังในการวัดค่าความเป็นฉนวนได้
5. วัดค่าความเป็นฉนวนได้
6. แสวงหาประสบการณ์ และค้นหาความรู้ใหม่ๆ
7. มีความเพียรพยายามในการเรียนและการปฏิบัติงาน
8. ทำงานตามที่ได้รับมอบหมายด้วยตนเอง
9. มีสติและสามารถควบคุมอารมณ์ได้ดี

5. สารการเรียนรู้

5.1 เมกโอห์มมิเตอร์

5.2 เครื่องทดสอบฉนวน - ความต่อเนื่องแบบดิจิตอล

5.3 วิธีการวัดค่าความเป็นฉนวนในระบบ

การวัดความเป็นฉนวนไฟฟ้าระหว่างตัวนำไฟฟ้า

การวัดความเป็นฉนวนไฟฟ้าระหว่างตัวนำไฟฟ้ากับสายดิน

5.4 การต่อวัดโดยใช้ขั้ว GUARD

5.5 เครื่องทดสอบฉนวนโวลท์สูง

5.6 ข้อควรระวังในการวัดค่าความเป็นฉนวน

วิธีการใช้งาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้

กิจกรรมครู

1. ทำการเช็คชื่อ ตรวจเครื่องมือ และการแต่งกาย สอบถามสาเหตุของการแต่งกายผิดระเบียบ
 2. ครูอบรมคุณธรรม จริยธรรม เรื่อง ความสนใจใฝ่เรียนรู้ ประมาณ 5-10 นาที
 3. มอบหมายให้นักเรียนเบิก เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์การทดลองการวัดค่าความเป็นฉนวน
 4. ครูสอนเนื้อหาสาระในบทที่ 5 โดยวิธีการบรรยาย(Lecture) ประกอบการสาธิต (Demonstration) เรื่องการวัดค่าความเป็นฉนวน
 5. ให้นักเรียนปฏิบัติ ตามใบงานที่ 10 ครูคอยแนะนำ เป็นที่ปรึกษา แก้ไขปัญหา และตรวจสอบความผิดพลาด
 6. มอบหมายให้นักเรียน ทำแบบฝึกหัดบทที่ 5
 7. ครูและ นักเรียนร่วมกันสรุปผลการทดลองใบงานที่ 5
 8. มอบหมายให้ไปศึกษาเนื้อหาในบทที่ 6 มาล่วงหน้าก่อนเรียนในสัปดาห์ถัดไป
 9. ครูดูแลการเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง การทำความสะอาด ห้องปฏิบัติการทดลอง เครื่องมือวัดไฟฟ้า
 10. บันทึกปัญหาที่เกิดขึ้นในการสอน ลงในบันทึกหลังการสอน เพื่อนำข้อมูลไปแก้ไขต่อไป
- กิจกรรมนักเรียน**
1. รับการตรวจเครื่องมือและการแต่งกาย บอกถึงสาเหตุของการแต่งกายผิดระเบียบ
 2. รับฟังและยอมรับเหตุผล แล้วนำไปปฏิบัติการแก้ไขในพฤติกรรมที่ไม่ถูกต้อง
 3. เบิกเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง
 4. ตั้งใจฟัง และดูการสาธิต
 5. นักเรียนปฏิบัติการทดลองตามใบงานที่ 5
 6. ทำแบบฝึกหัด บทที่ 5
 7. นำเสนอผลการสรุป จัดบันทึกผลการสรุป
 8. จัดบันทึกการมอบหมายงาน
 9. เก็บเครื่องมือ อุปกรณ์การทดลอง และทำความสะอาดห้องปฏิบัติการทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้า

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. ห้องสมุดของทางวิทยาลัย
2. สิทธิพงศ์ อินทรายุทธ.เครื่องมือวัดไฟฟ้า.กรุงเทพมหานคร:ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ,2567.
3. ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตในเรื่องเครื่องมือวัดไฟฟ้า

8. หลักฐานการเรียนรู้

8.1 หลักฐานความรู้

1. ใบความรู้หน่วยที่ 5 เรื่อง งานวัดค่าความเป็นฉนวน
2. สื่อ Power Point ประกอบการสอน เรื่อง งานวัดค่าความเป็นฉนวน

8.2 หลักฐานการปฏิบัติงาน

1. แบบฝึกหัด
2. แบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยที่ 5 เรื่อง งานวัดค่าความเป็นฉนวน
3. ใบงานที่ 5 เรื่อง งานวัดค่าความเป็นฉนวน
4. แบบทดสอบหลังเรียน หน่วยที่ 5 เรื่อง งานวัดค่าความเป็นฉนวน
5. แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้รายบุคคล
6. แบบประเมินการเข้าร่วมกิจกรรมกลุ่ม

7. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

9. การวัดและประเมินผล

9.1 เกณฑ์การปฏิบัติงาน

1. แบบฝึกทักษะ
2. ปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้
3. พฤติกรรมการเรียน การทำงานกลุ่ม
4. งานที่มอบหมาย/ใบงาน

9.2 วิธีการประเมิน

1. สังเกตการปฏิบัติงาน
2. พฤติกรรมการเรียน

9.3 เครื่องมือประเมิน

1. ใบความรู้
2. ใบกิจกรรม
3. แบบสังเกตพฤติกรรม

10 บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้

ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

1. เวลาที่ใช้สอน.....
2. เนื้อหา.....
3. สื่อการสอน.....

ผลการเรียนของนักเรียน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการสอนของครู

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อผู้บันทึก.....

(นายรชตะ ใจตรง)

	ใบความรู้หน่วยที่ 5	หน่วยที่ 5
	รหัสวิชา 30104-2001 ชื่อวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 10 - 11
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานวัดวัดค่าความเป็นฉนวน	ทฤษฎี.....4.....ชม. ปฏิบัติ.....6.....ชม.
ชื่อเรื่อง/งานวัดค่าความเป็นฉนวน		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

แสดงความรู้ในทฤษฎีของการวัดค่าความเป็นฉนวน

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ - สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน-.....

2) วิธีประเมิน-.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ.....

3. สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้ในการใช้งานเครื่องมือวัดค่าความเป็นฉนวนได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกหลักการทำงานของเมกโอห์มมิเตอร์ได้
2. บอกวิธีการวัดค่าความเป็นฉนวนในระบบได้
3. บอกส่วนประกอบของเครื่องทดสอบฉนวนโวลท์สูงได้
4. บอกข้อควรระวังในการวัดค่าความเป็นฉนวนได้
5. วัดค่าความเป็นฉนวนได้
6. แสวงหาประสบการณ์ และค้นหาความรู้ใหม่ๆ
7. มีความเพียรพยายามในการเรียนและการปฏิบัติงาน
8. ทำงานตามที่ได้รับมอบหมายด้วยตนเอง
9. มีสติและสามารถควบคุมอารมณ์ได้ดี

5. เนื้อหาสาระ

5.1 เมกโอห์มมิเตอร์

Insulation Testers หรือเมกโอห์มมิเตอร์ เป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญมาก เพราะช่วยวัดค่าความต้านทานฉนวน เพื่อป้องกันการเกิดไฟฟ้าดูด วันนี้เราจะพาทุกคนไปรู้จักเครื่องมือชนิดนี้กันให้มากขึ้น ซึ่งไม่เพียงแต่ช่างไฟฟ้าอาชีพที่ควรมีไว้ใช้งานเพื่อความปลอดภัย แต่ตามบ้านเรือน อาคารสำนักงานต่าง ๆ ก็ควรมีติดเอาไว้ เพื่อตรวจสอบระบบไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้า เพื่อความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน

Insulation Testers คืออะไร

เมกโอห์มมิเตอร์ คือ เครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าความต้านทานของฉนวนไฟฟ้าที่เราใช้หุ้มอุปกรณ์ และเครื่องมือไฟฟ้าเพื่อความปลอดภัย ซึ่งจะวัดความต้านทานโดยมีหน่วยเป็นเมกโอห์ม (Mega Ohm) เพื่อระบุค่าความต้านทานที่ยังคงมีประสิทธิภาพ และช่วยลดอันตรายที่เกิดขึ้นจากไฟฟ้ารั่วไหลหรือดูดจากการใช้งานอุปกรณ์/เครื่องมือดังกล่าว

แล้วฉนวนไฟฟ้าคืออะไร มีความสำคัญแค่ไหน?

ฉนวนไฟฟ้า หรือ Insulator คือ สาร วัสดุ หรือวัตถุที่ไม่ยอมให้ไฟฟ้าผ่านไปได้ มีความต้านทานไฟฟ้าสูง ซึ่งมักนิยมนำวัสดุที่เป็นฉนวนไฟฟ้ามาหุ้มสายไฟฟ้าที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน เพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน

ตัวอย่างฉนวนไฟฟ้า เช่น ไมกา แก้ว พลาสติก ไม้ กระดาษ ยาง

ฉนวนไฟฟ้าจะอยู่ตรงข้ามกับตัวนำไฟฟ้า อย่างทองแดง อะลูมิเนียม เหล็ก เงิน ทอง แกรไฟต์ ที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าแล่นผ่านไปได้ หรือเป็นวัสดุที่มีความต้านทานต่ำนั่นเอง

ฉนวนไฟฟ้ามีความสำคัญในแง่ของความปลอดภัยในการใช้งานหรือซ่อมบำรุงอุปกรณ์/เครื่องมือไฟฟ้า กล่าวคือ ช่วยให้เราสามารถจับปลั๊กไฟ สายไฟ รวมถึงอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ได้อย่างปลอดภัยไร้กังวล ด้วยเหตุนี้ การตรวจสอบความเป็นฉนวนไฟฟ้าจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะบางครั้งเราไม่สามารถมองเห็นความชำรุดเสียหายได้ด้วยตาเปล่า หรือบางครั้งวัสดุที่เราใช้เป็นฉนวนเกิดเสื่อมสภาพ ไม่สามารถต้านทานไฟฟ้าได้ดีดังเดิม

ด้วยเหตุนี้ จึงได้มีการคิดค้นเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าอย่างเมกะโอห์มมิเตอร์ขึ้นมา เพื่อวัดค่าความต้านทานของฉนวนไฟฟ้าเพื่อความปลอดภัย ช่วยป้องกันอันตรายจากการเกิดไฟรั่ว ไฟลัดวงจร และไฟดูดนั่นเอง

อะไรที่ส่งผลทำให้ฉนวนไฟฟ้าเสื่อมสภาพลง

อย่างที่กล่าวไปแล้วว่า เมื่อเราใช้งานอุปกรณ์/เครื่องมือไฟฟ้าในระยะหนึ่ง เราจะต้องทำการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า เพื่อให้เรามั่นใจในความปลอดภัยของการใช้งาน ซึ่งสิ่งที่ทำให้คุณสมบัติความเป็นฉนวนไฟฟ้าเสื่อมสภาพลง ตัวอย่างเช่น ฝุ่น อุณหภูมิที่สูงหรือต่ำจนเกินไป ความชื้น

ประเภทของ Insulation Testers

เราสามารถแยกประเภทของโอห์มมิเตอร์ออกได้ 3 ประเภทใหญ่ ๆ ตามการแสดงผล ได้แก่

1. **แบบ Analog หรือแบบเข็ม (Analog Insulation Testers)** เครื่องทดสอบค่าความเป็นฉนวนไฟฟ้าแบบแอนะล็อก ใช้เข็มเป็นตัวชี้ค่าความต้านทาน มีจุดเด่นที่ราคาไม่แพง มีทั้งแบบเข็มทั่วไปกับแบบวัดต่อเนื่อง ตัวอย่างเช่น
 - **KYORITSU 3166** เครื่องตรวจสอบฉนวนแบบเข็ม วัดค่าความเป็นฉนวนโดยจ่ายไฟ 1000V/2000M Ω สเกลใหญ่อ่านค่าง่าย มีสายคล้องคอ
 - **KYORITSU 3131** เป็นเครื่องตรวจสอบความเป็นฉนวนไฟฟ้าต่อเนื่องแบบเข็มที่สามารถวัดค่าฉนวนไฟฟ้าได้สูงสุดถึง 100 M Ω และวัดค่าความต่อเนื่องได้ 20 Ω พร้อมหลอดไฟเตือนเมื่อวงจรที่จะวัดมีแรงดันไฟฟ้า
2. **แบบดิจิตอล (Digital Insulation Testers)** เครื่องทดสอบค่าความเป็นฉนวนไฟฟ้าแบบดิจิตอล แสดงผลเป็นตัวเลข ซึ่งจะให้ค่าที่แม่นยำและถูกต้อง เหมาะสำหรับการวัดค่าที่ต้องการความแม่นยำสูง ตัวอย่างเช่น
 - **KYORITSU 3005A** เครื่องทดสอบค่าความเป็นฉนวนไฟฟ้าแบบดิจิตอล มี บาร์กราฟแสดงค่าแรงดันที่ใช้ในการทดสอบฉนวน และสามารถวัดค่าแรงดันไฟสลับ (AC Voltage)

นอกจากนี้ เรายังสามารถแบ่งประเภทของเมกะโอห์ม เป็นเครื่องแบบวัดค่าฉนวนไฟฟ้าแรงดันต่ำ และแบบวัดค่าฉนวนไฟฟ้าแรงดันสูง (High Voltage Insulation Testers) เป็นเครื่องที่ใช้กับการทดสอบแรงดันสูง ๆ มีทั้งแบบเข็มและแบบดิจิตอล ซึ่งจะมีราคาที่แพงกว่าเครื่องทั่วไป เหมาะที่จะใช้กับเครื่องมือขนาดใหญ่ที่มีแรงดันสูง ตัวอย่างเช่น

 - **KYORITSU 3122B** เครื่องตรวจสอบฉนวนแบบเข็ม สามารถวัดค่าความเป็นฉนวนได้สูงสุด 200G Ω

- **KYORITSU 3125A** เครื่องตรวจสอบฉนวนแบบดิจิทัล แสดงผลด้วยค่าตัวเลขขนาดใหญ่ พร้อมบาร์กราฟ



อุปกรณ์ที่จำเป็นต้องทดสอบความเป็นฉนวน

สำหรับการทดสอบความเป็นฉนวน ส่วนใหญ่จะตรวจสอบตามอาคารขนาดใหญ่ โรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้เครื่องมือหรือเครื่องจักรขนาดใหญ่ หรือเป็นการตรวจสอบอุปกรณ์ในบ้านโดยช่างผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งมีอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ควรจะต้องดำเนินการทดสอบความเป็นฉนวนเป็นประจำ ดังนี้

- หม้อแปลงไฟฟ้า
- มอเตอร์ไฟฟ้า
- ฮีตเตอร์
- สายเคเบิล
- ฉนวนและบุชชิง
- เซอร์กิตเบรกเกอร์

ข้อควรระวัง และวิธีการใช้งานอย่างปลอดภัย

วิธีใช้งานเครื่องวัดค่าความต้านทาน Insulation Testers หรือ เมกะโอห์มมิเตอร์ มีดังต่อไปนี้

1. ตรวจสอบโอห์มมิเตอร์ว่าอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์
2. ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการวัด เพื่อกำหนดแรงดันไฟฟ้าในการทดสอบได้ถูกต้องและปลอดภัย
3. นำสายหนึ่งไปเชื่อมต่อกับบริเวณกราวด์ และอีกสายหนึ่งไปต่อกับสาย Line ที่ต้องการจะวัด
4. ตั้งค่าแรงดันการทดสอบ
5. กดปุ่ม Test หรือ Measure
6. รอจนค่านิ่งแล้วอ่านค่าที่ได้

สำหรับข้อควรระวังในการใช้งานเมกะโอห์มมิเตอร์ก็คือ ห้ามวัดความต้านทานไฟฟ้าในขณะที่มีกระแสไฟฟ้าหรือตัวนำมีไฟ เพราะอาจเกิดอันตรายได้

นอกจากนี้ เราควรเลือกใช้เมกะโอห์มมิเตอร์ที่เหมาะสมกับแรงดันไฟฟ้า เพื่อการใช้งานที่ปลอดภัย โดยเฉพาะหากเราต้องการทดสอบแรงดันสูง ควรจะเลือกเครื่องวัดค่าต้านทานไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมจะดีกว่า โดยเราควรเลือกค่าแรงดันทดสอบอยู่ที่ 2 เท่าของแรงดันปกติ

5.2 เครื่องทดสอบฉนวน – ความต่อเนื่องแบบดิจิทัล

KYORITSU 3552BT เครื่องทดสอบความต้านทานฉนวนและความต่อเนื่องแบบดิจิทัล | Insulation-Continuity Tester



- สามารถวัดได้ทั้งค่าความเป็นฉนวนไฟฟ้า, ค่าความต่อเนื่อง และวัดแรงดันไฟฟ้า
- ย่านแรงดันไฟทดสอบ 6 ย่าน คือ 50/ 100/ 125/ 250/ 500/ 1000V
- ย่านวัดความต่อเนื่อง 40/ 400/ 4000Ω
- ย่านวัดแรงดันไฟ AC: 20~600V, DC: -20~600V/ 20~600V
- ใช้ไฟจากแบตเตอรี่ AA (R6/LR6) 1.5V 4 ก้อน
- เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ได้<เชื่อมต่อบลูทูธได้

5.3 วิธีการวัดค่าความเป็นฉนวนในระบบ

การวัดความเป็นฉนวนไฟฟ้าระหว่างตัวนำไฟฟ้า

การวัดความเป็นฉนวนไฟฟ้าระหว่างตัวนำไฟฟ้า (Insulation Resistance Test) คือการตรวจสอบสภาพของฉนวนว่ายังสามารถป้องกันกระแสไฟฟ้ารั่วไหลได้ดีเพียงใด โดยใช้เครื่องมือวัดค่าความต้านทานฉนวน (Insulation Tester หรือ Megger) ป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงสูง (DC) เข้าไปในระบบเพื่ออ่านค่าความต้านทานในหน่วยเมกะโอห์ม (MΩ หรือกิกะโอห์ม G Ω) สามารถแบ่งการทดสอบและข้อปฏิบัติได้ดังนี้ครับ:

⚠️ ข้อควรระวังก่อนเริ่มวัด

1. **ตัดระบบไฟฟ้า 100%:** ต้องปลดเบรกเกอร์ ตัดกระแสไฟ และถอดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (เช่น Inverter, PLC) ออกจากระบบก่อนเสมอ เพื่อป้องกันอันตรายและความเสียหาย
2. **คายประจุ:** ควรคายประจุ (Discharge) สายไฟหรืออุปกรณ์ก่อนทำการวัด

🔍 รูปแบบการวัดระหว่างตัวนำไฟฟ้า

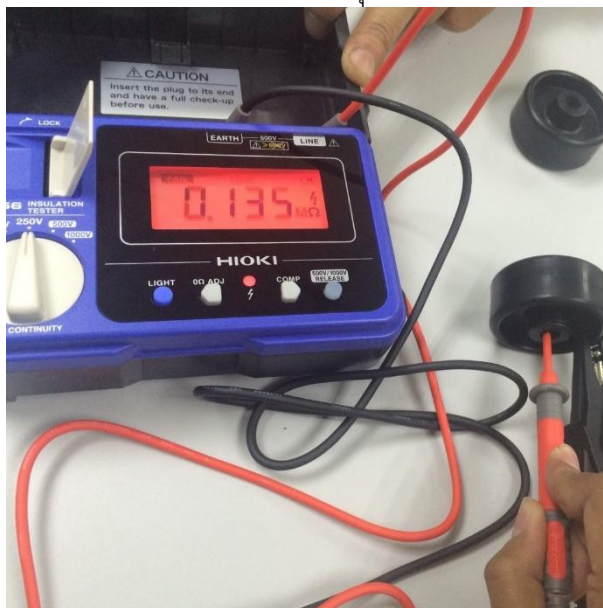
- **วัดระหว่างสายกับสาย (Phase to Phase):** ทดสอบความเป็นฉนวนระหว่างสายตัวนำแต่ละเส้น (เช่น L1 กับ L2, L2 กับ L3) เพื่อดูว่าฉนวนที่หุ้มสายไฟแต่ละเส้นเสื่อมสภาพจนลัดวงจรถึงกันหรือไม่
- **วัดระหว่างสายกับสายดิน (Phase to Earth):** ทดสอบการรั่วไหลระหว่างตัวนำไฟฟ้ากับโครงเครื่องหรือระบบสายดิน (G) เพื่อป้องกันไฟดูดผู้ใช้งาน

🔧 วิธีการวัด (ด้วยเครื่อง Insulation Tester)

1. ปรับย่านวัดของเครื่องให้ตรงกับแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการทดสอบ (โดยทั่วไปมักใช้แรงดัน 500V หรือ 1000V ขึ้นอยู่กับระบบ)
2. ต่อสายวัดสีแดงและสีดำเข้ากับจุดตัวนำไฟฟ้าทั้ง 2 จุดที่ต้องการตรวจสอบค่าความเป็นฉนวน
3. กดปุ่ม Test/Measure ค้างไว้ประมาณ 1 นาที แล้วอ่านค่าความต้านทานที่แสดงบนหน้าจอ

💡 ค่ามาตรฐานความต้านทานฉนวน

โดยทั่วไป ตามมาตรฐานทางไฟฟ้า ค่าความต้านทานฉนวนที่วัดได้ **ไม่ควรต่ำกว่า (1 M Ω)** (ค่าความต้านทานยิ่งสูง ฉนวนยิ่งดี) หากวัดได้ค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน แสดงว่าฉนวนเสื่อมสภาพ อาจเกิดการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้าและควรเปลี่ยนสายไฟหรืออุปกรณ์นั้น



การวัดความเป็นฉนวนไฟฟ้าระหว่างตัวนำไฟฟ้ากับสายดิน

การวัดความเป็นฉนวนไฟฟ้าระหว่างตัวนำไฟฟ้ากับสายดิน (Insulation Resistance Test) เป็นการทดสอบเพื่อป้องกันไฟฟ้ารั่วและไฟฟ้าลัดวงจร ทำได้โดยการจ่ายไฟกระแสตรง (DC) แรงดันสูงเข้าไปในระบบ แล้ววัดค่าความต้านทาน โดยมีวิธีและขั้นตอนมาตรฐานดังนี้

⚠️ ข้อควรระวังก่อนเริ่ม

- **ต้องตัดกระแสไฟฟ้า** และปลดเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมดออกจากวงจรก่อนเริ่มทดสอบเสมอ เพื่อความปลอดภัยและป้องกันมิเตอร์เสียหาย
- ค่าที่วัดได้จะแสดงเป็นหน่วย เมกะโอห์ม (M Ω หรือ กิกะโอห์ม G Ω) ยิ่งค่าสูงแสดงว่าฉนวนยิ่งดี

🔧 เครื่องมือที่ใช้

- Insulation Tester หรือ เมกะโอห์มมิเตอร์ (Megohmmeter)

📄 ขั้นตอนการวัดค่า

1. **ตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าบนมิเตอร์:** โดยทั่วไปสำหรับการทดสอบระบบแรงดันต่ำ (เช่น 220V หรือ 380V) จะตั้งแรงดันทดสอบไว้ที่ (500V) หรือ (1000V)
2. **ต่อสายวัดสีดำ (Earth/Ground Lead):** หนีบหรือเชื่อมต่อสายวัดเข้ากับขั้วต่อสายดิน (Grounding Terminal) หรือโครงโลหะของอุปกรณ์
3. **ต่อสายวัดสีแดง (Line Lead):** นำไปแตะหรือเชื่อมต่อกับตัวนำไฟฟ้า (เช่น สายไฟ L หรือ N)
4. **ทำการทดสอบ:** กดปุ่ม Test บนเครื่องมือค้างไว้ประมาณ 1 นาที จากนั้นอ่านค่าความต้านทานที่หน้าจอ

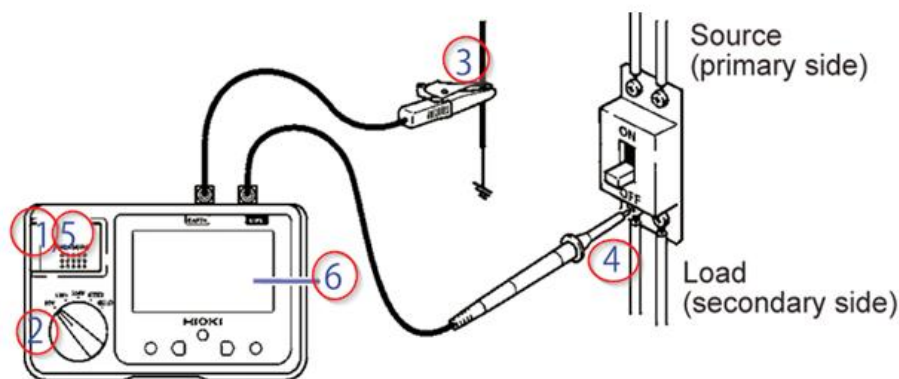


เกณฑ์มาตรฐาน (ตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า)

ค่าความต้านทานฉนวนที่วัดได้ **ต้องไม่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานขั้นต่ำ** ดังนี้:

- แรงดันไฟฟ้าระหว่างตัวนำกับกราวด์ (150V): ค่าความต้านทานฉนวน(0.1 M Ω)

- แรงดันไฟฟ้าระหว่างตัวนำกับกราวด์ (151 - 300 V): ค่าความต้านทานฉนวน (0.2 M Ω)
- แรงดันไฟฟ้าระหว่างตัวนำกับกราวด์ (300V): ค่าความต้านทานฉนวน (0.4 M Ω)



5.4 การต่อวัดโดยใช้ขั้ว GUARD

การต่อใช้งานขั้ว GUARD (Guard Terminal) ในการวัดค่าทางไฟฟ้า คือการใช้ขั้วป้องกันเพื่อเบี่ยงเบนหรือแยกกระแสไฟฟ้ารั่วไหลตามผิว (Surface Leakage Current) ออกจากการวัด ช่วยให้เครื่องวัดประเมินเฉพาะกระแสที่ไหลผ่านฉนวนหรือชิ้นงานจริงๆ ทำให้ผลการวัดมีความแม่นยำสูงขึ้น

หลักการทำงานและวิธีการต่อวัด

- **หน้าที่ของ GUARD:** กระแสไฟฟ้าจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ กระแสที่ไหลผ่านเนื้อฉนวน และ กระแสที่รั่วไหลตามผิวของฉนวน ขั้ว GUARD จะทำหน้าที่ดึงกระแสที่รั่วไหลตามผิวนี้อีกกลับไปยังแหล่งจ่าย โดยไม่ไหลผ่านวงจรวัดของเครื่อง
- **การต่อใช้งาน:** ต่อสายวัดเส้นที่สามจากขั้ว GUARD ของเครื่องวัด ไปพันรอบฉนวน คล้อง หรือแตะเข้ากับจุดที่ต้องการป้องกันกระแสรั่วไหลตามผิว โดยต้องไม่ให้สายเส้นนี้ไปสัมผัสกับสายเส้นวัดหลัก หรือขั้วบวก/ลบ

ตัวอย่างการใช้งานทั่วไป

1. **การวัดความต้านทานฉนวน (Insulation Resistance/Megger):** ใช้ขั้ว GUARD คล้องพันรอบพื้นผิวของสายเคเบิลหรือฉนวนหม้อแปลง เพื่อป้องกันผลกระทบจากความชื้นหรือคราบสกปรกบนผิวฉนวนไม่ให้กวนค่าที่วัดได้
2. **การวัดค่าความต้านทานสูง:** ช่วยตัดปัญหาค่าความผิดพลาดจากกระแสรั่วไหลข้ามผ่านแผงวงจร (PCB)

5.5 เครื่องทดสอบฉนวนโวลท์สูง

เครื่องทดสอบฉนวนโวลท์สูง (High-Voltage Insulation Tester หรือ Megger) คือเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าที่ใช้จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) สูงๆ (ตั้งแต่ 500V จนถึงระดับหลายหมื่นโวลต์) เพื่อวัดค่าความต้านทานของฉนวนในอุปกรณ์ต่างๆ ช่วยป้องกันปัญหาไฟฟ้ารั่วและไฟฟ้าลัดวงจร

การทำงานและประโยชน์

- **หลักการทำงาน:** จ่ายแรงดันไฟสูงเข้าสู่สายไฟหรืออุปกรณ์ จากนั้นวัดกระแสไฟฟ้ารั่วไหลขนาดเล็กเพื่อคำนวณออกมาเป็น **ค่าความต้านทานฉนวน (Insulation Resistance)** ในหน่วยเมกะโอห์ม (M Ω) หรือ เทราโอห์ม (T Ω)
- **จุดประสงค์การใช้งาน:** ตรวจสอบสภาพเสื่อมสภาพของสายเคเบิล หม้อแปลงไฟฟ้า มอเตอร์ และแผงสวิตช์ เพื่อป้องกันเหตุเพลิงไหม้และอุบัติเหตุจากไฟฟ้ารั่วไหล

5.6 ข้อควรระวังในการวัดค่าความเป็นฉนวน

การวัดค่าความเป็นฉนวน (Insulation Resistance) ด้วยเครื่อง Insulation Tester หรือ Megohmmeter ต้องระมัดระวังเรื่องความปลอดภัยและการปลดกระแสไฟฟ้าออกจากระบบก่อนเริ่มวัดทุกครั้ง เพื่อป้องกันทั้งอันตรายต่อผู้ใช้งานและอุปกรณ์เสียหายจากการจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงสูง เข้าไปในระบบโดยไม่ตั้งใจ

เพื่อให้เข้าใจง่ายและปลอดภัยต่อการใช้งาน ควรปฏิบัติตามหลักเกณฑ์ดังนี้ครับ

1. ความปลอดภัยส่วนบุคคล (Safety First)

- **ต้องตัดกระแสไฟก่อนเสมอ:** ห้ามวัดค่าความเป็นฉนวนขณะที่มีการจ่ายไฟในระบบเด็ดขาด ต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ปิดเบรกเกอร์หรือถอดปลั๊กอุปกรณ์เรียบร้อยแล้ว
- **ระวังไฟฟ้าสถิตค้าง (Discharge):** หลังจากวัดค่าเสร็จแล้ว ต้องทำการคายประจุไฟฟ้า (Discharge) ออกจากสายหรืออุปกรณ์ทุกครั้งก่อนสัมผัส เพื่อป้องกันไฟดูด

2. การเตรียมอุปกรณ์และการตั้งค่า

- **เลือกแรงดันทดสอบให้เหมาะสม:** โดยทั่วไปแรงดันทดสอบควรตั้งไว้ที่ประมาณ 2 เท่าของแรงดันใช้งานปกติ (เช่น อุปกรณ์ใช้ไฟ 220 v ควรใช้แรงดันทดสอบที่ 500 v)
- **ปลดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ออก:** ควรถอดถอดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (เช่น PLC, Drive, หรือ Surge Protector) ออกจากวงจรก่อนวัด เนื่องจากแรงดันสูงของเครื่องทดสอบอาจทำให้อุปกรณ์เหล่านี้เสียหายได้

3. ขั้นตอนการวัดที่ถูกต้อง

- **ทำความสะอาดจุดวัด:** ขจัดคราบฝุ่นหรือความชื้นบริเวณจุดที่จะทำการวัด เพราะอาจทำให้ค่าความต้านทานที่อ่านได้คลาดเคลื่อน
- **อ่านค่าเมื่อเสถียร:** เมื่อเริ่มจ่ายแรงดันทดสอบ ควรรอให้เข็มหรือตัวเลขบนหน้าจอนิ่งก่อน (ใช้เวลาประมาณ 1 นาที) จึงค่อยจดบันทึกค่า

6. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบแบบทดสอบ หน่วยที่ 5

ตอนที่ 1 จงพิจารณาเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว

จงเขียนเครื่องหมาย X คำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

ตอนที่ 1 จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

1. ข้อใดหมายถึงเครื่องมือทดสอบฉนวน

- ก. Resistance meter
- ข. ,Megger
- ค. Insulation tester meter
- ง. ถูกทั้งข้อ ข และ ค

2. ข้อใดหมายถึงวงจรกำเนิดแรงดันภายในเครื่องมือทดสอบฉนวน

- ก. Step voltage
- ข. Voltage source
- ค. วงจรทวีแรงดัน

- ง. วงจรอะสเตเบิล
3. เมกเกอร์มีขั้ววัดเรียกว่าอะไรบ้าง
- ก. line - zero - guard
ข. ground - line - guard
ค. earth - line - zero
ง. ground - guard - earth
4. ขั้ว GUARD ใช้ประโยชน์อย่างไร
- ก. ป้องกันความผิดพลาดเนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่รั่วไหลที่ผิว
ข. ป้องกันสนามแม่เหล็กربกวน
ค. ป้องกันเข็มสั้น
ง. ป้องกันไฟดูด
5. ก่อนจะทำการวัดค่าความต้านทานฉนวน ต้องตรวจสอบอย่างไร
- ก. ปรับซีโรโอม
ข. จ่ายไฟให้วัตถุที่ต้องการวัดเสียก่อน
ค. ต้องปลดแหล่งจ่ายไฟออกจากวัตถุที่ต้องการวัด
ง. ถูกทุกข้อ
6. เมื่อต้องการวัดค่าความเป็นฉนวนของสายไฟฟ้าที่ต่ออยู่ในระบบ ควรปฏิบัติอย่างไร
- ก. ปลดโหลดและตัดไฟในระบบออกก่อนทุกครั้ง
ข. จ่ายไฟตามปกติและวัดฉนวนได้เลย
ค. ต่อสายทุกเส้นให้ชิดกัน
ง. ทดสอบเป็นช่วง ๆ โดยไม่ต้องตัดไฟออกจากระบบ
7. เครื่องทดสอบฉนวนโวลต์สูง เหมาะสำหรับงานประเภทใด
- ก. งานติดตั้งทั่วไป
ข. อุปกรณ์สวิตช์เกียร์
ค. เครื่องบันทึกข้อมูล
ง. ถูกทุกข้อ
8. เพราะเหตุใดขณะที่ทำการทดสอบเสร็จแล้ว ไม่ควรสัมผัสกับอุปกรณ์ที่ทดสอบนั้นในทันทีทันใด
- ก. ระบบภายในกำลังเกิดการชาร์จประจุ
ข. ระบบภายในเกิดการคายประจุ (discharge)
ค. ยังมีสนามแม่เหล็กตกค้างในระบบ
ง. เกิดการคงค่าแรงดัน
9. การทดสอบความป็นฉนวนของอุปกรณ์ / ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ควรใช้ระดับแรงดันตามข้อใด
- ก. 50 V
ข. 100 V
ค. 250 V
ง. 500 V

10. ทำไมจึงไม่นำมัลติมิเตอร์มาวัดฉนวน

- ก. การคาลิเบรทสเกลทำได้ยาก
- ข. โครงสร้างบอบบาง
- ค. กำเนิดแรงดันสูง ๆ ไม่ได้
- ง. ผิดทุกข้อ

ตอนที่ 2 แบบฝึกหัด

คำชี้แจง จงตอบคำถามลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

1. จงบอกข้อควรระวังในการใช้งานและบำรุงรักษาเครื่องวัดฉนวน

ตอบ.....

.....

.....

.....

.....

2. จงอธิบายวิธีการวัดค่าความเป็นฉนวนด้วย Insulation tester meter

ตอบ.....

.....

.....

.....

.....

7. เอกสารอ้างอิง

1. สิทธิพงศ์ อินทรายุทธ.เครื่องมือวัดไฟฟ้า.กรุงเทพมหานคร:ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ,2567.
2. ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตในเรื่องเครื่องมือวัดไฟฟ้า

8. ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัดและเฉลยแบบทดสอบ)

แบบทดสอบ หน่วยที่ 5

ตอนที่ 1 จงพิจารณาเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว

จงเขียนเครื่องหมาย X คำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

ตอนที่ 1 จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

1. ข้อใดหมายถึงเครื่องมือทดสอบฉนวน

- ก. Resistance meter
- ข. ,Megger
- ค. Insulation tester meter

ง. ถูกทั้งข้อ ข และ ค

2. ข้อใดหมายถึงวงจรกำเนิดแรงดันภายในเครื่องมือทดสอบฉนวน
 - ก. Step voltage
 - ข. Voltage source
 - ค. วงจรทวีแรงดัน
 - ง. วงจรอะสเตเบิล
3. เมกเกอร์มีขั้ววัดเรียกว่าอะไรบ้าง
 - ก. line - zero - guard
 - ข. ground - line - guard
 - ค. earth - line - zero
 - ง. ground - guard - earth
4. ขั้ว GUARD ใช้ประโยชน์อย่างไร
 - ก. ป้องกันความผิดพลาดเนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่รั่วไหลที่ผิว
 - ข. ป้องกันสนามแม่เหล็กรบกวน
 - ค. ป้องกันเข็มสั้น
 - ง. ป้องกันไฟดูด
5. ก่อนจะทำการวัดค่าความต้านทานฉนวน ต้องตรวจสอบอย่างไร
 - ก. ปรับซีโรโอห์ม
 - ข. จ่ายไฟให้วัตถุที่ต้องการวัดเสียก่อน
 - ค. ต้องปลดแหล่งจ่ายไฟออกจากวัตถุที่ต้องการวัด
 - ง. ถูกทุกข้อ
6. เมื่อต้องการวัดค่าความเป็นฉนวนของสายไฟฟ้าที่ต่ออยู่ในระบบ ควรปฏิบัติอย่างไร
 - ก. ปลดโหลดและตัดไฟในระบบออกก่อนทุกครั้ง
 - ข. จ่ายไฟตามปกติและวัดฉนวนได้เลย
 - ค. ต่อสายทุกเส้นให้ชิดกัน
 - ง. ทดสอบเป็นช่วง ๆ โดยไม่ต้องตัดไฟออกจากระบบ
7. เครื่องทดสอบฉนวนโวลต์สูง เหมาะสำหรับงานประเภทใด
 - ก. งานติดตั้งทั่วไป
 - ข. อุปกรณ์สวิตช์เกียร์
 - ค. เครื่องบันทึกข้อมูล
 - ง. ถูกทุกข้อ
8. เพราะเหตุใดขณะที่ทำการทดสอบเสร็จแล้ว ไม่ควรสัมผัสกับอุปกรณ์ที่ทดสอบนั้นในทันทีทันใด
 - ก. ระบบภายในกำลังเกิดการชาร์จประจุ
 - ข. ระบบภายในเกิดการคายประจุ (discharge)
 - ค. ยังมีสนามแม่เหล็กตกค้างในระบบ
 - ง. เกิดการคงค่าแรงดัน
9. การทดสอบความป็นฉนวนของอุปกรณ์ / ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ควรใช้ระดับแรงดันตามข้อใด

ก. 50 V

ข. 100 V

ค. 250 V

ง. 500 V

10. ทำไมจึงไม่นำมัลติมิเตอร์มาวัดฉนวน

ก. การคาลิเบรทสเกลทำได้ยาก

ข. โครงสร้างบอบบาง

ค. กำเนิดแรงดันสูง ๆ ไม่ได้

ง. ผิดทุกข้อ

ตอนที่ 2 แบบฝึกหัด

คำชี้แจง จงตอบคำถามลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

1. จงบอกข้อควรระวังในการใช้งานและบำรุงรักษาเครื่องวัดฉนวน

ตอบ

1.1 ระวังอย่าให้เครื่องวัดได้รับการกระทบกระเทือน

1.2 อย่าแตะจุดต่อขั้วและปลายสายระหว่างการทดสอบอาจได้รับอันตรายจากไฟแรงสูง

1.3 ภายหลังจากทดสอบแล้ว หมุนฟังก์ชันสวิตช์ไปยังตำแหน่งดีสชาร์จ เพื่อดีสชาร์จแรงดันทั้ง

หมดในวงจร (ถ้ามีฟังก์ชันนี้)

อย่านำเครื่องวัดไปไว้ในที่มีอุณหภูมิสูงหรือความชื้นสนามแม่เหล็กสูง

2. จงอธิบายวิธีการวัดค่าความเป็นฉนวนด้วย Insulation tester meter

ตอบ

มีขั้นตอนดังนี้

2.1 เสียบสายวัดสีแดงเข้าขั้ว LINE และเสียบสายวัดสีดำเข้าขั้ว EARTH

2.2 ปรับตั้งสวิตช์เลือกให้ถูกต้อง

2.3 ต่อวัตถุที่จะวัดความต้านทานของฉนวนเข้ากับขั้วดิน (EARTH) และขั้ว LINE ตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้

2.3.1 เมื่อด้านหนึ่งของวัตถุที่นำมาวัดต่อลงดินอยู่แล้วให้ด้านที่ต่อลงดินเข้ากับขั้ว EARTH ส่วนอีกด้านหนึ่งต่อเข้ากับ LINE ในกรณีนี้สายที่ต่อจะต้องให้ห่างดินและวัตถุอื่นๆ

2.3.2 เมื่อวัตถุที่นำมาวัดไม่ได้ต่อลงดิน จะต่อด้านใดเข้ากับขั้วใดก็ได้

2.3.3 ขั้ว GUARD ใช้ในกรณีที่วัดค่า Volume Resistance ไม่ให้มีผลเกี่ยวข้องกับค่าที่วัด

ได้ เช่น จะวัดค่าฉนวนของสายโคแอกเซียล โดยนำสายเปลือกพันเข้ากับฉนวนรอบในให้มากที่สุด และต่อสายเปลือกนี้เข้ากับขั้ว GUARD ส่วนสาย LINE ต่อเข้ากับแกนกลาง (CORE) และ สาย EARTH ต่อกับสายลีดครอบฉนวน (LEAD COATING)

	ใบงานหน่วยที่ 5	หน่วยที่ 5
	รหัสวิชา 30104-2001 ชื่อวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 10 - 11
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานวัดวัดค่าความเป็นฉนวน	ทฤษฎี...4...ชม. ปฏิบัติ...6...ชม.
ชื่อเรื่อง/งานวัดค่าความเป็นฉนวน		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

แสดงความรู้ในทฤษฎีของการวัดค่าความเป็นฉนวน

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ - สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน-.....

2) วิธีประเมิน-.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ.....

3. สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้ในการใช้งานเครื่องมือวัดค่าความเป็นฉนวนได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. สามารถใช้เครื่องวัดความต้านทานฉนวนได้ถูกต้อง

2. อธิบายค่าความต้านทานฉนวนได้ถูกต้อง

5. เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดความต้านทานฉนวน 1 ชุด

2. ลูกถ้วยไฟฟ้า

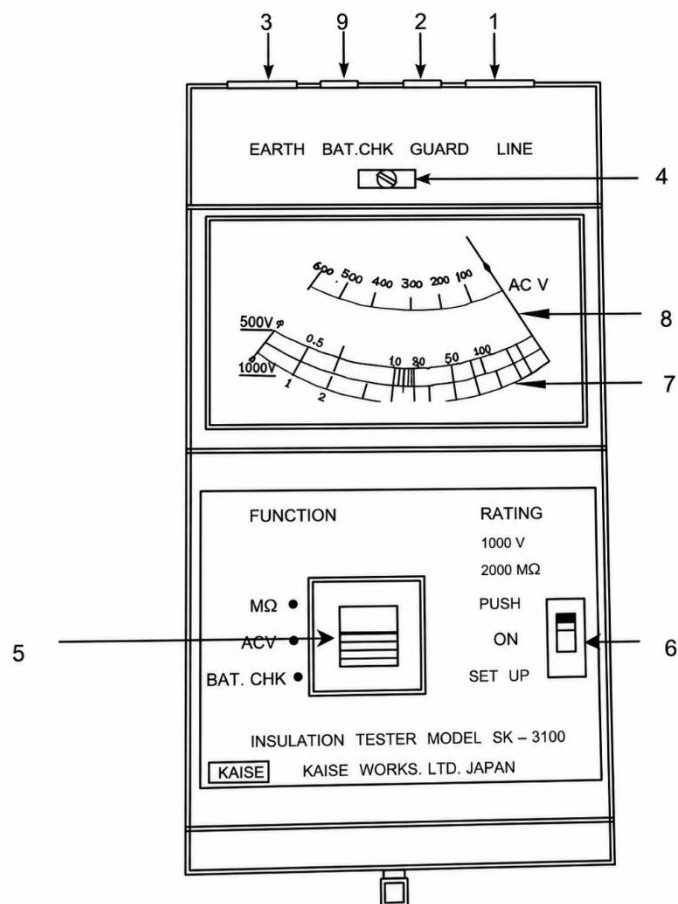
3. สายโคแอกเชียล

4. วัสดุฉนวนอื่นๆ ที่มี

6. คำแนะนำ/ข้อควรระวัง

เครื่องวัดความต้านทานฉนวน เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดความต้านทานที่มีค่าสูงๆ เป็นเมกโอห์มขึ้นไป (1 เมกโอห์ม เท่ากับ 1,000,000 โอห์ม) ดังนั้นจึงนิยมเรียกอีกอย่างว่าเครื่องวัดฉนวนไฟฟ้า หรือ Megohmmeter หรือ Insulation tester meter หลักการทำงานที่สำคัญคือจะกำเนิดแรงดันไฟฟ้า กระแสตรงแรงดันสูงตั้งแต่ 500 โวลต์ ขึ้นไปเพื่อให้มีศักย์ตามากพอที่จะทดสอบหาจุดเบรกดาว์ของ ฉนวนไฟฟ้าได้ ในขณะที่มัลติมิเตอร์จะวัดได้เฉพาะค่าความต้านทานต่ำหรือไม่สูงมากนัก เนื่องจากวงจรภายใน ไม่สามารถกำเนิดแรงดันสูงได้นั่นเอง

7. ขั้นตอนการปฏิบัติงานคำสั่งสำหรับการทำกิจกรรมตามใบงานที่ 5



รูป Insulation Tester KAISE MODEL SK-3100

สัญลักษณ์ต่างๆ

1. ขั้ว LINE: สำหรับวัดสายสีแดง
2. ขั้ว GUARD: สำหรับสายวัด GUARD
3. ขั้ว EARTH: สำหรับสายวัดสีดำ
4. สกรูสำหรับปรับเข็มชี้ให้อยู่ที่ศูนย์
5. สวิตช์เลือกมาตร : MQ : วัดค่าความเป็นฉนวน
AC V : วัดค่าแรงดันเป็นโวลต์
BAT. CHK : สำหรับตรวจสอบแรงดันแบตเตอรี่
6. สวิตช์เลือกสเกล 1,000 โวลต์ 2000 เมกโอห์ม
500 โวลต์ 1000 เมกโอห์ม
7. สเกลบนหน้าปัดสำหรับอ่านค่าแรงดันและค่าความต้านทาน
8. เข็มชี้
9. ขั้วสำหรับเช็คแบตเตอรี่

ข้อมูลทางเทคนิค

แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด	1000 V	500 V	ช่วง 0.5 - 40 MΩ กรณี 1000 V
ค่าความต้านทาน	2000 MΩ	1000 MΩ	ช่วง 0.5 - 20 MΩ กรณี 500 V
ช่วงวัดความต้านทาน	0.5 - 2000 MΩ	0.5 - 1000 MΩ	±5% ในการวัดแต่ละช่วง
จุดศูนย์กลางของสเกล	40 MΩ	20 MΩ	ช่วงจาก 40-2000 MΩ กรณี 1000 V

		ช่วงจาก 20-1000 MΩ กรณี 500 V + 10 % ในการวัดแต่ละช่วง
เข็มชี้ที่ศูนย์และอินฟินิตี้		+ 0.7% ในการวัดแต่ละช่วง
แรงดันกระแสสลับ	0 - 600 V	+ 5 % ในการวัดแต่ละช่วง

วิธีการวัดค่าความเป็นฉนวน

การปรับเข็มให้ชี้ที่เลขศูนย์

ก่อนที่จะทำการวัดควรตรวจสอบเสียก่อนว่าเข็มชี้ (8) ชี้ที่ตำแหน่ง "0" หรือไม่ ถ้าไม่ชี้ที่ศูนย์จะต้องปรับให้เข็มชี้ที่เลขศูนย์เสียก่อนโดยปรับสกรูหมายเลข 4

การเช็คแบตเตอรี่

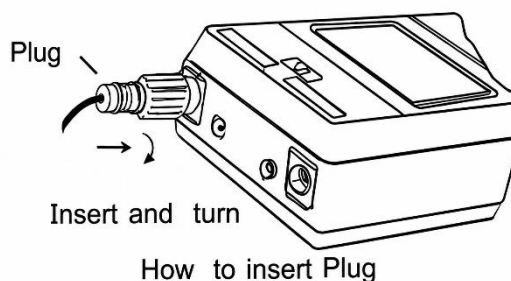
1. เลื่อนฟังก์ชันสวิตช์ (5) ไปที่ BAT CHK
2. เสียบสายวัดสีแดง เข้าที่ขั้ว LINE เพื่อให้อยู่ในตำแหน่งล็อก ข้อระหว่าง LINE และ BAT CHK
3. ถ้าเข็มชี้อยู่ในช่วงสีดำของ BAT แสดงว่าแบตเตอรี่มีแรงดันไฟฟ้าพอใช้ได้ แต่ถ้าเข็มชี้อยู่นอกช่วงสีดำให้เปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่

การเช็คค่าศูนย์

1. เลื่อนฟังก์ชันสวิตช์ไปที่ตำแหน่ง MΩ
2. เสียบปลั๊กสายวัดสีดำ (E) เข้าขั้ว EARTH และเสียบสายวัดสีแดง (L) เข้าขั้ว LINE
3. ข้อระหว่างขั้ว EARTH กับขั้ว LINE ถ้าเข็มชี้ที่ศูนย์ MΩ แสดงว่าเครื่องนี้มีค่าความแม่นยำปกติ

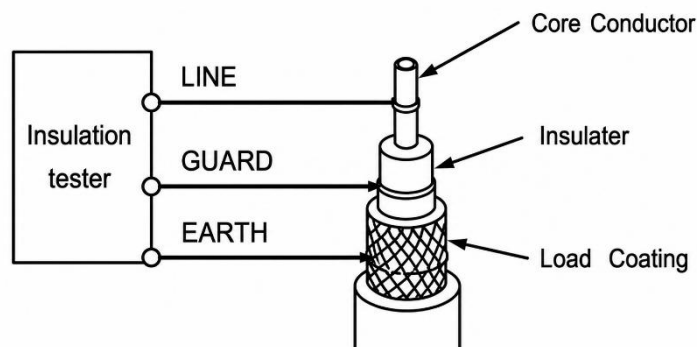
การเช็คค่าความต้านทานของฉนวน

1. เสียบปลั๊กสายวัดสีดำ (E) เข้าขั้ว EARTH และเสียบสายวัดสีแดง (L) เข้าขั้ว LINE ดังรูป



MΩ

2. เลื่อนสวิตช์เลือกฟังก์ชันสเกลไปในช่วงที่ต้องการวัด เช่น 500 V - 1000 MΩ หรือ 1000 V - 2000 MΩ
3. ต่อวัตถุที่จะวัดค่าความต้านทานของฉนวนเข้ากับขั้วดิน EARTH และขั้ว LINE ตามเงื่อนไขต่อไปนี้
 - 3.1 เมื่อด้านหนึ่งของวัตถุที่นำมาวัดต่อลงดิน (Ground) ให้ต่อด้านที่ต่อลงดิน (Ground) เข้ากับขั้วดิน EARTH ส่วนอีกด้านหนึ่งต่อเข้ากับขั้ว LINE ในกรณีนี้สายที่ต่อจะต้องให้ห่างจากดินและวัตถุอื่น
 - 3.2 เมื่อวัตถุที่นำมาวัดไม่ได้ต่อลงดิน (Ground) จะต่อด้านใดเข้ากับขั้วใดก็ได้
 - 3.3 ขั้ว GUARD ใช้กรณีที่วัดค่า Volume resistance โดยกำจัดค่า Surface leakage resistance ไม่ให้มีผลเกี่ยวข้องกับค่าที่วัดได้ เช่น จะวัดค่าฉนวนไฟฟ้าโคแอกเซียลด้วยการพันสายเปลือยเข้ากับฉนวนรอบในให้มากที่สุดและต่อสายเปลือยนี้เข้ากับขั้ว GUARD การต่อแบบนี้จะทำให้วัดค่าได้เฉพาะ Volume Resistance ดังรูป



4. ดึงฟังก์ชันสวิตช์ขึ้นตามรูป จะทำให้เข็มชี้ค่าความต้านทานของฉนวนที่ต้องการวัด

ข้อควรระวัง ก่อนที่จะทำการวัดค่าความต้านทานฉนวน ต้องแน่ใจว่าไม่มีแรงดันอยู่ในวัตถุที่ต้องการวัด

การวัดโวลต์ AC

1. ต่อสายวัดสีแดง (L) เข้าขั้ว LINE และสายวัดสีดำ (E) เข้าขั้ว EARTH
2. เลื่อนฟังก์ชันสวิตช์ไปที่ตำแหน่ง ACV
3. อ่านค่าที่ได้จากสเกล ACV สีแดง

ข้อควรระวังในการใช้งานและบำรุงรักษาเครื่องวัด

1. ควรเก็บรักษาเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ต่างๆ ให้สะอาดแห้ง และปราศจากการชำรุด
2. อย่าขัดเครื่องมือวัดหรือทำความสะอาดเครื่องมือวัดด้วยของเหลว แก๊สโซลีน เบนซิน ถ้าจำเป็นให้ใช้น้ำมันซิลิโคน หรือของเหลวที่ไม่ทำให้ฉนวนเปลี่ยนแปลงรูป
3. ควรระมัดระวังอย่าให้เครื่องวัดได้รับการกระทบกระเทือนหรือสั่นสะเทือน หรือวัดในที่ที่มีอุณหภูมิสูง หรือความชื้นสนามแม่เหล็กสูง
4. เมื่อไม่ใช้เครื่องวัดเป็นเวลานานควรเอาแบตเตอรี่ออกจากเครื่องวัด
5. อย่าเปลี่ยนแปลงวงจรให้อ่านค่าสูงกว่าความเป็นจริง

ตารางบันทึกผลการวัด

ลำดับที่	วัสดุฉนวน	ค่าความเป็นฉนวน ($M\Omega$)
1	ลูกถ้วยไฟฟ้า	
2	สายโคแอกเชียล	
3		
4		
5		

สรุปผลการปฏิบัติงาน

.....

.....

8.สรุปและวิจารณ์ผล

นักเรียนต้องได้ผลการประเมินไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60 และหากไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินจะต้อง ปฏิบัติงานใหม่

9.การประเมินผล

ใบประเมินผลงานหน่วยที่ 5
(Evaluation Sheet)

ชื่องาน งานวัดค่าความเป็นฉนวน		วันที่เริ่มงาน			
ผู้ปฏิบัติ		ผู้ประเมิน นายรชตะ ใจตรง			
จุดประเมิน	ผลการประเมิน				หมายเหตุ
	ดีมาก (10)	ดี (7)	พอใช้ (5)	แก้ไข (3)	
ขณะปฏิบัติงาน					
1. งานเตรียมความพร้อมปฏิบัติงาน					
2. งานจัดบันทึกข้อมูล					
3. งานเก็บอุปกรณ์หลังจากปฏิบัติงาน					
4. ปฏิบัติงานตามขั้นตอน					
รวม					
คะแนน 20%	$\frac{\dots\dots\dots \times 20}{\dots\dots\dots}$				
คุณภาพของผลงาน					
ผลงาน (1) (งานวัดค่าความเป็นฉนวน)	ผลการประเมิน				
	ดีมาก (10)	ดี (7)	พอใช้ (5)	แก้ไข (3)	
1. ความสำเร็จของงาน					
รวม					
ผลรวมทั้งหมด					

	ใบมอบหมายงานหน่วยที่ 5	หน่วยที่ 5
	รหัสวิชา 30104-2001 ชื่อวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 10 - 11
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานวัดวัดค่าความเป็นฉนวน	ทฤษฎี...4...ชม. ปฏิบัติ...6...ชม.
ชื่อเรื่อง/งานวัดค่าความเป็นฉนวน		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

แสดงความรู้ในทฤษฎีของการวัดค่าความเป็นฉนวน

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ - สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน-.....

2) วิธีประเมิน-.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ.....

3. สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้ในการใช้งานเครื่องมือวัดค่าความเป็นฉนวนได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกหลักการทำงานของเมกโอห์มมิเตอร์ได้

2. บอกวิธีการวัดค่าความเป็นฉนวนในระบบได้

3. บอกส่วนประกอบของเครื่องทดสอบฉนวนโวลท์สูงได้

4. บอกข้อควรระวังในการวัดค่าความเป็นฉนวนได้

5. วัดค่าความเป็นฉนวนได้

6. แสวงหาประสบการณ์ และค้นหาความรู้ใหม่ๆ

7. มีความเพียรพยายามในการเรียนและการปฏิบัติงาน

8. ทำงานตามที่ได้รับมอบหมายด้วยตนเอง

9. มีสติและสามารถควบคุมอารมณ์ได้ดี

5. เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

5.1 กระดาษชาร์ตแผ่นใหญ่ใช้สำหรับการเขียนข้อมูลนำเสนอ

5.2 อุปกรณ์ เครื่องเขียน

6. ขั้นตอนการทํากิจกรรม

ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม 5 กลุ่ม 1. บอกหลักการทำงานของเมกโอห์มมิเตอร์ 2. บอกวิธีการวัดค่าความเป็นฉนวนในระบบ 3. บอกส่วนประกอบของเครื่องทดสอบฉนวนโวลท์สูง 4. บอกข้อควรระวังในการวัดค่าความเป็นฉนวน 5. วัดค่าความเป็นฉนวนได้

7. สรุปและอภิปราย

7.1 ให้ผู้เรียนจัดกลุ่ม ศึกษาลักษณะทั่วไปที่แต่ละกลุ่มได้รับมอบหมาย แต่ละกลุ่มศึกษาเนื้อหาแตกต่างกัน

7.2 ให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มประชุมคณะทำงาน แบ่งหน้าที่และความรับผิดชอบ จากนั้นให้ผู้เรียนทุกกลุ่มระดมสมองศึกษาเนื้อหาตามที่ได้รับมอบหมายและค้นคว้าเพิ่มเติม หาตัวแทนกลุ่มนำเสนอกิจกรรมหน้าชั้นเรียน

8. การประเมินผล

ให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มประเมินตนเองและประเมินผลกลุ่มอื่นๆ โดยใช้แบบประเมินผลงาน ผู้สอนประเมินผลผู้เรียนทุกกลุ่ม โดยใช้แบบประเมิน ดังนี้

- แบบประเมินกระบวนการทำงานกลุ่ม
- แบบประเมินการนำเสนอผลงาน
- แบบประเมินผลงาน
- แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

9. การประเมินผล

9.1 จากการประเมินกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม

เกณฑ์การประเมิน	ดี	คะแนนอยู่ระหว่าง	12-15
	พอใช้	คะแนนอยู่ระหว่าง	9-11
	ปรับปรุง	คะแนนอยู่ระหว่าง	5-8

9.2 จากการประเมินการนำเสนอผลงาน

เกณฑ์การประเมิน	ดี	คะแนนอยู่ระหว่าง	15-18
	พอใช้	คะแนนอยู่ระหว่าง	12-14
	ปรับปรุง	คะแนนอยู่ระหว่าง	6-11

9.3 จากการประเมินผลงาน

เกณฑ์การประเมิน	ดี	คะแนนอยู่ระหว่าง	2.70
	พอใช้	คะแนนอยู่ระหว่าง	1.30-2.70
	ปรับปรุง	คะแนนอยู่ระหว่าง	1.30

9.4 จากการประเมินผลการปฏิบัติงาน

เกณฑ์การประเมิน	ดี	คะแนนอยู่ระหว่าง	6-10
	ปรับปรุง	คะแนนอยู่ระหว่าง	1-5

หมายเหตุ เกณฑ์การประเมินที่ใช้ในการตัดสินต้องได้มาจากคะแนนเฉลี่ยของผู้ประเมินทั้งหมด ผลรวมของคะแนนจาก เครื่องมือทุกประเภทไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 ถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมิน

10. เอกสารอ้างอิง/เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม

สิทธิพงศ์ อินทรายุทธ.เครื่องมือวัดไฟฟ้า.กรุงเทพมหานคร:ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ,2567.

ใบประเมินผลกิจกรรมหน่วยที่ 5
(Evaluation Sheet)

ชื่องาน งานวัดค่าความเป็นฉนวน		วันที่เริ่มงาน			
ผู้ปฏิบัติ		ผู้ประเมิน นายรชตะ ใจตรง			
จุดประเมิน	ผลการประเมิน				หมายเหตุ
	ดีมาก (10)	ดี (7)	พอใช้ (5)	แก้ไข (3)	
ขณะปฏิบัติงาน					
1. งานเตรียมความพร้อมปฏิบัติงาน					
2. งานจัดบันทึกข้อมูล					
3. งานเก็บอุปกรณ์หลังจากปฏิบัติงาน					
4. ปฏิบัติงานตามขั้นตอน					
รวม					
คะแนน 20%	$\frac{\dots\dots\dots \times 20}{\dots\dots\dots}$				
คุณภาพของผลงาน					
ผลงาน (1) (งานวัดค่าความเป็นฉนวน)	ผลการประเมิน				
	ดีมาก (10)	ดี (7)	พอใช้ (5)	แก้ไข (3)	
1. ความสำเร็จของงาน					
รวม					
ผลรวมทั้งหมด					

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6	หน่วยที่ 6
	รหัสวิชา 30104-2001 ชื่อวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 12 - 13
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานวัดด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล	ทฤษฎี.....4.....ชม. ปฏิบัติ.....6.....ชม.
ชื่อเรื่อง/งานวัดด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

แสดงความรู้ในทฤษฎีของการวัดด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ - สมรรถนะย่อย.... -.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน-.....

2) วิธีประเมิน-.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ.....

3. สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้ในการใช้งานเครื่องมือวัดค่าด้วยเครื่องบันทึกข้อมูลได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกหลักการทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูลแบบกัลวานอมิเตอร์ได้
2. บอกหลักการทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูลแบบโพเทนชิโอมิเตอร์ได้
3. จำแนกประเภทของเครื่องบันทึกแบบ X – Y (X – Y recorder) ได้
4. บอกข้อดีของเครื่องบันทึกข้อมูลบนเครือข่ายได้
5. บอกลักษณะการเลือกใช้เครื่องบันทึกสัญญาณได้
6. ให้ความร่วมมือกับผู้อื่น
7. รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น
8. กล้าเสนอตัวเพื่อเป็นตัวแทนกลุ่ม
9. ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง
10. แสดงกริยาท่าทางสุภาพต่อผู้อื่น

5. สารการเรียนรู้

1. เครื่องบันทึกข้อมูลแบบกัลวานอมิเตอร์
2. เครื่องบันทึกข้อมูลแบบโพเทนชิโอมิเตอร์
3. ประเภทของเครื่องบันทึกข้อมูล
4. เครื่องบันทึกแบบ X –Y (X – Y recorder)
5. เครื่องบันทึกข้อมูลบนเครือข่าย
6. การเลือกใช้งานเครื่องบันทึกข้อมูล

6. กิจกรรมการเรียนรู้

กิจกรรมครู

1. ทำการเช็คชื่อ ตรวจเครื่องมือ และการแต่งกาย สอบถามสาเหตุของการแต่งกายผิดระเบียบ
2. ครูอบรมคุณธรรม จริยธรรม เรื่อง การมีมนุษยสัมพันธ์ ประมาณ 5-10 นาที

3. ทำการแบ่งนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม คือ
 1. เครื่องบันทึกข้อมูลแบบกัลวานอมิเตอร์
 2. เครื่องบันทึกข้อมูลแบบโพเทนชิโอมิเตอร์
 3. ประเภทของเครื่องบันทึกข้อมูล
 4. เครื่องบันทึกแบบ X - Y
 5. ระบบบันทึกข้อมูลบนเครือข่าย
 6. การเลือกใช้งานเครื่องบันทึกข้อมูล
4. ให้นักเรียนศึกษา เอกสารในบทที่ 6 ครุคอยแนะนำ
5. ให้นักเรียนนำเสนอหน้าชั้นเรียน ครู คอยสรุปเนื้อหาแต่ละกลุ่ม โดยวิธีการบรรยาย (Lecture) ประกอบการสาธิต (Demonstration) เรื่องการวัดด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล
6. มอบหมายให้นักเรียน ทำแบบฝึกหัดบทที่ 6
7. มอบหมายให้ไปศึกษาเนื้อหาในบทที่ 7 มาล่วงหน้าก่อนเรียนในสัปดาห์ถัดไป
8. ครูดูแลการเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์ การทำความสะอาด ห้องปฏิบัติการทดลองเครื่องวัด

ไฟฟ้า

9. บันทึกปัญหาที่เกิดขึ้นในการสอน ลงในบันทึกหลังการสอน เพื่อนำข้อมูลไปแก้ไขต่อไป
- กิจกรรมนักเรียน**
1. รับการตรวจเครื่องมือและการแต่งกาย บอกถึงสาเหตุของการแต่งกายผิดระเบียบ
 2. รับฟังและยอมรับเหตุผล แล้วนำไปปฏิบัติการแก้ไขในพฤติกรรมที่ไม่ถูกต้อง
 3. แบ่งกลุ่มออกเป็น 6 กลุ่ม
 4. ศึกษาเอกสารในบทที่ 6 นักเรียนทำการอภิปรายกลุ่มย่อย (Small Group Discussion)
 5. รายงานผลการอภิปรายหน้าชั้นเรียน
 6. ทำแบบฝึกหัดบทที่ 6
 7. จัดบันทึกการมอบหมายงาน
 8. เก็บเครื่องมือ อุปกรณ์ และทำความสะอาดห้องปฏิบัติการทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้า

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. ห้องสมุดของทางวิทยาลัย
2. สิทธิพงศ์ อินทรายุทธ.เครื่องมือวัดไฟฟ้า.กรุงเทพมหานคร:ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ,2567.
3. ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตในเรื่องเครื่องมือวัดไฟฟ้า

8. หลักฐานการเรียนรู้

8.1 หลักฐานความรู้

1. ใบความรู้หน่วยที่ 6 เรื่อง งานวัดด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล
2. สื่อ Power Point ประกอบการสอน เรื่อง งานวัดด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล

8.2 หลักฐานการปฏิบัติงาน

1. แบบฝึกหัด
2. แบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยที่ 6 เรื่อง งานวัดด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล
3. ใบงานที่ 6 เรื่อง งานวัดค่าความเป็นฉนวน
4. แบบทดสอบหลังเรียน หน่วยที่ 6 เรื่อง งานวัดด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล
5. แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้รายบุคคล

6. แบบประเมินการเข้าร่วมกิจกรรมกลุ่ม

7. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

9. การวัดและประเมินผล

9.1 เกณฑ์การปฏิบัติงาน

1. แบบฝึกทักษะ
2. ปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้
3. พฤติกรรมการเรียน การทำงานกลุ่ม
4. งานที่มอบหมาย/ใบงาน

9.2 วิธีการประเมิน

1. สังเกตการปฏิบัติงาน
2. พฤติกรรมการเรียน

9.3 เครื่องมือประเมิน

1. ใบความรู้
2. ใบกิจกรรม
3. แบบสังเกตพฤติกรรม

10 บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้

ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6

1. เวลาที่ใช้สอน.....
2. เนื้อหา.....
3. สื่อการสอน.....

ผลการเรียนของนักเรียน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการสอนของครู

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อผู้บันทึก.....

(นายรชตะ ใจตรง)

	ใบความรู้หน่วยที่ 6	หน่วยที่ 6
	รหัสวิชา 30104-2001 ชื่อวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 12 - 13
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานวัดด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล	ทฤษฎี.....4.....ชม. ปฏิบัติ.....6.....ชม.
ชื่อเรื่อง/งานวัดด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

แสดงความรู้ในทฤษฎีของการวัดด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ - สมรรถนะย่อย.... -.....

- 1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน-.....
- 2) วิธีประเมิน-.....
- 3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)
- 4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ.....

3. สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้ในการใช้งานเครื่องมือวัดค่าด้วยเครื่องบันทึกข้อมูลได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกหลักการทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูลแบบกัลวานอมิเตอร์ได้
2. บอกหลักการทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูลแบบโพเทนชิโอมิเตอร์ได้
3. จำแนกประเภทของเครื่องบันทึกแบบ X – Y (X – Y recorder) ได้
4. บอกข้อดีของเครื่องบันทึกข้อมูลบนเทปได้
5. บอกลักษณะการเลือกใช้เครื่องบันทึกสัญญาณได้
6. ให้ความร่วมมือกับผู้อื่น
7. รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น
8. กล้าเสนอตัวเพื่อเป็นตัวแทนกลุ่ม
9. ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง
10. แสดงกริยาทำทางสุภาพต่อผู้อื่น

5. เนื้อหาสาระ

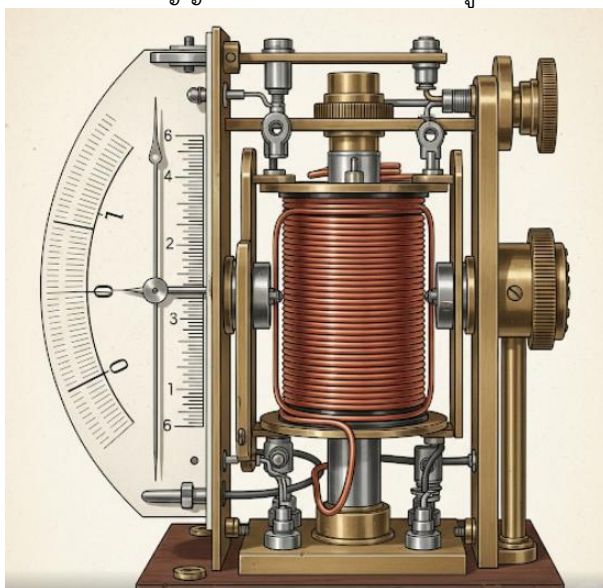
1. การวิเคราะห์นั้นสิ่งหนึ่งที่จะต้องพิจารณาคือการบันทึกข้อมูลด้วยเครื่องบันทึกข้อมูลหรือเรียกว่าเรคคอร์ดเดอร์ จะทำหน้าที่บันทึกสัญญาณเอาต์พุตด้วยการตีจุดลงบนกระดาษหรือโดยการเลื่อนแผ่นภาพไปตามลักษณะของการควบคุม และสามารถเลือกความเร็วของการเลื่อนกระดาษได้ ตัวอย่างเช่น เครื่องบันทึกอุณหภูมิความชื้น เครื่องบันทึกแอมเพอจเฟาเวอร์ (กิโลวัตต์) เป็นต้น

2. โครงสร้างภายในของเครื่องบันทึกข้อมูลแบบกัลวานอมิเตอร์ ประกอบด้วยแม่เหล็กถาวรขดลวดเคลื่อนที่ เข็มวัดและปลายปากกา จึงมีการทำงานเหมือนกับเครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่ กล่าวคือ เมื่อมีกระแสไหลผ่านขดลวด ซึ่งเคลื่อนที่ภายใต้สนามแม่เหล็กถาวรนั้น จะเกิดแรงบิดขึ้นในขดลวด เข็มวัดและปลายปากกาที่ติดอยู่กับเข็มวัดจะเคลื่อนที่ไปด้วย จึงทำให้เกิดการบันทึกจากปลายปากกาลงบนกระดาษตามความต้องการ

เครื่องบันทึกข้อมูลแบบกัลวานอมิเตอร์ (Galvanometer Recorder) เป็นเครื่องมือวัดและบันทึกค่าทางไฟฟ้าขนาดเล็ก ภายในประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วนหลัก ได้แก่ แม่เหล็กถาวร, ขดลวดเคลื่อนที่, สปริงกันหอย, แกนหมุนและเข็มชี้/ปากกาบันทึก และ ชุดกระดาษบันทึกกราฟ ซึ่งทำงานประสานกันเพื่อแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นการเคลื่อนที่เชิงกล

ส่วนประกอบและหน้าที่หลักภายใน มีดังนี้:

- **แม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet):** มักทำเป็นรูปเกือกม้าเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กที่สม่ำเสมอในบริเวณที่ขดลวดเคลื่อนที่วางอยู่
- **ขดลวดเคลื่อนที่ (Moving Coil):** ขดลวดตัวนำขนาดเล็กที่พันรอบกรอบอะลูมิเนียม เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบๆ ขดลวด ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับสนามแม่เหล็กจากแม่เหล็กถาวร ทำให้เกิดแรงบิดหมุนขดลวด
- **สปริงกันหอย (Hairspring):** ติดอยู่กับแกนหมุนของขดลวด ทำหน้าที่ต้านการหมุนและดึงให้เข็มหรือปากกาชักกลับตำแหน่งศูนย์ (Zero point) พื้นที่ที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน รวมถึงใช้เป็นทางเดินกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวดด้วย
- **แกนหมุนและเข็มชี้ / ปากกาบันทึก (Pivot & Pointer / Pen):** เมื่อขดลวดบิดตัว แกนหมุนจะพาเข็มชี้หรือปากกาบันทึกให้เคลื่อนที่ไปตามสเกล โดยระบบบันทึกจะลากเส้นต่อเนื่องบนกระดาษที่เลื่อนผ่านด้วยความเร็วคงที่
- **ชุดขับเคลื่อนกระดาษบันทึก (Chart Drive):** กลไกมอเตอร์ที่ดึงกระดาษกราฟให้เคลื่อนที่ผ่านปลายปากกาด้วยความเร็วคงที่ ทำให้สัญญาณไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงถูกบันทึกเป็นรูปคลื่นตามแกนเวลา



3. เครื่องบันทึกข้อมูลแบบโพเทนซิโอมิเตอร์ เป็นเครื่องมือสร้างสมดุลศูนย์ อาศัยการเปรียบเทียบแรงดันระหว่างแรงดันอ้างอิงที่ถูกต้องกับแรงดันที่ไม่ทราบค่า ตามโครงสร้างของโพเทนซิโอมิเตอร์นั้น ค่าความต้านทานจะเปลี่ยนไปเมื่อมีการปรับเลื่อน เมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับเครื่องบันทึกข้อมูล ตัวปรับเลื่อนจะใช้กำหนดศักดาให้กับวงจรขยาย ดังนั้นการทำงานปรับเลื่อนไปมาของปากกา

เครื่องบันทึกข้อมูลแบบโพเทนซิโอมิเตอร์ คือ อุปกรณ์วัดและบันทึกการเคลื่อนที่เชิงเส้นหรือมุม โดยใช้เซ็นเซอร์ความต้านทานปรับค่าได้ (Potentiometer) เพื่อแปลงตำแหน่งทางกลเป็นสัญญาณไฟฟ้า มักใช้ในงานอุตสาหกรรม งานทดสอบวิศวกรรม และการวิจัย

องค์ประกอบและการทำงานที่สำคัญ:

- **หลักการทำงาน:** เมื่อตัวเลื่อน (Wiper) เคลื่อนที่ตามชิ้นงาน ค่าความต้านทานจะเปลี่ยนไป ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนตาม สัญญาณนี้จะถูกแปลงเป็นค่าข้อมูลและบันทึกไว้
- **รูปแบบการใช้งาน:** นิยมใช้บันทึกการหดตัวหรือขยายตัวของวัสดุ การเปิด-ปิดของวาล์ว หรือการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนเครื่องจักร
- **การใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่น:** มักต่อสัญญาณเข้ากับอุปกรณ์จำพวก Data Logger หรือเครื่องบันทึกกราฟแบบเข็ม (Strip Chart Recorder) เพื่อดูแนวโน้มของข้อมูลแบบเรียลไทม์



จึงส่งผลต่อศักดาในภาคอินพุทของวงจรขยาย โดยจะส่งผลต่อการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์อีกทอดหนึ่ง ซึ่งเป็นการควบคุมการเคลื่อนที่ของปากกา บนแผ่นกระดาษบันทึกนั่นเอง

4. เครื่องบันทึกข้อมูลจำแนกตามการใช้งานดังนี้

4.1 เครื่องบันทึกข้อมูลสำหรับห้องทดลองและการวิจัย

4.2 เครื่องบันทึกข้อมูลสำหรับงานอุตสาหกรรม

5. เครื่องบันทึกข้อมูลจำแนกตามคุณลักษณะของเครื่องโดยผู้ผลิต ดังนี้

5.1 เครื่องบันทึกหลายจุด

5.2 เครื่องบันทึกแบบออสซิลโลกราฟ

5.3 เครื่องบันทึกแบบปากกา

5.4 เครื่องบันทึกแบบวิเคราะห์

5.5 เครื่องบันทึกแบบ X – Y (X – Y recorder)

6. เครื่องบันทึกแบบ X – Y (X – Y recorder) จะทำการบันทึกค่าลงบนกระดาษโดย การเคลื่อนที่ไปตามตามแนวแกน X และ แกน Y ภายในจะประกอบด้วยวงจรโพเทนชิโอเมเตอร์สมดุศูนย์และเซอร์โวมอเตอร์จำนวน 2 ตัว โดยตัวหนึ่งควบคุมการเคลื่อนที่ในแนวนอน (แกน X) ส่วนอีกตัวหนึ่งควบคุมการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง (แกน Y)

เครื่องบันทึกแบบ X-Y (X-Y Recorder) คือเครื่องมือวัดและบันทึกข้อมูลแบบกราฟิกที่ทำหน้าที่วัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัว (ตัวแปร X และตัวแปร Y) ลงบนกระดาษโดยตรง มักใช้ในงานทดสอบทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมเพื่อดูความสัมพันธ์แบบเรียลไทม์ เช่น กราฟแรงดันไฟฟ้าเทียบกับกระแสไฟฟ้า หรือกราฟความเค้นเทียบกับความเครียด

1. หลักการทำงาน

- **กลไกการขับเคลื่อน:** ใช้ระบบมอเตอร์เซอร์โว (Servo Motor) ในการควบคุมตำแหน่งของปากกาตามแกนทั้งสอง โดยแกนหนึ่งจะลากปากกาไปมา และอีกแกนจะขยับกระดาษ (หรือเลื่อนหัวปากกาอีกตัว)
- **การพล็อตข้อมูล:** เมื่อสัญญาณไฟฟ้าจากตัวแปร X และ Y เปลี่ยนแปลง ระบบจะแปลงสัญญาณเหล่านั้นเป็นพิกัดทางเรขาคณิต ทำให้เกิดเป็นเส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์อย่างต่อเนื่องบนแผ่นกระดาษ

2. การประยุกต์ใช้งาน

- **การทดสอบวัสดุ (Materials Testing):** บันทึกค่าแรงดึง (Force) ที่แกน Y เทียบกับระยะการยืดตัว (Extension) ที่แกน X
- **ลักษณะเฉพาะของสารกึ่งตัวนำ:** พล็อตความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า (I) กับแรงดันไฟฟ้า (V) ของไดโอดหรือทรานซิสเตอร์
- **ระบบเซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์:** ใช้คุณลักษณะของอุปกรณ์ที่แปลงพลังงานรูปแบบหนึ่งไปเป็นอีกรูปแบบหนึ่ง โดยให้แกน X และ Y เป็นตัวแปรต้นและตัวแปรตาม

3. สถานะในปัจจุบัน

ในยุคปัจจุบัน เครื่องบันทึกแบบอะนาล็อก (ใช้ปากกาเขียนลงบนกระดาษ) ได้ถูกแทนที่ด้วยระบบดิจิทัลเป็นส่วนใหญ่ โดยกราฟ X-Y จะแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์แบบเรียลไทม์ผ่านซอฟต์แวร์เก็บข้อมูล (Data Acquisition Systems) หรือการใช้เครื่องออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) และดิจิทัลมัลติมิเตอร์รุ่นใหม่ๆ เนื่องจากมีความแม่นยำสูงกว่าและจัดการข้อมูลได้ง่ายกว่า

7. **เครื่องบันทึกข้อมูลบนเครือข่าย** (มักเรียกย่อว่า **NAS: Network Attached Storage** หรือ **NVR: Network Video Recorder** สำหรับกล้องวงจรปิด) คืออุปกรณ์คอมพิวเตอร์เฉพาะทางที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำหน้าที่จัดเก็บ สำรองข้อมูล หรือบันทึกวิดีโอ เพื่อให้ผู้ใช้งานในวงเครือข่ายสามารถเข้าถึงและแบ่งปันข้อมูลได้ทันที

หากคุณกำลังมองหาอุปกรณ์ประเภทนี้สำหรับใช้งาน แนะนำให้พิจารณาตามรูปแบบการใช้งานหลักดังนี้ครับ:

1. NAS (Network Attached Storage) - สำหรับเก็บและแชร์ไฟล์ข้อมูล

เหมาะสำหรับใช้สำรองข้อมูล ทำ Private Cloud ส่วนตัว หรือแชร์ไฟล์ในสำนักงานและที่บ้าน

- **การทำงาน:** ทำหน้าที่เหมือนฮาร์ดดิสก์ส่วนกลางที่ทุกคนในบ้านหรือออฟฟิศดึงข้อมูลผ่าน Wi-Fi หรือสาย LAN ได้พร้อมกัน
- **แบรนด์ยอดนิยม:** Synology, QNAP, Asustor
- **แหล่งเลือกซื้อ/เปรียบเทียบราคา:**
 - เลือกดูรุ่นและราคาได้ที่ Advice Network Storage (NAS)
 - ดูสเปกและฟีเจอร์เพิ่มเติมที่ Sysnetcenter NAS
 - ดูสินค้าพร้อมราคาบนแพลตฟอร์มต่างๆ เช่น JIB ฮาร์ดดิสก์และอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล

2. NVR (Network Video Recorder) - สำหรับบันทึกกล้องวงจรปิด [\[1\]](#)

เหมาะสำหรับระบบรักษาความปลอดภัย โดยเชื่อมต่อกับกล้อง IP Camera ผ่านเครือข่ายเพื่อบันทึกภาพ

- **การทำงาน:** รับสัญญาณภาพความละเอียดสูงผ่านสาย LAN หรือ Wi-Fi บันทึกลงฮาร์ดดิสก์ และจัดการดูภาพย้อนหลังได้

- **แบรนด์ยอดนิยม:** Hikvision, Dahua, Uniview, IMOU
ทำไมถึงควรใช้?
 - **NAS:** ช่วยป้องกันข้อมูลสูญหาย (ทำ RAID ได้) และไม่ต้องจ่ายค่าเช่ารายเดือนเหมือน Cloud ทั่วไป
 - **NVR:** มีความเสถียรสูงสำหรับการบันทึกวิดีโอตลอด 24 ชั่วโมง และจัดการระบบกล้องได้ง่ายกว่าคอมพิวเตอร์ทั่วไป
- เครื่องบันทึกข้อมูลบนเครือข่าย มีข้อดีคือ
- 1 ค่าใช้จ่ายสิ้นเปลืองต่ำกว่า ระบบ Data Acquisition
 - 2 การบำรุงรักษาต่ำกว่า
 - 3 มีความถูกต้องแม่นยำสูง
 - 4 เชื่อมโยงเครือข่ายได้มาก

6. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบ หน่วยที่ 6

ตอนที่ 1 จงพิจารณาเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว

จงเขียนเครื่องหมาย X คำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

ตอนที่ 1 จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

1. เครื่องบันทึกข้อมูล เรียกอีกอย่างว่าอะไร
 - ก. อนาไลซิง
 - ข. เรคคอร์ดเตอร์
 - ค. ไฮบริดจ์
 - ง. พอร์ทเทเบิล
2. ข้อใดคือหลักการทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูลแบบกัลวานอมิเตอร์
 - ก. แบบสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่
 - ข. แบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่
 - ค. แบบขดลวดเคลื่อนที่
 - ง. แบบอิเล็กทรอนิกส์
3. ข้อใดคือวิธีการทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูลแบบโพเทนซิโอมิเตอร์
 - ก. ใช้วิธีการป้อนกลับ (Feedback)
 - ข. อาศัยการชี้ตำแหน่ง
 - ค. อาศัยการเปรียบเทียบแรงดัน
 - ง. ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์
4. Industrial recorder เหมาะกับงานประเภทใด
 - ก. งานอุตสาหกรรม
 - ข. งานในห้องวิจัย
 - ค. งานที่ต้องการความเร็วสูง
 - ง. งานภาคสนามทุกประเภท
5. hybrid recorder เหมาะกับงานประเภทใด
 - ก. การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณเป็นไปอย่างช้า ๆ

- ข. งานที่ต้องการเก็บข้อมูลไว้เพื่อเรียกดู
 - ค. งานที่ต้องบันทึกหลาย ๆ จุด
 - ง. ข้อ ก และ ค ถูกต้อง
6. เครื่องบันทึกข้อมูลแบบ X-Y ใช้หลักการทำงานแบบใด
- ก. แบบขดลวดเคลื่อนที่
 - ข. แบบโพเทนชิโอมิเตอร์
 - ค. แบบเทตแบนด์
 - ง. แบบซัสเพนชัน
7. เครื่องบันทึกตามข้อใดที่เป็นทั้งดิจิตอลออสซิลโลสโคปและเครื่องบันทึกข้อมูล
- ก. hybrid recorder
 - ข. oscillographic recorder
 - ค. Analyzing recorder
 - ง. Multi point recorder
8. ระบบบันทึกข้อมูลบนเครื่องข่าย เรียกอีกอย่างว่าอะไร
- ก. strip chart
 - ข. Data Acquisition
 - ค. Feed back
 - ง. Internet
9. การบันทึกข้อมูลบนเครื่องข่ายมีข้อดีกว่าเครื่องบันทึกแบบดั้งเดิมอย่างไร
- ก. มีความถูกต้องแม่นยำสูง
 - ข. สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายต่ำกว่า
 - ค. การบำรุงรักษาต่ำกว่า
 - ง. ถูกทุกข้อ
10. อะไรคือแนวทางในการเลือกใช้งานเครื่องบันทึกข้อมูลอย่างเหมาะสม
- ก. ลักษณะของสัญญาณอินพุต เช่น อุณหภูมิ ความชื้น กำลังไฟฟ้า
 - ข. การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่จะวัด ช้าหรือเร็ว
 - ค. ชีตความสามารถของเครื่องบันทึกข้อมูล
 - ง. ทุกข้อรวมกัน

ตอนที่ 2 แบบฝึกหัด

คำชี้แจง จงตอบคำถามลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

1. จงอธิบายข้อดี 2 ประการของการใช้เครื่องบันทึกข้อมูลในสถานการณ์นี้ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะแก้วและการสังเกตด้วยตาเปล่า

ตอบ.....

.....

.....

.....

.....

2. หากเครื่องบันทึกข้อมูลนี้ถูกตั้งค่าความถี่ในการบันทึก (Sampling Rate) ไว้ที่ทุกๆ 1 วินาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นักเรียนคิดว่าการตั้งค่านี้นี้เหมาะสมหรือไม่ เพราะเหตุใด และส่งผลอย่างไรต่อการจัดการข้อมูล

ตอบ.....

7. เอกสารอ้างอิง

1. สิทธิพงศ์ อินทรายุทธ.เครื่องมือวัดไฟฟ้า.กรุงเทพมหานคร:ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ,2567.
2. ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตในเรื่องเครื่องมือวัดไฟฟ้า

8. ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัดและเฉลยแบบทดสอบ)

แบบแบบทดสอบ หน่วยที่ 6

ตอนที่ 1 จงพิจารณาเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว

จงเขียนเครื่องหมาย X คำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

ตอนที่ 1 จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

1. เครื่องบันทึกข้อมูล เรียกอีกอย่างว่าอะไร
 - ก. อนาไลซิง
 - ข. เรคคอร์ดเตอร์
 - ค. ไฮบริตจ์
 - ง. พอร์ทเทเบิล
2. ข้อใดคือหลักการทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูลแบบกัลวานอมิเตอร์
 - ก. แบบสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่
 - ข. แบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่
 - ค. แบบขดลวดเคลื่อนที่
 - ง. แบบอิเล็กทรอนิกส์
3. ข้อใดคือวิธีการทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูลแบบโพเทนซิโอมิเตอร์
 - ก. ใช้วิธีการป้อนกลับ (Feedback)
 - ข. อาศัยการชี้ตำแหน่ง
 - ค. อาศัยการเปรียบเทียบแรงดัน
 - ง. ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์
4. Industrial recorder เหมาะกับงานประเภทใด
 - ก. งานอุตสาหกรรม
 - ข. งานในห้องวิจัย
 - ค. งานที่ต้องการความเร็วสูง

- ง. งานภาคสนามทุกประเภท
5. hybrid recorder เหมาะกับงานประเภทใด
- การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณเป็นไปอย่างช้า ๆ
 - งานที่ต้องการเก็บข้อมูลไว้เพื่อเรียกดู
 - งานที่ต้องบันทึกหลาย ๆ จุด
- ง. ข้อ ก และ ค ถูกต้อง
6. เครื่องบันทึกข้อมูลแบบ X-Y ใช้หลักการทำงานแบบใด
- แบบขดลวดเคลื่อนที่
 - แบบโพเทนชิโอมิเตอร์
 - แบบเทตแบนด์
 - แบบซัสเพนชัน
7. เครื่องบันทึกตามข้อใดที่เป็นทั้งดิจิตอลออสซิลโลสโคปและเครื่องบันทึกข้อมูล
- hybrid recorder
 - oscillographic recorder
 - Analyzing recorder
 - Multi point recorder
8. ระบบบันทึกข้อมูลบนเครือข่าย เรียกอีกอย่างว่าอะไร
- strip chart
 - Data Acquisition
 - Feed back
 - Internet
9. การบันทึกข้อมูลบนเครือข่ายมีข้อดีกว่าเครื่องบันทึกแบบดั้งเดิมอย่างไร
- มีความถูกต้องแม่นยำสูง
 - สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายต่ำกว่า
 - การบำรุงรักษาต่ำกว่า
- ง. ถูกทุกข้อ
10. อะไรคือแนวทางในการเลือกใช้งานเครื่องบันทึกข้อมูลอย่างเหมาะสม
- ลักษณะของสัญญาณอินพุต เช่น อุณหภูมิ ความชื้น กำลังไฟฟ้า
 - การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่จะวัด ช้าหรือเร็ว
 - ขีดความสามารถของเครื่องบันทึกข้อมูล
- ง. ทุกข้อรวมกัน

เฉลยแบบทดสอบ

1.ข 2.ค 3.ค 4.ก 5.ง 6.ข 7.ค 8.ข 9.ง 10.ง

ตอนที่ 2 แบบฝึกหัด

คำชี้แจง จงตอบคำถามลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

- จงอธิบายข้อดี 2 ประการของการใช้เครื่องบันทึกข้อมูลในสถานการณ์นี้ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะแก้วและการสังเกตด้วยตาเปล่า

ตอบ

สามารถบันทึกข้อมูลได้อย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง แม้ในเวลาที่คุณทดลองไม่สามารถอยู่สังเกตการณ์ได้

2. หากเครื่องบันทึกข้อมูลนี้ถูกตั้งค่าความถี่ในการบันทึก (Sampling Rate) ไว้ที่ทุกๆ 1 วินาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นักเรียนคิดว่าการตั้งค่านี้เหมาะสมหรือไม่ เพราะเหตุใด และส่งผลอย่างไรต่อการจัดการข้อมูล

ตอบ

ไม่เหมาะสม เนื่องจากอุณหภูมิและความเข้มแสงในธรรมชาติไม่ได้เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในระดับวินาที การบันทึกทุกๆ 1 วินาทีจะทำให้เกิดข้อมูลที่ซ้ำซ้อนและมีปริมาณมากเกินไปจนเกิดความจำเป็น (Data Redundancy) ส่งผลให้สิ้นเปลืองพลังงานแบตเตอรี่ของเครื่อง และทำให้ไฟล์ข้อมูลมีขนาดใหญ่เกินไปจนยากต่อการนำไปประมวลผลหรือพลอตกราฟ ควรเปลี่ยนเป็นบันทึกทุกๆ 10 หรือ 15 นาทีก็เพียงพอ

	ใบงานหน่วยที่ 6	หน่วยที่ 6
	รหัสวิชา 30104-2001 ชื่อวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 12 - 13
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานวัดด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล	ทฤษฎี...4...ชม. ปฏิบัติ...6...ชม.
ชื่อเรื่อง/งานความไวและการหาค่ามัลติพลายเออร์ของโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

แสดงความรู้ในทฤษฎีของการวัดด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ - สมรรถนะย่อย.... -.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน-.....

2) วิธีประเมิน-.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ.....

3. สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้ในการใช้งานเครื่องมือวัดค่าด้วยเครื่องบันทึกข้อมูลได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายเกี่ยวกับความไวของโวลต์มิเตอร์ได้

2. บอกความหมายของค่ามัลติพลายเออร์และวิธีการคำนวณได้

5. เครื่องมือและอุปกรณ์

1. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC Power Supply) ปรับค่าได้ 0 - 30 โวลต์

2. มัลติมิเตอร์

3. มิลลิแอมมิเตอร์ 1 mA 110

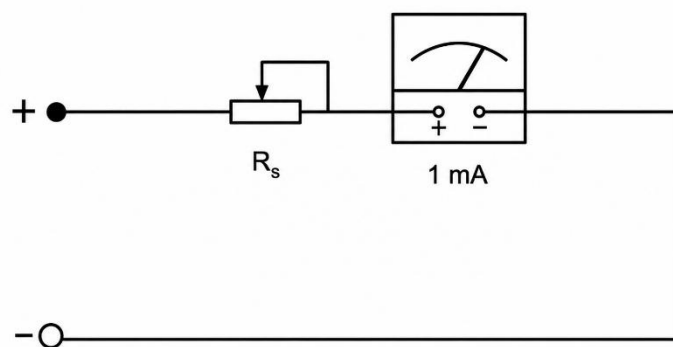
4. ตัวต้านทานปรับค่าได้ 30 kΩ 2 วัตต์

5. แผงต่อวงจรพร้อมสาย

6. คำแนะนำ/ข้อควรระวัง

ทั้งแอมมิเตอร์และโวลต์มิเตอร์ต่างก็มีพื้นฐานการสร้างมาจากมูฟเมนต์มิเตอร์ดังนั้นเมื่อต้องการทำเป็นโวลต์มิเตอร์ต้องนำตัวต้านทานไปต่ออันดับกับมูฟเมนต์มิเตอร์ก็จะได้วงจรของโวลต์มิเตอร์ เมื่อต้องการวัดแรงดันของแหล่งจ่ายก็เอาไปต่อขนานกับแหล่งจ่ายนั้น จะทำให้มีกระแสไหลผ่านวงจรของมิเตอร์ ทำให้เข็มของมิเตอร์เคลื่อนที่ไปตามสเกลซึ่งสามารถจะคาลิเบรทให้อ่านเป็นโวลต์ได้ ถึงแม้ว่าความจริงจะเป็นการวัดกระแสก็ตาม โดยอาศัยความสัมพันธ์ตามกฎของโอห์ม

7. ขั้นตอนการปฏิบัติงานคำสั่งสำหรับการทำกิจกรรมตามใบงานที่ 6



รูปที่ วงจรการทดลอง

1. คำนวณหาค่าความต้านทานมัลติพลายเออร์เพื่อให้มัลติมิเตอร์ขนาด 1 mA 110 โอห์ม สามารถวัดได้เต็มสเกลสูงขึ้นเป็น 10 โวลต์

$$R_s = \dots\dots\dots \text{โอห์ม}$$

2. ประกอบวงจรเป็นโวลต์มิเตอร์ ตามรูปที่ 4.1 และปรับค่า R ให้ได้ค่าเท่ากับที่คำนวณไว้

3. วัดแรงดันที่ทราบค่าหลายๆ ค่า พร้อมกับตรวจสอบความเที่ยงตรงของโวลต์มิเตอร์ที่สร้างขึ้นนี้

4. เปลี่ยนมัลติมิเตอร์ 1 mA เครื่องเดิมให้เป็นโวลต์มิเตอร์ที่สามารถวัดได้ 25 โวลต์ จากนั้นทดลองซ้ำตามข้อ 1 - 3

5. คำนวณหาค่าความไว (sensitivity) ของโวลต์มิเตอร์ที่สร้างขึ้น

$$\cdot \text{มิเตอร์ 10 โวลต์ มีความไว} = \dots\dots\dots \Omega/v$$

$$\cdot \text{มิเตอร์ 25 โวลต์ มีความไว} = \dots\dots\dots \Omega/v$$

สรุปผลการปฏิบัติงาน

.....

.....

8.สรุปและวิจารณ์ผล

นักเรียนต้องได้ผลการประเมินไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60 และหากไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินจะต้อง ปฏิบัติงานใหม่

9.การประเมินผล

ใบประเมินผลงานหน่วยที่ 6
(Evaluation Sheet)

ชื่องาน งานความไวและการหาค่ามัลติพลายเออร์ วันที่เริ่มงาน ของโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง					
ผู้ปฏิบัติ		ผู้ประเมิน นายรชตะ ใจตรง			
จุดประเมิน	ผลการประเมิน				หมายเหตุ
	ดีมาก (10)	ดี (7)	พอใช้ (5)	แก้ไข (3)	
ขณะปฏิบัติงาน					
1. งานเตรียมความพร้อมปฏิบัติงาน					
2. งานจัดบันทึกข้อมูล					
3. งานเก็บอุปกรณ์หลังจากปฏิบัติงาน					
4. ปฏิบัติงานตามขั้นตอน					
รวม					
คะแนน 20%	$\frac{\dots\dots\dots \times 20}{\dots\dots\dots}$				
คุณภาพของผลงาน					
ผลงาน (1) (งานความไวและการหาค่ามัลติพลายเออร์ของโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง)	ผลการประเมิน				
	ดีมาก (10)	ดี (7)	พอใช้ (5)	แก้ไข (3)	
1. ความสำเร็จของงาน					
รวม					
ผลรวมทั้งหมด					

	ใบมอบหมายงานหน่วยที่ 6	หน่วยที่ 6
	รหัสวิชา 30104-2001 ชื่อวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 12 - 13
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานวัดด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล	ทฤษฎี.....4.....ชม. ปฏิบัติ.....6.....ชม.
ชื่อเรื่อง/งานวัดด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

แสดงความรู้ในทฤษฎีของการวัดด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ - สมรรถนะย่อย.... -.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน-.....

2) วิธีประเมิน-.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ.....

3. สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้ในการใช้งานเครื่องมือวัดค่าด้วยเครื่องบันทึกข้อมูลได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกหลักการทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูลแบบกัลวานอมิเตอร์ได้

2. บอกหลักการทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูลแบบโพเทนซิโอมิเตอร์ได้

3. จำแนกประเภทของเครื่องบันทึกแบบ X – Y (X – Y recorder) ได้

4. บอกข้อดีของเครื่องบันทึกข้อมูลบนเครือข่ายได้

5. บอกลักษณะการเลือกใช้เครื่องบันทึกสัญญาณได้

6. ให้ความร่วมมือกับผู้อื่น

7. รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

8. กล้าเสนอตัวเพื่อเป็นตัวแทนกลุ่ม

9. ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง

10. แสดงกริยาทำทางสุภาพต่อผู้อื่น

5. เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

5.1 กระดาษชาร์ตแผ่นใหญ่ใช้สำหรับการเขียนข้อมูลนำเสนอ

5.2 อุปกรณ์ เครื่องเขียน

6. ขั้นตอนการทํากิจกรรม

ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม 6 กลุ่ม 1. เครื่องบันทึกข้อมูลแบบกัลวานอมิเตอร์ 2. เครื่องบันทึกข้อมูลแบบโพเทนซิโอมิเตอร์ 3. ประเภทของเครื่องบันทึกข้อมูล 4. เครื่องบันทึกแบบ X – Y 5. ระบบบันทึกข้อมูลบนเครือข่าย 6. การเลือกใช้งานเครื่องบันทึกข้อมูล

7. สรุปและอภิปราย

7.1 ให้ผู้เรียนจัดกลุ่ม ศึกษาลักษณะทั่วไปของแต่ละกลุ่มได้รับมอบหมาย แต่ละกลุ่มศึกษาเนื้อหาแตกต่างกัน

7.2 ให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มประชุมคณะทำงาน แบ่งหน้าที่และความรับผิดชอบ จากนั้นให้ผู้เรียนทุกกลุ่มระดมสมองศึกษาเนื้อหาตามที่ได้รับมอบหมายและค้นคว้าเพิ่มเติม หาตัวแทนกลุ่มนำเสนอกิจกรรมหน้าชั้นเรียน

8. การประเมินผล

ให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มประเมินตนเองและประเมินผลกลุ่มอื่นๆ โดยใช้แบบประเมินผลงาน ผู้สอนประเมินผลผู้เรียนทุกกลุ่ม โดยใช้แบบประเมิน ดังนี้

- แบบประเมินกระบวนการทำงานกลุ่ม
- แบบประเมินการนำเสนอผลงาน
- แบบประเมินผลงาน
- แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

9. การประเมินผล

9.1 จากการประเมินกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม

เกณฑ์การประเมิน	ดี	คะแนนอยู่ระหว่าง	12-15
	พอใช้	คะแนนอยู่ระหว่าง	9-11
	ปรับปรุง	คะแนนอยู่ระหว่าง	5-8

9.2 จากการประเมินการนำเสนอผลงาน

เกณฑ์การประเมิน	ดี	คะแนนอยู่ระหว่าง	15-18
	พอใช้	คะแนนอยู่ระหว่าง	12-14
	ปรับปรุง	คะแนนอยู่ระหว่าง	6-11

9.3 จากการประเมินผลงาน

เกณฑ์การประเมิน	ดี	คะแนนอยู่ระหว่าง	2.70
	พอใช้	คะแนนอยู่ระหว่าง	1.30-2.70
	ปรับปรุง	คะแนนอยู่ระหว่าง	1.30

9.4 จากการประเมินผลการปฏิบัติงาน

เกณฑ์การประเมิน	ดี	คะแนนอยู่ระหว่าง	6-10
	ปรับปรุง	คะแนนอยู่ระหว่าง	1-5

หมายเหตุ เกณฑ์การประเมินที่ใช้ในการตัดสินต้องได้มาจากคะแนนเฉลี่ยของผู้ประเมินทั้งหมด ผลรวมของคะแนนจาก เครื่องมือทุกประเภทไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 ถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมิน

10. เอกสารอ้างอิง/เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม

สิทธิพงศ์ อินทรายุทธ.เครื่องมือวัดไฟฟ้า.กรุงเทพมหานคร:ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ,2567.

ใบประเมินผลกิจกรรมหน่วยที่ 6
(Evaluation Sheet)

ชื่องาน งานวัดด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล	วันที่เริ่มงาน				
ผู้ปฏิบัติ	ผู้ประเมิน นายรชตะ ใจตรง				
จุดประเมิน	ผลการประเมิน				หมายเหตุ
	ดีมาก (10)	ดี (7)	พอใช้ (5)	แก้ไข (3)	
ขณะปฏิบัติงาน					
1. งานเตรียมความพร้อมปฏิบัติงาน					
2. งานจดบันทึกข้อมูล					
3. งานเก็บอุปกรณ์หลังจากปฏิบัติงาน					
4. ปฏิบัติงานตามขั้นตอน					
รวม					
คะแนน 20%	$\frac{\dots\dots\dots \times 20}{\dots\dots\dots}$				
คุณภาพของผลงาน					
ผลงาน (1) (งานวัดด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล)	ผลการประเมิน				
	ดีมาก (10)	ดี (7)	พอใช้ (5)	แก้ไข (3)	
1. ความสำเร็จของงาน					
รวม					
ผลรวมทั้งหมด					

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7	หน่วยที่ 7
	รหัสวิชา 30104-2001 ชื่อวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 14 - 15
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานหม้อแปลงเครื่องมือวัด	ทฤษฎี...4...ชม. ปฏิบัติ...6...ชม.
ชื่อเรื่อง/งานหม้อแปลงเครื่องมือวัด		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

แสดงความรู้ในทฤษฎีของหม้อแปลงเครื่องมือวัด

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ - สมรรถนะย่อย.... -.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน-.....

2) วิธีประเมิน-.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ.....

3. สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้ในการใช้งานเครื่องมือวัดค่าด้วยหม้อแปลงเครื่องมือวัดได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกหน้าที่และการทำงานของหม้อแปลงกระแสได้

2. บอกหน้าที่และการทำงานของหม้อแปลงแรงดันได้

3. บอกการประยุกต์การใช้ CT และ PT ได้

4. ต่อหม้อแปลงกระแส หม้อแปลงแรงดัน ร่วมกับเครื่องมือวัดได้

5. ให้ความร่วมมือในการทำงานกับผู้อื่น

6. ปฏิบัติงานตามที่ได้รับมอบหมายเสร็จตามกำหนด

7. ปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงความปลอดภัยต่อตนเองและผู้อื่น

8. มีความเพียรพยายามในการเรียนและการปฏิบัติงาน

5. สารการเรียนรู้

1. หม้อแปลงกระแส

2. หม้อแปลงแรงดัน

3. การประยุกต์ใช้ CT และ PT

3.1. ต่อร่วมกับวัดต์มิเตอร์

3.2. ต่อร่วมกับเพาเวอร์แฟกเตอร์มิเตอร์

6. กิจกรรมการเรียนรู้

กิจกรรมครู

1. ทำการเช็คชื่อตรวจเครื่องมือ และการแต่งกาย สอบถามสาเหตุของการแต่งกายผิดระเบียบ

2. ครูอบรมคุณธรรม จริยธรรม เรื่อง ความรักสามัคคี ประมาณ 5-10 นาที

3. มอบหมายให้นักเรียนเบิก เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์การทดลองหม้อแปลงเครื่องมือวัด

4. ครูสอนเนื้อหาสาระในบทที่ 7 โดยวิธีการบรรยาย (Lecture) ประกอบการสาธิต

(Demonstration) เรื่องหม้อแปลงเครื่องมือวัด

5. ให้นักเรียนปฏิบัติ ตามใบงานที่ 7 ครูคอยแนะนำ เป็นที่ปรึกษา แก้ไขปัญหา และตรวจสอบความผิดพลาด

6. มอบหมายให้นักเรียน ทำแบบฝึกหัดบทที่ 7

7. ครูและ นักเรียนร่วมกันสรุปผลการทดลอง

ใบงานที่ 7

8. มอบหมายให้ไปศึกษาเนื้อหาในบทที่ 1-7 มาล่วงหน้าเพื่อเตรียมตัวสอบในสัปดาห์ถัดไป

9. ครูดูแลการเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง การทำความสะอาด ห้องปฏิบัติการทดลอง เครื่องมือวัดไฟฟ้า

10. บันทึกปัญหาที่เกิดขึ้นในการสอน ลงในบันทึกหลังการสอน เพื่อนำข้อมูลไปแก้ไขต่อไป

กิจกรรมนักเรียน

1. รับการตรวจเครื่องมือและการแต่งกาย บอกถึงสาเหตุของการแต่งกายผิดระเบียบ

2. รับฟังและยอมรับเหตุผล แล้วนำไปปฏิบัติการแก้ไขในพฤติกรรมที่ไม่ถูกต้อง

3. เบิกเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง

4. ตั้งใจฟัง และดูการสาธิต

5. นักเรียนปฏิบัติการทดลองตามใบงานที่ 7

6. ทำแบบฝึกหัด บทที่ 7

7. นำเสนอผลการสรุป จัดบันทึกผลการสรุป

8. จัดบันทึกการมอบหมายงาน

9. เก็บเครื่องมือ อุปกรณ์การทดลอง และทำความสะอาดห้องปฏิบัติการทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้า

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. ห้องสมุดของทางวิทยาลัย

2. สิทธิพิศ อินทรายุทธ.เครื่องมือวัดไฟฟ้า.กรุงเทพมหานคร:ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ,2567.

3. ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตในเรื่องเครื่องมือวัดไฟฟ้า

8. หลักฐานการเรียนรู้

8.1 หลักฐานความรู้

1. ใบความรู้หน่วยที่ 7 เรื่อง งานหม้อแปลงเครื่องมือวัด

2. สื่อ Power Point ประกอบการสอน เรื่อง งานหม้อแปลงเครื่องมือวัด

8.2 หลักฐานการปฏิบัติงาน

1. แบบฝึกหัด

2. แบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยที่ 7 เรื่อง งานหม้อแปลงเครื่องมือวัด

3. ใบงานที่ 7 เรื่อง งานหม้อแปลงเครื่องมือวัด

4. แบบทดสอบหลังเรียน หน่วยที่ 7 เรื่อง งานหม้อแปลงเครื่องมือวัด

5. แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้รายบุคคล

6. แบบประเมินการเข้าร่วมกิจกรรมกลุ่ม

7. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

9. การวัดและประเมินผล

9.1 เกณฑ์การปฏิบัติงาน

1. แบบฝึกทักษะ

2. ปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้
3. พฤติกรรมการเรียน การทำงานกลุ่ม
4. งานที่มอบหมาย/ใบงาน

9.2 วิธีการประเมิน

1. สังเกตการปฏิบัติงาน
2. พฤติกรรมการเรียน

9.3 เครื่องมือประเมิน

1. ใบความรู้
2. ใบกิจกรรม
3. แบบสังเกตพฤติกรรม

10 บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้

ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7

1. เวลาที่ใช้สอน.....
2. เนื้อหา.....
3. สื่อการสอน.....

ผลการเรียนของนักเรียน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการสอนของครู

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อผู้บันทึก.....

(นายรัชตะ ใจตรง)

	ใบความรู้หน่วยที่ 7	หน่วยที่ 7
	รหัสวิชา 30104-2001 ชื่อวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 14 - 15
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานหม้อแปลงเครื่องมือวัด	ทฤษฎี...4...ชม. ปฏิบัติ...6...ชม.
ชื่อเรื่อง/งานหม้อแปลงเครื่องมือวัด		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

แสดงความรู้ในทฤษฎีของหม้อแปลงเครื่องมือวัด

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ - สมรรถนะย่อย.... -.....

- 1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน-.....
- 2) วิธีประเมิน-.....
- 3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)
- 4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ.....

3. สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้ในการใช้งานเครื่องมือวัดค่าด้วยหม้อแปลงเครื่องมือวัดได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. ต่อดวงจรเพื่อวัดกำลังไฟฟ้าด้วยวัตต์มิเตอร์ที่ใช้ร่วมกับ CT และ PT ได้ถูกต้อง
2. คำนวณหาอัตราส่วนการแปลงเพื่อคูณกับค่าที่อ่านได้จากวัตต์มิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง

5. เนื้อหาสาระ

1. หม้อแปลงเครื่องมือวัด ทำหน้าที่ลดกระแสหรือลดแรงดันให้มีค่าต่ำลง ก่อนที่จะต่อเข้าเครื่องมือวัดต่อไป ซึ่งมี 2 ประเภท คือ หม้อแปลงกระแส และหม้อแปลงแรงดัน

2. หม้อแปลงกระแส ทำหน้าที่ลดกระแสไฟฟ้าที่ใช้งานจริง ซึ่งมีค่าสูงให้มีค่าต่ำลงเหมาะสมกับเครื่องมือวัดกระแส

หม้อแปลงกระแส (CT) เป็นหม้อแปลงเครื่องมือวัดชนิดหนึ่ง ซึ่งออกแบบมาเพื่อสร้างกระแสสลับในขดลวดทุติยภูมิ ซึ่งมีสัดส่วนโดยตรงกับกระแสที่วัดได้ในขดลวดปฐมภูมิ

หม้อแปลงกระแสไฟฟ้าช่วยลดกระแสไฟฟ้าแรงสูงให้เหลือค่าที่ต่ำกว่ามาก และเป็นวิธีที่สะดวกและปลอดภัยในการตรวจสอบกระแสไฟฟ้าที่ไหลในสายส่งไฟฟ้ากระแสสลับโดยใช้แอมมิเตอร์มาตรฐาน หลักการทำงานของหม้อแปลงกระแสไฟฟ้าพื้นฐานนั้นแตกต่างจากหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าทั่วไปเล็กน้อย



หม้อแปลงกระแสไฟฟ้าทั่วไป

แตกต่างจากหม้อแปลงแรงดันหรือหม้อแปลงกำลังที่ได้กล่าวถึงไปก่อนหน้านี้ หม้อแปลงกระแสไฟฟ้าประกอบด้วยขดลวดปฐมภูมิเพียงหนึ่งหรือสองรอบเท่านั้น ขดลวดปฐมภูมินี้อาจเป็นขดลวดแบบรอบเดียว ขดลวดลวดหนาพันรอบแกน หรือเพียงตัวนำหรือบัสบาร์ที่เสียบผ่านรูตรงกลางดังที่แสดงในภาพ เนื่องจากการจัดเรียงแบบนี้ หม้อแปลงกระแสไฟฟ้าจึงมักถูกเรียกว่า "หม้อแปลงแบบอนุกรม" เพราะขดลวดปฐมภูมิซึ่งมีจำนวนรอบไม่เกินสองสามรอบนั้นต่ออนุกรมกับตัวนำไฟฟ้าที่จ่ายกระแสให้กับโหลด อย่างไรก็ตาม ขดลวดทุติยภูมิอาจมีจำนวนรอบขดลวดจำนวนมากพันอยู่บนแกนลามีเนตที่ทำจากวัสดุแม่เหล็กที่มีการสูญเสียต่ำ

แกนนี้มีพื้นที่หน้าตัดขนาดใหญ่ เพื่อให้ความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็กที่เกิดขึ้นมีค่าต่ำ โดยใช้ลวดที่มีพื้นที่หน้าตัดเล็กกว่ามาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าต้องลดกระแสไฟฟ้าลงมากน้อยเพียงใด เพื่อให้ได้กระแสไฟฟ้าคงที่โดยไม่ขึ้นอยู่กับโหลดที่เชื่อมต่อ

ขดลวดทุติยภูมิจะจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่จุดลัดวงจรในรูปของแอมมิเตอร์ หรือเข้าสู่โหลดต้านทาน จนกว่าแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดทุติยภูมิจะมีค่ามากพอที่จะทำให้แกนอิ่มตัวหรือทำให้เกิดความเสียหายจากการแตกตัวเนื่องจากแรงดันไฟฟ้าสูงเกินไป

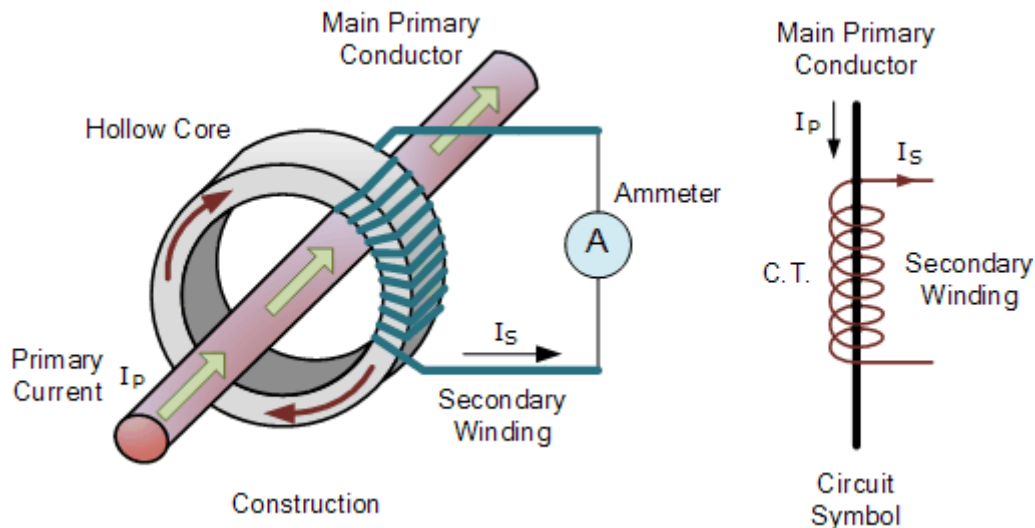
ต่างจากหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าในขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงกระแสไฟฟ้าจะไม่ขึ้นอยู่กับกระแสไฟฟ้าในขดลวดทุติยภูมิ แต่จะถูกควบคุมโดยโหลดภายนอก โดยปกติกระแสไฟฟ้าในขดลวดทุติยภูมิจะมีค่ามาตรฐาน 1 แอมแปร์ หรือ 5 แอมแปร์สำหรับขดลวดปฐมภูมิที่มีค่ากระแสไฟฟ้าสูงกว่า

หม้อแปลงกระแสไฟฟ้ามี 3 ประเภทพื้นฐาน ได้แก่แบบขดลวดแบบวงแหวนและแบบแท่ง

- หม้อแปลงกระแสแบบขดลวด – ขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงจะต่ออนุกรมกับตัวนำที่นำกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ในวงจร ขนาดของกระแสไฟฟ้าทุติยภูมิขึ้นอยู่กับอัตราส่วนจำนวนรอบของขดลวดในหม้อแปลง
- หม้อแปลงกระแสแบบวงแหวน (Toroidal Current Transformer) – หม้อแปลงชนิดนี้ไม่มีขดลวดปฐมภูมิ แต่สายไฟที่นำกระแสไฟฟ้าในวงจรจะถูกร้อยผ่านช่องหรือรูในหม้อแปลงแบบวงแหวน หม้อแปลงกระแสบางชนิดมี “แกนแยก” (split core) ซึ่งช่วยให้สามารถเปิด ติดตั้ง และปิดได้โดยไม่ต้องตัดการเชื่อมต่อวงจรที่ต่ออยู่
- หม้อแปลงกระแสไฟฟ้าแบบแท่ง – หม้อแปลงกระแสไฟฟ้าชนิดนี้ใช้สายเคเบิลหรือแท่งตัวนำไฟฟ้าของวงจรหลักเป็นขดลวดปฐมภูมิ ซึ่งเทียบเท่ากับขดลวดหนึ่งรอบ หม้อแปลงชนิดนี้ถูกหุ้มฉนวนอย่างสมบูรณ์จากแรงดันไฟฟ้าสูงที่ใช้ในระบบ และโดยทั่วไปจะยึดติดกับอุปกรณ์ที่นำกระแสไฟฟ้าด้วยน็อต

หม้อแปลงกระแสไฟฟ้าสามารถลดหรือ "ลดระดับ" กระแสไฟฟ้าจากหลายพันแอมแปร์ลงมาเหลือระดับมาตรฐานที่มีอัตราส่วนที่ทราบได้ เช่น 5 แอมแปร์หรือ 1 แอมแปร์สำหรับการใช้งานปกติ ดังนั้นจึงสามารถใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กและแม่นยำร่วมกับหม้อแปลงกระแสไฟฟ้าได้ เนื่องจากหม้อแปลงกระแสไฟฟ้าได้รับการแยกออกจากสายส่งไฟฟ้าแรงสูง

หม้อแปลงกระแสไฟฟ้ามีประโยชน์และการใช้งานด้านการวัดที่หลากหลาย เช่น ใช้ในเครื่องวัดวัดค่า เครื่องวัดตัวประกอบกำลัง เครื่องวัดวัดค่า-ชั่วโมง รีเลย์ป้องกัน หรือเป็นขดลวดทริปในเบรกเกอร์วงจรแม่เหล็ก (MCB)



โดยทั่วไปแล้ว หม้อแปลงกระแสและแอมมิเตอร์จะถูกใช้ร่วมกันเป็นคู่ที่เข้ากัน ซึ่งการออกแบบหม้อแปลงกระแสจะต้องให้กระแสทุติยภูมิสูงสุดที่สอดคล้องกับการเบี่ยงเบนเต็มสเกลของแอมมิเตอร์ ในหม้อแปลงกระแสส่วนใหญ่จะมีอัตราส่วนผกผันโดยประมาณระหว่างกระแสในขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิ นี่คือเหตุผลที่การสอบเทียบหม้อแปลงกระแสโดยทั่วไปจึงใช้กับแอมมิเตอร์ชนิดเฉพาะ

หม้อแปลงกระแสไฟฟ้าส่วนใหญ่มีพิกัดกระแสทุติยภูมิมาตรฐานที่ 5 แอมป์ โดยกระแสปฐมภูมิและกระแสทุติยภูมิจะแสดงเป็นอัตราส่วน เช่น 100/5 หมายความว่ากระแสปฐมภูมิมากกว่ากระแสทุติยภูมิ 20 เท่า ดังนั้นเมื่อกระแส 100 แอมป์ไหลในตัวนำปฐมภูมิ จะส่งผลให้กระแส 5 แอมป์ไหลในขดลวดทุติยภูมิ ส่วนหม้อแปลงกระแสไฟฟ้าที่มีอัตราส่วน 500/5 จะผลิตกระแส 5 แอมป์ในขดลวดทุติยภูมิสำหรับกระแส 500 แอมป์ในตัวนำปฐมภูมิ ซึ่งมากกว่า 100 เท่า

โดยการเพิ่มจำนวนขดลวดทุติยภูมิ (N_s) กระแสทุติยภูมิสามารถลดลงได้มากเมื่อเทียบกับกระแสในวงจรปฐมภูมิที่กำลังวัดอยู่ เนื่องจากเมื่อ N_s เพิ่มขึ้น I_s จะลดลงในสัดส่วนที่เท่ากัน กล่าวอีกนัยหนึ่ง จำนวนรอบและกระแสในขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิมีความสัมพันธ์กันแบบผกผัน

หม้อแปลงกระแสไฟฟ้า เช่นเดียวกับหม้อแปลงอื่นๆ ต้องเป็นไปตามสมการแอมแปร์-เทิร์น และเรารู้จากบทเรียนเรื่องหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าแบบขดลวดคู่ว่า อัตราส่วนจำนวนรอบนี้เท่ากับ

$$T.R. = n = \frac{N_P}{N_S} = \frac{I_S}{I_P}$$

จากนั้นเราจึงได้:

$$\text{secondary current, } I_S = I_P \left(\frac{N_P}{N_S} \right)$$

อัตราส่วนกระแสไฟฟ้าจะเป็นตัวกำหนดอัตราส่วนจำนวนรอบ และเนื่องจากขดลวดปฐมภูมิโดยทั่วไปจะมีเพียงหนึ่งหรือสองรอบ ในขณะที่ขดลวดทุติยภูมิอาจมีหลายร้อยรอบ ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิอาจมีค่าค่อนข้างมาก ตัวอย่างเช่น สมมติว่าพิกัดกระแสไฟฟ้าของขดลวดปฐมภูมิคือ 100A ขดลวดทุติยภูมิมีพิกัดมาตรฐาน 5A ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างกระแสปฐมภูมิและกระแสทุติยภูมิคือ 100A ต่อ 5A หรือ 20:1 กล่าวคือ กระแสปฐมภูมิมากกว่ากระแสทุติยภูมิ 20 เท่า

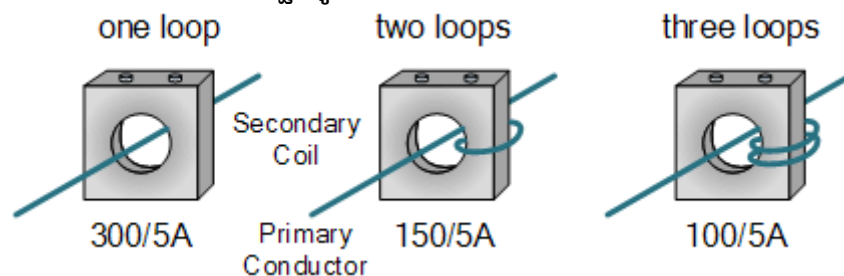
อย่างไรก็ตาม ควรทราบว่าหม้อแปลงกระแสไฟฟ้าที่มีพิกัด 100/5 นั้นไม่เหมือนกับหม้อแปลงที่มีพิกัด 20/1 หรือค่าย่อยของ 100/5 เนื่องจากอัตราส่วน 100/5 แสดงถึง "พิกัดกระแสไฟฟ้าขาเข้า/ขาออก" ไม่ใช่

อัตราส่วนที่แท้จริงของกระแสไฟฟ้าในขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ นอกจากนี้ โปรดทราบว่าจำนวนรอบและกระแสไฟฟ้าในขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิมีความสัมพันธ์แบบผกผันกัน

แต่การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนจำนวนรอบของหม้อแปลงกระแสไฟฟ้าในปริมาณมาก สามารถทำได้ โดยการปรับจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิผ่านช่องของหม้อแปลงกระแสไฟฟ้า โดยที่หนึ่งรอบของขดลวดปฐมภูมิเท่ากับหนึ่งรอบการผ่าน และหากผ่านช่องมากกว่าหนึ่งครั้ง จะส่งผลให้ค่าอัตราส่วนทางไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไป

ตัวอย่างเช่น หม้อแปลงกระแสไฟฟ้าที่มีอัตราส่วน 300/5A สามารถแปลงเป็น 150/5A หรือแม้แต่ 100/5A ได้โดยการลวดตัวนำหลักผ่านช่องภายในสองหรือสามครั้งดังที่แสดงไว้ วิธีนี้ช่วยให้หม้อแปลงกระแสไฟฟ้าที่มีค่าสูงกว่าสามารถให้กระแสเอาต์พุตสูงสุดแก่แอมมิเตอร์เมื่อใช้กับสายส่งกระแสไฟฟ้าหลักที่มีขนาดเล็กกว่า

อัตราส่วนจำนวนรอบขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงกระแสไฟฟ้า



ตัวอย่างหม้อแปลงกระแสไฟฟ้าแบบที่ 1

หม้อแปลงกระแสแบบแท่งที่มีขดลวดปฐมภูมิ 1 รอบและขดลวดทุติยภูมิ 160 รอบ จะถูกนำไปใช้กับแอมมิเตอร์มาตรฐานที่มีความต้านทานภายใน 0.2 โอห์ม แอมมิเตอร์จะต้องแสดงค่าเต็มสเกลเมื่อกระแสปฐมภูมิเท่ากับ 800 แอมป์ จงคำนวณหาค่ากระแสทุติยภูมิสูงสุดและแรงดันทุติยภูมิสูงสุดที่ตกคร่อมแอมมิเตอร์กระแสไฟฟ้าทุติยภูมิ

$$I_S = I_P \left(\frac{N_P}{N_S} \right) = 800 \left(\frac{1}{160} \right) = 5A$$

แรงดันไฟฟ้าคร่อมแอมมิเตอร์

$$V_S = I_S \times R_A = 5 \times 0.2 = 1.0 \text{ Volts}$$

จากข้อมูลข้างต้น เราจะเห็นว่าเนื่องจากขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงกระแสไฟฟ้าต่อคร่อมแอมมิเตอร์ซึ่งมีความต้านทานต่ำมาก แรงดันตกคร่อมขดลวดทุติยภูมิจึงมีเพียง 1.0 โวลต์ที่กระแสไฟฟ้าปฐมภูมิเต็มที่

อย่างไรก็ตาม หากถอดแอมมิเตอร์ออก ขดลวดทุติยภูมิจะกลายเป็นวงจรเปิดโดยปริยาย และทำให้หม้อแปลงทำงานเหมือนหม้อแปลงเพิ่มแรงดัน ทั้งนี้ส่วนหนึ่งเป็นเพราะฟลักซ์แม่เหล็กในแกนทุติยภูมิเพิ่มขึ้นอย่างมาก เนื่องจากรีแอกแตนซ์รั่วไหลของทุติยภูมิส่งผลต่อแรงดันเหนี่ยวนำของทุติยภูมิ เพราะไม่มีกระแสต้านในขดลวดทุติยภูมิที่จะป้องกันสิ่งนี้

ผลที่ได้คือแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำสูงมากในขดลวดทุติยภูมิ เท่ากับอัตราส่วนของ: $V_p(N_s/N_p)$ ที่เกิดขึ้นในขดลวดทุติยภูมิ ดังนั้น ตัวอย่างเช่น สมมติว่าหม้อแปลงกระแสไฟฟ้าที่เรากล่าวถึงข้างต้นถูกใช้กับสายส่งไฟฟ้าสามเฟส 480 โวลต์ต่อกราวด์ ดังนั้น

$$T.R. = n = \frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S}$$

$$\therefore V_S = V_P \left(\frac{N_S}{N_P} \right) = 480 \left(\frac{160}{1} \right) = 76,800V \text{ or } 76.8kV$$

แรงดันไฟฟ้าสูงนี้เกิดจากอัตราส่วนของโวลต์ต่อจำนวนรอบเกือบคงที่ในขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิ และเนื่องจาก $V_S = N_S \cdot V_P$ ค่าของ N_S และ V_P จึงมีค่าสูง ดังนั้น V_S จึงสูงมาก

ด้วยเหตุนี้ จึงไม่ควรปล่อยให้หม้อแปลงกระแสไฟฟ้าอยู่ในวงจรเปิด หรือใช้งานโดยไม่มีโหลดต่ออยู่ ขณะที่กระแสไฟฟ้าหลักไหลผ่าน เช่นเดียวกับที่หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าไม่ควรใช้งานในสภาวะลัดวงจร หากต้องการถอดแอมมิเตอร์ (หรือโหลด) ออก ควรต่อลัดวงจรที่ขั้วรองก่อนเพื่อลดความเสี่ยงจากไฟฟ้าช็อต แรงดันไฟฟ้าสูงนี้เกิดขึ้นเนื่องจากเมื่อวงจรทุติยภูมิเปิดออก แกนเหล็กของหม้อแปลงจะทำงานที่ระดับความอิ่มตัวสูง และเนื่องจากไม่มีอะไรมาหยุดยั้ง จึงทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าทุติยภูมิสูงผิดปกติ และในตัวอย่างง่ายๆ ข้างต้นนี้ คำนวณได้ที่ 76.8 กิโลโวลต์! แรงดันไฟฟ้าทุติยภูมิสูงนี้อาจทำให้ฉนวนเสียหายหรือทำให้เกิดไฟฟ้าช็อตได้หากสัมผัสขั้วต่อของ CT โดยไม่ตั้งใจ

หม้อแปลงกระแสไฟฟ้าแบบพกพา

ปัจจุบันมีหม้อแปลงกระแสไฟฟ้าชนิดพิเศษมากมายให้เลือกใช้ ชนิดที่ได้รับความนิยมและพกพาสะดวก ซึ่งสามารถใช้ในการวัดโหลดของวงจรได้ เรียกว่า "แคลมป์มิเตอร์" ดังแสดงในภาพ แคลมป์มิเตอร์จะเปิดและปิดรอบตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน และวัดกระแสไฟฟ้าโดยการตรวจจับสนามแม่เหล็กโดยรอบ ทำให้ได้ค่าการวัดอย่างรวดเร็ว โดยปกติจะแสดงบนหน้าจอดิจิทัล โดยไม่ต้องถอดหรือเปิดวงจร

นอกจากหม้อแปลงกระแสแบบหนีมือถือแล้ว ยังมีหม้อแปลงกระแสแบบแกนแยกที่สามารถถอดปลายด้านหนึ่งได้ เพื่อให้ไม่ต้องถอดตัวนำโหลดหรือสับบาร์ออกก่อนติดตั้ง หม้อแปลงกระแสเหล่านี้สามารถวัดกระแสได้ตั้งแต่ 100 ถึง 5000 แอมป์ โดยมีขนาดช่องวัดกระแสตั้งแต่ 1 นิ้ว ถึงมากกว่า 12 นิ้ว (25-300 มม.)



สรุปหม้อแปลงกระแสไฟฟ้า

กล่าวโดยสรุปหม้อแปลงกระแส (CT) เป็นหม้อแปลงเครื่องมือวัดชนิดหนึ่งที่ใช้แปลงกระแสปฐมภูมิเป็นกระแสทุติยภูมิผ่านตัวกลางแม่เหล็ก ขดลวดทุติยภูมิจะให้กระแสที่ลดลงอย่างมาก ซึ่งสามารถใช้ตรวจจับกระแสเกิน กระแสต่ำกว่าปกติ กระแสสูงสุด หรือกระแสเฉลี่ยได้

ขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงกระแสไฟฟ้าจะต่ออนุกรมกับตัวนำหลักเสมอ จึงเรียกอีกอย่างว่าหม้อแปลงอนุกรม กระแสไฟฟ้าทุติยภูมิที่ระบุไว้จะมีค่า 1A หรือ 5A เพื่อความสะดวกในการวัด โครงสร้างอาจมีขดลวดปฐมภูมิเพียงรอบเดียว เช่น แบบวงแหวน แบบโดนัท หรือแบบแท่ง หรืออาจมีขดลวดปฐมภูมิเพียงไม่กี่รอบ ซึ่งมักใช้สำหรับอัตราส่วนกระแสไฟฟ้าต่ำ

หม้อแปลงกระแสไฟฟ้าถูกออกแบบมาเพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ควบคุมกระแสไฟฟ้าแบบแปรผันตามสัดส่วน ดังนั้น ขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงกระแสไฟฟ้าจึงไม่ควรใช้งานกับวงจรเปิด เช่นเดียวกับที่หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าไม่ควรใช้งานกับวงจรลัดวงจร

หากวงจรทุติยภูมิของหม้อแปลงกระแสไฟฟ้าที่ยังทำงานอยู่เกิดการขาดตอน จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าสูงมาก ดังนั้นจึงต้องลัดวงจรขั้วต่อของหม้อแปลงหากต้องการถอดแอมมิเตอร์ออก หรือเมื่อไม่ได้ใช้งานหม้อแปลงกระแสไฟฟ้า ก่อนที่จะเปิดระบบ

4. หม้อแปลงแรงดัน ทำหน้าที่ลดแรงดันให้ต่ำลง เพื่อนำไปใช้กับโวลต์มิเตอร์ หรือวัตต์มิเตอร์

หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า

สถานีไฟฟ้าย่อยเป็นสถานีรองในระบบการผลิต การส่ง และการจำหน่ายไฟฟ้า ซึ่งทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้าจากค่าสูงไปเป็นค่าต่ำหรือกลับกันโดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าไหลผ่านสถานีไฟฟ้าย่อยหลายแห่งระหว่างโรงไฟฟ้าและผู้บริโภค และแรงดันไฟฟ้าอาจเปลี่ยนแปลงได้หลายขั้นตอน แรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้ในโรงไฟฟ้าหรือสถานีไฟฟ้าย่อยจะถูกส่งต่อไปยังหน่วยงานอุตสาหกรรมและพื้นที่อยู่อาศัยหลายแห่ง จำเป็นต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่าแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้มีค่าเหมาะสม และแรงดันไฟฟ้าที่ได้รับหลังจากส่งผ่านสายส่งหลายเส้นนั้นไม่มีการสูญเสียมากเกินไป ดังนั้น การวัดแรงดันไฟฟ้าเหล่านี้ ณ จุดต่างๆ จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง

การวัดแรงดันไฟฟ้าสูงในสถานีไฟฟ้าและศูนย์จ่ายไฟฟ้าไม่สามารถทำได้ด้วยโวลต์มิเตอร์แบบธรรมดา หม้อแปลงศักย์ไฟฟ้าเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดแรงดันไฟฟ้าสูงในระบบส่งหรือระบบจำหน่ายไฟฟ้า เป็นหม้อแปลงลดแรงดันที่แปลงแรงดันไฟฟ้าขาเข้าให้เป็นแรงดันไฟฟ้าขาออกที่ต่ำกว่า ซึ่งสามารถวัดได้ด้วยโวลต์มิเตอร์

หมายเหตุ:คำว่าหม้อแปลงแรงดันและหม้อแปลงศักย์ไฟฟ้ามีความหมายเหมือนกันโดยพื้นฐาน และในบทความนี้จะใช้คำทั้งสองคำนี้แทนกันได้

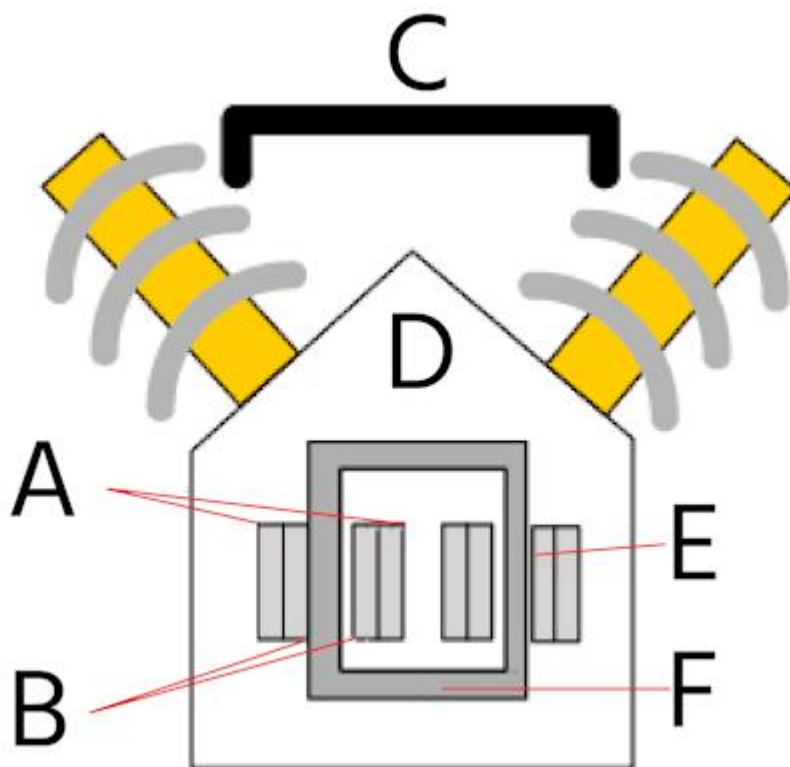
การก่อสร้าง

โครงสร้างของหม้อแปลงแรงดันนั้นคล้ายคลึงกับหม้อแปลงไฟฟ้าทั่วไปที่มีขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ แรงดันที่เกิดขึ้นที่ด้านโหลดจะเป็นสัดส่วนกับจำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิเมื่อเทียบกับขดลวดปฐมภูมิ การแปลงแรงดันแสดงได้ดังนี้:

$$V1 / V2 = N1 / N2$$

- **V1:** แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลง
- **V2:** แรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ด้านรอง (โหลด) ของหม้อแปลง
- **N1:** จำนวนรอบในแกนหลัก
- **N2:** จำนวนรอบในระบบรอง

ตัวอย่างเช่น หม้อแปลงไฟฟ้าที่มี $N1=1$, $N2=10$ และมีแรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดปฐมภูมิ ($V1$) เท่ากับ 10 โวลต์ จะมีแรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดทุติยภูมิเท่ากับ 1 โวลต์



โครงสร้างของหม้อแปลงศักย์ไฟฟ้า: ขดลวดแรงดันสูง (A), ขดลวดแรงดันต่ำ (B), ฉนวนแรงดันสูง (C), ถังบรรจุน้ำมัน (D), ฉนวน (E) และแกนแม่เหล็ก (F)

หม้อแปลงแรงดันมีแกนแม่เหล็ก (รูปที่ 2 ระบุด้วยตัวอักษร F) คล้ายกับหม้อแปลงไฟฟ้าทั่วไป แต่มีแกนขนาดใหญ่ที่ทำจากแผ่นซิลิคอน แกนแม่เหล็กอาจเป็นแบบเปลือกหรือแบบแกนก็ได้

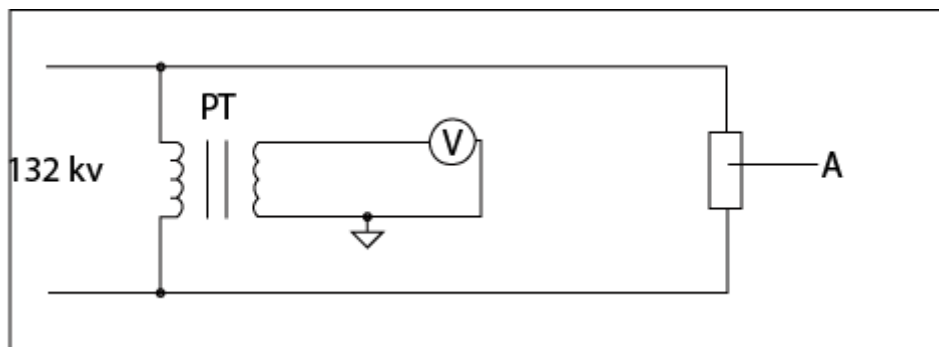
ขดลวดด้านรองจะพันอยู่ติดกับแกนเนื่องจากรายการหุ้มฉนวนขดลวดแรงดันต่ำ (รูปที่ 2 ระบุด้วยตัวอักษร B) ส่วนขดลวดด้านปฐมภูมิซึ่งมีแรงดันสูง (รูปที่ 2 ระบุด้วยตัวอักษร A) จะพันทับขดลวดด้านรอง โดยมีเทปกระดาษหรือฉนวนฝ้าย (รูปที่ 2 ระบุด้วยตัวอักษร E) คั่นอยู่ตรงกลาง

ขดลวดถูกแช่ในถังที่บรรจุด้วยน้ำมัน (ภาพที่ 2 ระบุด้วยตัวอักษร D) เพื่อให้ฉนวนที่ดีขึ้นในหม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันสูง (สูงกว่า 7kV) ขั้วต่อแรงดันสูงถูกต่อออกมาจากถังผ่านบูชที่บรรจุด้วยน้ำมัน (ภาพที่ 2 ระบุด้วยตัวอักษร C)

หลักการทำงาน

หม้อแปลงศักย์มักใช้ในการวัดแรงดันสูง ด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงศักย์ (รูปที่ 3 ระบุว่า PT) จะต่อคร่อมสายส่งที่มีแรงดัน (132 kV ในรูปที่ 3) ที่ต้องการวัด สายส่งต่อกับโหนด 'A' ที่รับพลังงานไฟฟ้าจากสายส่ง หม้อแปลงศักย์จะต่อขนานกับสายส่งเสมอ ด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงศักย์จะต่อกับโวลต์มิเตอร์แบบช่วงต่ำมาตรฐาน (รูปที่ 3 ระบุว่า V) ส่วนหม้อแปลงกระแสจะต่ออนุกรมกับสายส่งที่มีกระแสที่ต้องการวัดเสมอ

เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับขดลวดปฐมภูมิ จะเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นที่ขดลวดทุติยภูมิ แรงดันไฟฟ้านี้จะต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดปฐมภูมิ และเป็นสัดส่วนกับจำนวนขดลวดทั้งด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิ



หลักการทำงานของหม้อแปลงศักย์

การวัดแรงดันไฟฟ้าโดยใช้หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า

1. เชื่อมต่อด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าเข้ากับสายไฟฟ้าแรงสูงที่ต้องการวัด
2. ต่อโวลต์มิเตอร์มาตรฐาน (0-250V) เข้ากับขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงศักย์
3. โปรดสังเกตค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งแสดงอยู่บนเครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า

ถ้าอัตราส่วนของจำนวนขดลวดในขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิคือ 1200:1 และโวลต์มิเตอร์วัดได้ 110V คร่อมขดลวดทุติยภูมิ

- $V_2 = 110V$
- $N_1 = 1200$
- $N_2 = 1$
- ดังนั้น $V_1 = 132 \text{ kV}$

ประเภทของหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า

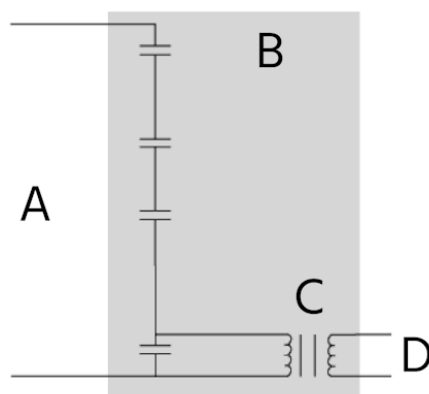
ประเภทของหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าตามโครงสร้าง

หม้อแปลงศักย์ไฟฟ้าแบ่งออกเป็นสองประเภทหลักตามโครงสร้าง ได้แก่ แบบขดลวดและแบบแรงดันตัวเก็บประจุ

หม้อแปลงศักย์แบบขดลวด

หม้อแปลงศักย์แบบเปลือกและแกนจัดอยู่ในประเภทขดลวด โดยขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิจะพันอยู่บนแกนที่มีฉนวนหุ้มอย่างเหมาะสม สำหรับการวัดแรงดันสูง (โดยทั่วไปมากกว่า 10 กิโลโวลต์) โครงสร้างจะซับซ้อนขึ้นเนื่องจากปัญหาเรื่องฉนวน ดังนั้นจึงมีการใช้หม้อแปลงศักย์แบบคาปาซิทีฟในการวัดแรงดันสูงมาก

หม้อแปลงศักย์คาปาซิทีฟ



การเชื่อมต่อหม้อแปลงสวิตช์ไฟฟ้าแบบคาปาซิทีฟ

หม้อแปลงสวิตช์แบบใช้ตัวเก็บประจุใช้ตัวแบ่งแรงดันแบบตัวเก็บประจุและหม้อแปลงเสริม (รูปที่ 4 ระบุด้วยตัวอักษร A) ตัวแบ่งแรงดันแบบตัวเก็บประจุช่วยลดความจำเป็นในการใช้หม้อแปลงสวิตช์ที่มีพิกัดสูง วงจรแบ่งแรงดันแบบใช้ตัวเก็บประจุ (ตัวเก็บประจุสี่ตัวในรูปที่ 4) ต่อเข้ากับแรงดันสูงที่ต้องการวัด (รูปที่ 4 ระบุว่า B) เมื่อเทียบกับแรงดันไฟกระแสสลับ ตัวเก็บประจุจะเริ่มชาร์จจนมีขนาดเท่ากับแรงดันไฟนั้น แรงดันไฟฟ้าจะถูกระบายออกไปตามตัวเก็บประจุ ทำให้แรงดันไฟฟ้าเข้าสู่ลดลงเหลือค่าต่ำ

แรงดันต่ำที่ได้จากตัวแบ่งแรงดันแบบคาปาซิเตอร์จะถูกลดระดับลง (ภาพที่ 4 ระบุด้วยตัวอักษร D) โดยใช้หม้อแปลงเสริม ส่วนที่แรง (ภาพที่ 4 ระบุด้วยตัวอักษร C) แสดงถึงหม้อแปลงสวิตช์ไฟฟ้าแบบคาปาซิเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยตัวแบ่งแรงดันแบบคาปาซิเตอร์และหม้อแปลงเสริม

ประเภทของหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าตามแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน

โดยพิจารณาจากแรงดันไฟฟ้าของระบบที่ใช้ หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าจะถูกจำแนกออกเป็นประเภทต่างๆ

หม้อแปลงไฟฟ้าแรงสูง

หม้อแปลงแรงดันสูงโดยทั่วไปทำงานกับแรงดันอินพุตที่มากกว่า 69 กิโลโวลต์ อุปกรณ์เหล่านี้เหมาะสำหรับการวัดแรงดันสูงในสายส่งไฟฟ้า การใช้หม้อแปลงตัวเดียวในการวัดแรงดันที่มากกว่า 500 กิโลโวลต์นั้นไม่คุ้มค่า (เนื่องจากขนาดของหม้อแปลงจะใหญ่มาก) ดังนั้นในกรณีนี้จึงต้องต่อหม้อแปลงสองตัวเข้าด้วยกันเพื่อสร้างแรงดันที่ต้องการ

การต่อแบบอนุกรมคือกระบวนการเชื่อมต่อหม้อแปลงสองตัวเข้าด้วยกัน ตัวอย่างเช่น การลดแรงดันไฟฟ้าสูง 100 kV ให้เหลือ 10 V ต้องใช้หม้อแปลงที่มีอัตราส่วนจำนวนรอบ (จำนวนรอบในขดลวดทุติยภูมิ : จำนวนรอบในขดลวดปฐมภูมิ) เท่ากับ 1:10000 ซึ่งทำให้หม้อแปลงมีขนาดใหญ่ แต่เราสามารถใช้หม้อแปลงสองตัวที่มีอัตราส่วนจำนวนรอบ 1:100 เพื่อจุดประสงค์เดียวกันได้ หม้อแปลงตัวแรกจะลดแรงดันไฟฟ้าเข้า 100 kV ให้เหลือ 1 kV ซึ่งจะป้อนเข้าสู่ขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงตัวที่สอง หม้อแปลงตัวที่สองจะลดแรงดันไฟฟ้าเข้า 1 kV ให้เหลือ 10 V ที่เอาต์พุต ดังนั้น การต่อหม้อแปลงแบบอนุกรมจึงสามารถแปลงแรงดันไฟฟ้าได้เท่ากับการใช้หม้อแปลงตัวเดียว แต่มีขนาดเล็กกว่าและมีปัญหาในการสร้างน้อยกว่ามาก

หม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันปานกลาง

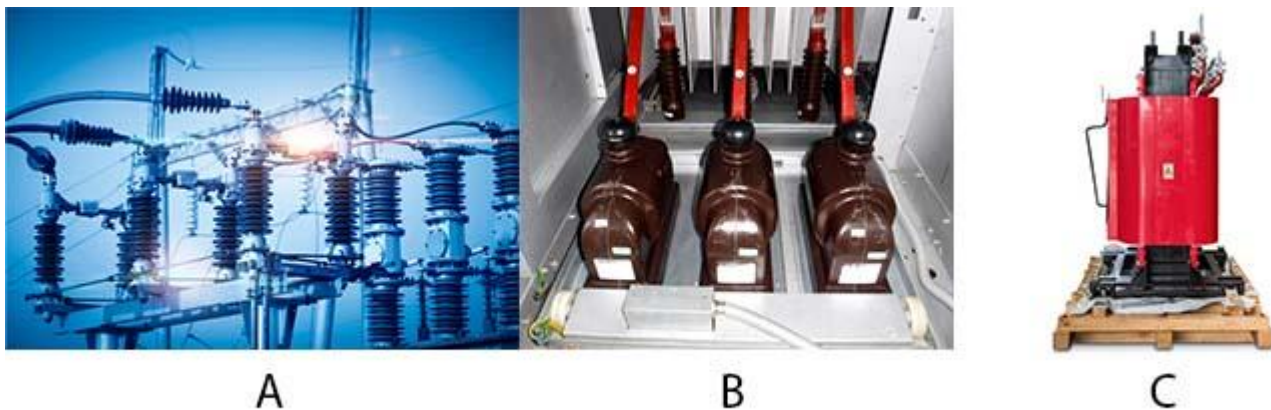
ตามมาตรฐาน IEEE ระดับแรงดันไฟฟ้าใช้งานจริง (แรงดันไฟฟ้าขาเข้า) ในช่วง 5kV-35kV มักเรียกว่าแรงดันไฟฟ้าปานกลาง สายส่งไฟฟ้าบางสายอาจมีแรงดันไฟฟ้าเกิน 35kV ซึ่งจัดอยู่ในประเภทแรงดันสูง

หม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันปานกลางทำหน้าที่แปลงแรงดันขั้นสุดท้ายในระบบจ่ายไฟฟ้า หลังจากลดแรงดันจากสายส่งลงมาให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานของผู้บริโภค หม้อแปลงเหล่านี้เหมาะสำหรับการใช้งานทั้งภายในและภายนอกอาคาร ขึ้นอยู่กับช่วงแรงดันขาเข้า (ดูตารางที่ 1)

หมายเหตุ: แรงดันไฟฟ้าของระบบที่กล่าวถึงในตารางที่ 1 สำหรับหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าประเภทต่างๆ นั้นมีไว้เพื่อ เป็นข้อมูลเท่านั้น และค่าเหล่านี้อาจแตกต่างกันไปตามมาตรฐานต่างๆ ที่ใช้ เช่น IEEE, IEC และ ANSI

หม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันต่ำ

หม้อแปลงแรงดันต่ำทำงานที่แรงดันอินพุตต่ำกว่า 600 โวลต์ หม้อแปลงนี้ใช้กับอุปกรณ์วัดหรือตรวจสอบ หรือเป็นแหล่งจ่ายไฟเสริมในแผงควบคุมมอเตอร์



ประเภทของหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า A: หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าสูง B: หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าปานกลาง และ C: หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าต่ำ

5. การประยุกต์ใช้ CT และ PT ได้แก่

5.1 ต่อร่วมกับวัดมิเตอร์

5.2 ต่อร่วมกับเพาเวอร์แฟกเตอร์มิเตอร์

6. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบ หน่วยที่ 7

ตอนที่ 1 จงพิจารณาเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว

จงเขียนเครื่องหมาย X คำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

ตอนที่ 1 จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

1. หม้อแปลงเครื่องมือวัดมีกี่ชนิด

ก. 1 ชนิด

ข. 2 ชนิด

ค. 3 ชนิด

ง. 4 ชนิด

2. ขั้ว (polarity) ของหม้อแปลงกระแสตรงกับข้อใด

ก. U -V, u-v

ข. K -L , k-1

ค. U1-V1, U2 -V2

ง. P1 -P2

3. อัตราส่วนของซีทีเท่ากับ 100 / 5 A แสดงว่ากระแสอินพุตมีค่าเท่าใด

ก. 5 A

ข. 20 A

ค. 100 A

ง. 500 A

4. เพราะเหตุใดจึงห้ามเปิดวงจรด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงกระแส

ก. เกิด copper loss สูง

ข. เกิด eddy current

- ค. เกิดแรงดันสูง
ง. ทำให้ไม่ครบวงจร
5. พิกัดเบอร์เดนของ CT และ PT มีหน่วยเรียกว่าอะไร
ก. โวลต์ - แอมแปร์
ข. เมกโอห์ม
ค. กิโลวัตต์
ง. วาร์
6. ในระบบไฟฟ้ากำลัง มีการนำ CT และ PT ไปใช้งานอย่างไร
ก. ต่อร่วมกับเพาเวอร์แฟกเตอร์มิเตอร์
ข. ต่อร่วมกับวัตต์มิเตอร์
ค. ต่อร่วมกับกิโลวัตต์อวาร์มิเตอร์
ง. ถูกทุกข้อ
7. ข้อใดคือลักษณะการพันขดลวด secondary ของ CT
ก. ขดลวดเส้นโต พันมากรอบ
ข. ขดลวดเส้นเล็ก พันน้อยรอบ
ค. ขดลวดเส้นโต พันน้อยรอบ
ง. ขดลวดเส้นเล็ก พันมากรอบ
8. CT ขนาด 250 / 5 A ปรากฏว่าแอมมิเตอร์อ่านได้ 3.75 A แสดงว่ากระแสจริงมีค่าเท่าใด
ก. 250 A
ข. 187.5 A
ค. 375 A
ง. 67 A
9. เมื่อนำ CT และ PT มาต่อร่วมกับวัตต์มิเตอร์ ได้ข้อมูลดังนี้
- วัตต์มิเตอร์อ่านค่าได้เท่ากับ 43.20
- ค่ามัลติพลายเออร์เท่ากับ 5
- CT ratio เท่ากับ 100 / 5 A
- PT ratio เท่ากับ 2200 / 110 V
จากข้อมูลข้างต้น กำลังไฟฟ้าจริงของระบบมีค่าเท่าใด
ก. 118.8 kW
ข. 785 kW
ค. 86.4 kW
ง. 216 kW
10. เพราะเหตุใดในระบบไฟฟ้าแรงต่ำ จึงไม่ต่อ PT ร่วมกับวงจรกิโลวัตต์อวาร์มิเตอร์
ก. เพราะกระแสต่ำ
ข. เพราะขดลวดสามารถทนแรงดันได้ตามพิกัด
ค. เพราะมี CT ต่อร่วมอยู่ด้วยจึงไม่ต้องต่อ PT

ง. ลดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น

ตอนที่ 2 แบบฝึกหัด

คำชี้แจง จงตอบคำถามลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

1. หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า (PT/VT) และหม้อแปลงกระแส (CT) มีวัตถุประสงค์หลักในการใช้งานในระบบไฟฟ้ากำลังอย่างไร และเหตุใดจึงมีความจำเป็นต้องใช้หม้อแปลงสองชนิดนี้แทนการต่อเครื่องวัดเข้ากับระบบโดยตรง

ตอบ.....
.....
.....
.....
.....

2. ในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับหม้อแปลงกระแส (CT) มีข้อควรระวังที่สำคัญที่สุดอย่างไรเกี่ยวกับวงจรทางด้านทุติยภูมิ (Secondary Circuit) ในขณะที่ยังมีกระแสไฟฟ้าไหลในเส้นท่อด้านปฐมภูมิ (Primary) และหากไม่ปฏิบัติตามจะเกิดผลเสียอย่างไร

ตอบ.....
.....
.....
.....
.....

7. เอกสารอ้างอิง

1. สิทธิพงศ์ อินทรายุทธ.เครื่องมือวัดไฟฟ้า.กรุงเทพมหานคร:ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ,2567.
2. ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตในเรื่องเครื่องมือวัดไฟฟ้า

8. ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัดและเฉลยแบบทดสอบ)

แบบแบบทดสอบ หน่วยที่ 7

ตอนที่ 1 จงพิจารณาเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว

จงเขียนเครื่องหมาย X คำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

ตอนที่ 1 จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

1. หม้อแปลงเครื่องมือวัดมีกี่ชนิด

ก. 1 ชนิด

ข. 2 ชนิด

ค. 3 ชนิด

ง. 4 ชนิด

2. ขั้ว (polarity) ของหม้อแปลงกระแสตรงกับข้อใด

- n. U -V, u-v
 ข. K -L , k-1
 ค. U1-V1, U2 -V2
 ง. P1 -P2
3. อัตราส่วนของซีทีเท่ากับ $100 / 5 \text{ A}$ แสดงว่ากระแสอินพุตมีค่าเท่าใด
 ก. 5 A
 ข. 20 A
 ค. 100 A
 ง. 500 A
4. เพราะเหตุใดจึงห้ามเปิดวงจรด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงกระแส
 ก. เกิด copper loss สูง
 ข. เกิด eddy current
 ค. เกิดแรงดันสูง
 ง. ทำให้ไม่ครบวงจร
5. พิกัดเบอร์เดนของ CT และ PT มีหน่วยเรียกว่าอะไร
 ก. โวลต์ - แอมแปร์
 ข. เมกโอห์ม
 ค. กิโลวัตต์
 ง. วาร์
6. ในระบบไฟฟ้ากำลัง มีการนำ CT และ PT ไปใช้งานอย่างไร
 ก. ต่อร่วมกับเพาเวอร์แฟกเตอร์มิเตอร์
 ข. ต่อร่วมกับวัตต์มิเตอร์
 ค. ต่อร่วมกับกิโลวัตต์อวาร์มิเตอร์
 ง. ถูกทุกข้อ
7. ข้อใดคือลักษณะการพันขดลวด secondary ของ CT
 ก. ขดลวดเส้นโต พันมากรอบ
 ข. ขดลวดเส้นเล็ก พันน้อยรอบ
 ค. ขดลวดเส้นโต พันน้อยรอบ
 ง. ขดลวดเส้นเล็ก พันมากรอบ
8. CT ขนาด $250 / 5 \text{ A}$ ปรากฏว่าแอมมิเตอร์อ่านได้ 3.75 A แสดงว่ากระแสจริงมีค่าเท่าใด
 ก. 250 A
 ข. 187.5 A
 ค. 375 A
 ง. 67 A
9. เมื่อนำ CT และ PT มาต่อร่วมกับวัตต์มิเตอร์ ได้ข้อมูลดังนี้
 - วัตต์มิเตอร์อ่านค่าได้เท่ากับ 43.20
 - ค่ามัลติพลายเออร์เท่ากับ 5

- CT ratio เท่ากับ 100 / 5 A
- PT ratio เท่ากับ 2200 / 110 V

จากข้อมูลข้างต้น กำลังไฟฟ้าจริงของระบบมีค่าเท่าใด

- ก. 118.8 kW
- ข. 785 kW
- ค. 86.4 kW
- ง. 216 kW

10. เพราะเหตุใดในระบบไฟฟ้าแรงต่ำ จึงไม่ต่อ PT ร่วมกับวงจรกิโลวัตต์อวาร์มิเตอร์

- ก. เพราะกระแสต่ำ
- ข. เพราะขดลวดสามารถทนแรงดันได้ตามพิกัด
- ค. เพราะมี CT ต่อร่วมอยู่ด้วยจึงไม่ต้องต่อ PT
- ง. ลดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น

ตอนที่ 2 แบบฝึกหัด

คำชี้แจง จงตอบคำถามลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

1. หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า (PT/VT) และหม้อแปลงกระแส (CT) มีวัตถุประสงค์หลักในการใช้งานในระบบไฟฟ้ากำลังอย่างไร และเหตุใดจึงมีความจำเป็นต้องใช้หม้อแปลงสองชนิดนี้แทนการต่อเครื่องวัดเข้ากับระบบโดยตรง

ตอบ

วัตถุประสงค์หลักของหม้อแปลงทั้งสองชนิดคือ การลดขนาดของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่มีค่าสูงมากในระบบสายส่ง (High Voltage/High Current) ให้ลดลงมาอยู่ในระดับที่ปลอดภัย และเหมาะสมกับมาตรฐานของเครื่องมือวัด (Measuring Instruments) เช่น โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ วัตต์มิเตอร์ หรืออุปกรณ์ป้องกันอย่างรีเลย์ (Protective Relays)

2. ในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับหม้อแปลงกระแส (CT) มีข้อควรระวังที่สำคัญที่สุดอย่างไรเกี่ยวกับวงจรทางด้านทุติยภูมิ (Secondary Circuit) ในขณะที่ยังมีกระแสไฟฟ้าไหลในเส้นท่อด้านปฐมภูมิ (Primary) และหากไม่ปฏิบัติตามจะเกิดผลเสียอย่างไร

ตอบ

ข้อควรระวังที่สำคัญที่สุดคือ "ห้ามเปิดวงจร (Open Circuit) ด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงกระแส (CT) ในขณะที่มีกระแสไฟฟ้าไหลในดำนปฐมภูมิเป็นอันตราย" หากจำเป็นต้องถอดเครื่องมือวัดออก จะต้องทำการลัดวงจร (Short Circuit) ขั้วด้านทุติยภูมิของ CT เสียก่อน

	ใบงานหน่วยที่ 7	หน่วยที่ 7
	รหัสวิชา 30104-2001 ชื่อวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 14 - 15
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานหม้อแปลงเครื่องมือวัด	ทฤษฎี...4...ชม. ปฏิบัติ...6...ชม.
ชื่อเรื่อง/การต่อหม้อแปลง (CT - PT) ร่วมกับเครื่องมือวัด		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

แสดงความรู้ในทฤษฎีของหม้อแปลงเครื่องมือวัด

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ - สมรรถนะย่อย.... -.....

- 1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน-.....
- 2) วิธีประเมิน-.....
- 3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)
- 4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ.....

3. สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้ในการใช้งานเครื่องมือวัดค่าด้วยหม้อแปลงเครื่องมือวัดได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกหน้าที่และการทำงานของหม้อแปลงกระแสได้
2. บอกหน้าที่และการทำงานของหม้อแปลงแรงดันได้
3. บอกการประยุกต์การใช้ CT และ PT ได้
4. ต่อหม้อแปลงกระแส หม้อแปลงแรงดัน ร่วมกับเครื่องมือวัดได้
5. ให้ความร่วมมือในการทำงานกับผู้อื่น
6. ปฏิบัติงานตามที่ได้รับมอบหมายเสร็จตามกำหนด
7. ปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงความปลอดภัยต่อตนเองและผู้อื่น
8. มีความเพียรพยายามในการเรียนและการปฏิบัติงาน

5. เครื่องมือและอุปกรณ์

- | | |
|-------------------------|-------|
| 1. หม้อแปลงกระแส (CT) | 1 ตัว |
| 2. หม้อแปลงแรงดัน (PT) | 1 ตัว |
| 3. วัดต์มิเตอร์ | 1 ตัว |
| 4. โหลดหรือภาระทางไฟฟ้า | 1 ตัว |
- (กำหนดให้ใช้เตาไฟฟ้าขนาด 1,000 W)

6. คำแนะนำ/ข้อควรระวัง

หม้อแปลงสำหรับเครื่องวัด (Instrument transformer) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับเครื่องวัดเมื่อการวัดนั้นมีค่ากระแสหรือค่าแรงดันสูง โดยการเปลี่ยนกระแสหรือแรงดันให้ต่ำลงเหมาะสมกับเครื่องวัด และจุดประสงค์อีกอย่างหนึ่งก็เพื่อเป็นตัวแยกอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดจากวงจรไฟฟ้าแรงสูง

ข้อควรระวังสำหรับ CT

1. วงจรทางด้าน secondary ของ CT จะต้องต่อลงกราวด์ตลอดเวลาและต้องแน่ใจว่า วงจรทาง secondary จะต้องไม่เปิดวงจรในขณะที่มีการไหลของกระแสทางด้าน primary เพื่อป้องกันอันตรายเนื่องจากการเกิดแรงดันสูงในทันทีที่ด้าน secondary

2. ขดลวดทาง secondary จะต้องลัดวงจรไว้เสมอและเมื่อต้องการเปลี่ยนเครื่องวัดหรือไม่ใช้งาน จะต้องตัดแรงดันออกก่อนเสมอ

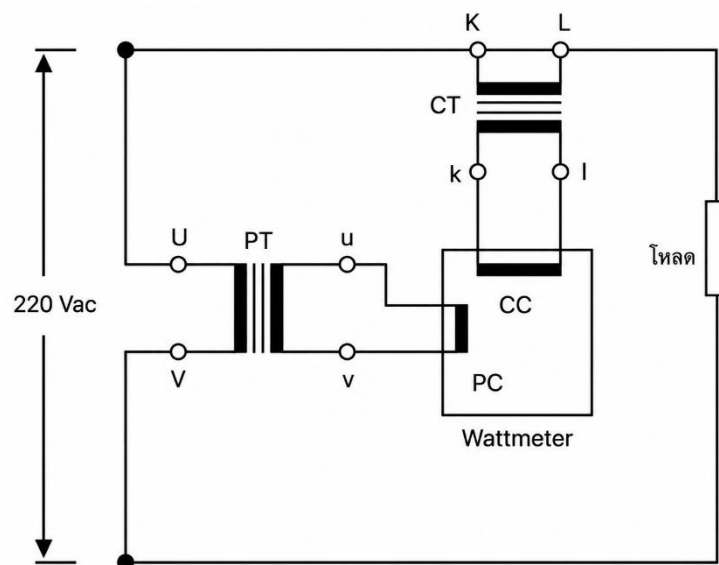
3. ปลดแรงดันของแหล่งจ่ายออกก่อนที่จะทำการต่อขดลวดทาง primary
ข้อควรระวังสำหรับ PT

1. วงจรทางด้าน secondary ของ PT จะต้องต่อลงกราวด์เสมอ

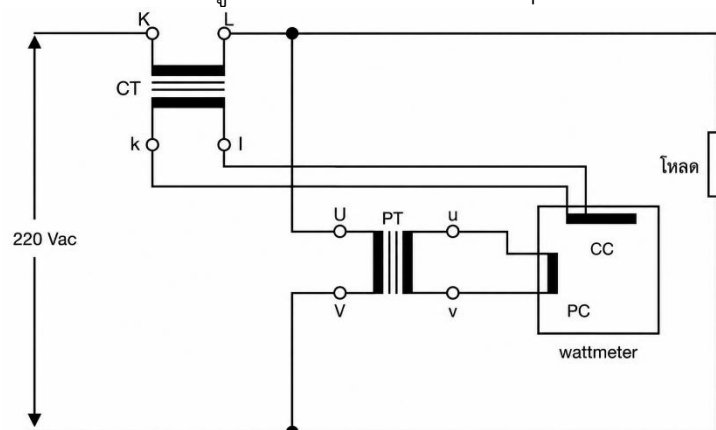
2. ต้องแน่ใจว่าเครื่องมือที่ใช้ได้ถูกต่ออยู่กับขดลวด secondary หรือทางแรงต่ำอยู่แล้ว

3. ปลดแรงดันของแหล่งจ่ายออกก่อนที่จะทำการต่อขดลวดทาง primary

7. ขั้นตอนการปฏิบัติงานคำสั่งสำหรับการทำกิจกรรมตามใบงานที่ 7



รูปที่ วงจรชนิด correct amp



รูปที่ วงจรชนิด correct volt

วงจรชนิด correct amp

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 7.2
2. จ่ายแรงดันให้กับวงจร

3. ลัดวงจร (short) ขด secondary ของ CT
4. นำ ratio ของ CT และ PT คูณกับค่าที่อ่านได้จากวัตต์มิเตอร์ (wattmeter)
5. ปลดจุดที่ลัดวงจรตามข้อ 3 ออก
6. บันทึกค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้ลงในตารางถ้าวัดวัตต์มิเตอร์ต่อ current coil (CC) ที่ 5 A และ potential coil (PC) ที่ 120 V

แสดงว่า

วัตต์มิเตอร์มีค่า Full scale = $120 \times 5 = 600 \text{ W}$

ตั้ง CT ที่ 10/5 : ratio ของ CT = $10 / 5 = 2$

ตั้ง PT ที่ 220 / 110 : ratio ของ PT = $220/110 = 2$

ดังนั้นกำลังไฟฟ้าขณะลัดวงจร (short) มีค่าดังนี้

= (ค่าที่อ่านได้จากวัตต์มิเตอร์) $\times$ (CT ratio) $\times$ (PT ratio).....7.1

- เมื่อปลดจุดลัดวงจรออกจาก secondary ของ CT คำนวณหาลำดับกำลังไฟฟ้าตามสมการที่ 7.1

วงจรชนิด correct volt

7. ต่อวงจรตามรูปที่ 7.3 แล้วปฏิบัติตามข้อ 2 - 6
8. ใช้วัตต์มิเตอร์วัดโดยตรง ไม่ผ่าน CT และ PT บันทึกค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้ลงในตาราง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ค่ากำลังไฟฟ้าที่คำนวณได้ (W)				
Correct amp		Correct volt		อ่านจาก วัตต์มิเตอร์ โดยตรง
Short CT	ปลดจุด short ออก	Short CT	ปลดจุด short ออก	

สรุปผลการปฏิบัติงาน

.....

.....

8.สรุปและวิจารณ์ผล

นักเรียนต้องได้ผลการประเมินไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60 และหากไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินจะต้อง ปฏิบัติงานใหม่

9.การประเมินผล

ใบประเมินผลงานหน่วยที่ 7
(Evaluation Sheet)

ชื่องาน การต่อหม้อแปลง (CT - PT) ร่วมกับ วันที่เริ่มงาน					
เครื่องมือวัด					
ผู้ปฏิบัติ		ผู้ประเมิน นายรชตะ ใจตรง			
จุดประเมิน	ผลการประเมิน				หมายเหตุ
	ดีมาก (10)	ดี (7)	พอใช้ (5)	แก้ไข (3)	
ขณะปฏิบัติงาน					
1. งานเตรียมความพร้อมปฏิบัติงาน					
2. งานจัดบันทึกข้อมูล					
3. งานเก็บอุปกรณ์หลังจากปฏิบัติงาน					
4. ปฏิบัติงานตามขั้นตอน					
รวม					
คะแนน 20%		 × 20			
					
คุณภาพของผลงาน					
ผลงาน (1) (การต่อหม้อแปลง (CT - PT) ร่วมกับ เครื่องมือวัด)		ผลการประเมิน			
		ดีมาก (10)	ดี (7)	พอใช้ (5)	แก้ไข (3)
1. ความสำเร็จของงาน					
รวม					
ผลรวมทั้งหมด					

	ใบมอบหมายงานหน่วยที่ 7	หน่วยที่ 7
	รหัสวิชา 30104-2001 ชื่อวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 14 - 15
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานหม้อแปลงเครื่องมือวัด	ทฤษฎี...4...ชม. ปฏิบัติ...6...ชม.
ชื่อเรื่อง/งานหม้อแปลงเครื่องมือวัด		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

แสดงความรู้ในทฤษฎีของหม้อแปลงเครื่องมือวัด

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ - สมรรถนะย่อย.... -.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน-.....

2) วิธีประเมิน-.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ.....

3. สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้ในการใช้งานเครื่องมือวัดค่าด้วยหม้อแปลงเครื่องมือวัดได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกหน้าที่และการทำงานของหม้อแปลงกระแสได้

2. บอกหน้าที่และการทำงานของหม้อแปลงแรงดันได้

3. บอกการประยุกต์การใช้ CT และ PT ได้

4. ต่อหม้อแปลงกระแส หม้อแปลงแรงดัน ร่วมกับเครื่องมือวัดได้

5. ให้ความร่วมมือในการทำงานกับผู้อื่น

6. ปฏิบัติงานตามที่ได้รับมอบหมายเสร็จตามกำหนด

7. ปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงความปลอดภัยต่อตนเองและผู้อื่น

8. มีความเพียรพยายามในการเรียนและการปฏิบัติงาน

5. เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

5.1 กระดาษชาร์ตแผ่นใหญ่ใช้สำหรับการเขียนข้อมูลนำเสนอ

5.2 อุปกรณ์ เครื่องเขียน

6. ขั้นตอนการทำกิจกรรม

ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม 7 กลุ่ม 1. บอกหน้าที่และการทำงานของหม้อแปลงกระแส 2. บอกหน้าที่และการทำงานของหม้อแปลงแรงดัน 3. บอกการประยุกต์การใช้ CT และ PT 4. ต่อหม้อแปลงกระแส หม้อแปลงแรงดัน ร่วมกับเครื่องมือวัด

7. สรุปและอภิปราย

7.1 ให้ผู้เรียนจัดกลุ่ม ศึกษาลักษณะทั่วไปของแต่ละกลุ่มได้รับมอบหมาย แต่ละกลุ่มศึกษาเนื้อหาแตกต่างกัน

7.2 ให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มประชุมคณะทำงาน แบ่งหน้าที่และความรับผิดชอบ จากนั้นให้ผู้เรียนทุกกลุ่มระดมสมองศึกษาเนื้อหาตามที่ได้รับมอบหมายและค้นคว้าเพิ่มเติม หาตัวแทนกลุ่มนำเสนอกิจกรรมหน้าชั้นเรียน

8. การประเมินผล

ให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มประเมินตนเองและประเมินผลกลุ่มอื่นๆ โดยใช้แบบประเมินผลงาน ผู้สอนประเมินผลผู้เรียนทุกกลุ่ม โดยใช้แบบประเมิน ดังนี้

- แบบประเมินกระบวนการทำงานกลุ่ม
- แบบประเมินการนำเสนอผลงาน
- แบบประเมินผลงาน
- แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

9. การประเมินผล

9.1 จากการประเมินกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม

เกณฑ์การประเมิน	ดี	คะแนนอยู่ระหว่าง	12-15
	พอใช้	คะแนนอยู่ระหว่าง	9-11
	ปรับปรุง	คะแนนอยู่ระหว่าง	5-8

9.2 จากการประเมินการนำเสนอผลงาน

เกณฑ์การประเมิน	ดี	คะแนนอยู่ระหว่าง	15-18
	พอใช้	คะแนนอยู่ระหว่าง	12-14
	ปรับปรุง	คะแนนอยู่ระหว่าง	6-11

9.3 จากการประเมินผลงาน

เกณฑ์การประเมิน	ดี	คะแนนอยู่ระหว่าง	2.70
	พอใช้	คะแนนอยู่ระหว่าง	1.30-2.70
	ปรับปรุง	คะแนนอยู่ระหว่าง	1.30

9.4 จากการประเมินผลการปฏิบัติงาน

เกณฑ์การประเมิน	ดี	คะแนนอยู่ระหว่าง	6-10
	ปรับปรุง	คะแนนอยู่ระหว่าง	1-5

หมายเหตุ เกณฑ์การประเมินที่ใช้ในการตัดสินต้องได้มาจากคะแนนเฉลี่ยของผู้ประเมินทั้งหมด ผลรวมของคะแนนจาก เครื่องมือทุกประเภทไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 ถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมิน

10. เอกสารอ้างอิง/เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม

สิทธิพงศ์ อินทรายุทธ.เครื่องมือวัดไฟฟ้า.กรุงเทพมหานคร:ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ,2567.

ใบประเมินผลกิจกรรมหน่วยที่ 7
(Evaluation Sheet)

ชื่องาน งานหม้อแปลงเครื่องมือวัด		วันที่เริ่มงาน			
ผู้ปฏิบัติ		ผู้ประเมิน นายรชตะ ใจตรง			
จุดประเมิน	ผลการประเมิน				หมายเหตุ
	ดีมาก (10)	ดี (7)	พอใช้ (5)	แก้ไข (3)	
ขณะปฏิบัติงาน					
1. งานเตรียมความพร้อมปฏิบัติงาน					
2. งานจัดบันทึกข้อมูล					
3. งานเก็บอุปกรณ์หลังจากปฏิบัติงาน					
4. ปฏิบัติงานตามขั้นตอน					
รวม					
คะแนน 20%	$\frac{\dots\dots\dots \times 20}{\dots\dots\dots}$				
คุณภาพของผลงาน					
ผลงาน (1) (งานหม้อแปลงเครื่องมือวัด)	ผลการประเมิน				
	ดีมาก (10)	ดี (7)	พอใช้ (5)	แก้ไข (3)	
1. ความสำเร็จของงาน					
รวม					
ผลรวมทั้งหมด					

บรรณานุกรม

สิทธิพงษ์ อินทรายุทธ.เครื่องมือวัดไฟฟ้า.กรุงเทพมหานคร:ศูนย์ส่งเสริมอาชีพฯ,2567.



แผนการจัดการเรียนรู้

หลักสูตรหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

สาขาวิชาไฟฟ้า

กลุ่มอาชีพพลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม



วิทยาลัยเทคนิคบ้านค่าย

0-3867-xxxx

www.bktec.ac.th

งานประชาสัมพันธ์ วท.บ้านค่าย