



เครื่องมือวัด ไฟฟ้า และ อิเล็กทรอนิกส์ Electrical and Electronic Instruments

สายันต์ ชื่นอารมย์

เครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Electrical and Electronic Instruments)

รหัสวิชา 30105-1002

หมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพพื้นฐาน
ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ
และใช้ได้กับหลักสูตรปริญญาตรี และผู้ที่สนใจในงานอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป



เรียบเรียงโดย
สายัณต์ ชื่นอารมย์

เครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Electrical and Electronic Instruments)

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับการวัด หน่วยของการวัดทางไฟฟ้า ความเที่ยงตรง และความแม่นยำ ในการวัด หลักการทำงาน โครงสร้าง ออกแบบขยายย่านวัด การตรวจซ่อมและบำรุงรักษามัลติมิเตอร์ วัดตัมมิเตอร์ ปริมาณซีมิเตอร์ บริดจ์มิเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์มัลติมิเตอร์ ออสซิลโลสโคป การใช้ทรานสดิวเซอร์ และเครื่องมือวัดอิเล็กทรอนิกส์ในงานอุตสาหกรรม

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2563

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

สายัณต์ ชื่นอารมย์.

เครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์. -- กรุงเทพฯ : วังอักษร, 2563.
176 หน้า.

1. เครื่องวัดไฟฟ้า. 2. อิเล็กทรอนิกส์. I. ชื่อเรื่อง.

621.37.

ISBN 978-616-211-936-1

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดย...



บริษัท วังอักษร จำกัด

69/3 ถนนอรุณอมรินทร์ แขวงวัดอรุณ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพฯ 10600

โทร. 0-2472-3293-5 โทรสาร 0-2891-0742 Mobile 08-8585-1521

e-Mail : wangaksorn9@gmail.com

Facebook : สำนักพิมพ์ วังอักษร

www.wangaksorn.com

ID Line : @wangaksorn



สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537

โดยบริษัท วังอักษร จำกัด ห้ามนำส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ไปทำซ้ำ
ดัดแปลง หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชน ไม่ว่ารูปแบบใด ๆ นอกจากได้รับอนุญาต

เป็นลายลักษณ์อักษรล่วงหน้าจากทางสำนักพิมพ์เท่านั้น

ชื่อและเครื่องหมายการค้าอื่น ๆ ที่อ้างอิงในหนังสือฉบับนี้

เป็นสิทธิโดยชอบด้วยกฎหมายของเจ้าของแต่ละราย

โดยบริษัท วังอักษร จำกัด มิได้อ้างความเป็นเจ้าของแต่อย่างใด

คำนำ

วิชา **เครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์** รหัสวิชา 30105 - 1002 หมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพพื้นฐาน ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ **หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563** และใช้ได้กับหลักสูตรปริญญาตรี นำเสนอเนื้อหาที่เข้าใจง่าย มีลำดับขั้นตอน มีภาพประกอบ และแบบฝึกหัดท้ายบท เพื่อให้นักศึกษาค้นคว้า และทำความเข้าใจเพิ่มเติม โดยผู้เขียนได้บริหารสาระการเรียนรู้แบ่งเป็น 7 บทเรียน และได้จัด แผนการจัดการเรียนรู้/แผนการสอนที่มุ่งเน้นฐานสมรรถนะ (Competency Based) และการบูรณาการ (Integrated) ตรงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา ในแต่ละบทเรียน มุ่งให้ความสำคัญส่วนที่เป็นความรู้ ทฤษฎี หลักการ กระบวนการ ตัวอย่าง แบบฝึกปฏิบัติ และคำถามเพื่อการทบทวน เพื่อฝึกทักษะประสบการณ์ เร่งพัฒนาบทบาทของผู้เรียนให้เป็นผู้จัดการแสวงหาความรู้ (Explorer) เป็นผู้สอนตนเองได้ สร้างองค์ความรู้ใหม่ และบทบาทของผู้สอนเปลี่ยนจากผู้ให้ความรู้มาเป็นผู้จัดการชี้แนะ (Teacher Roles) จัดสิ่งแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อความสนใจเรียนรู้ และเป็นผู้ร่วมเรียนรู้ (Co-investigator) จัดห้องเรียนเป็นสถานที่ทำงานร่วมกัน (Learning Context) จัดกลุ่มเรียนรู้ให้รู้จักทำงานร่วมกัน (Grouping) ฝึกความใจกว้าง มุ่งสร้างสรรค์คนรุ่นใหม่ สอนความสามารถที่นำไปทำงานได้ (Competency) สอนความรัก ความเมตตา (Compassion) ความเชื่อมั่น ความซื่อสัตย์ (Trust) เป้าหมายอาชีพอันยังประโยชน์ (Productive Career) และชีวิตที่มีศักดิ์ศรี (Noble Life) เหนือสิ่งอื่นใดเป็นคนดีทั้งกาย วาจา ใจ มีคุณธรรม มีจรรยาบรรณทางธุรกิจและวิชาชีพ

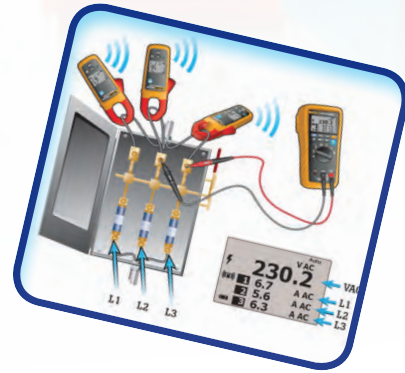
ส่งเสริมสนับสนุนยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบคุณวุฒิวิชาชีพ (Vocational Qualification System) ให้สอดคล้องตามมาตรฐานอาชีพ (Occupational Standard) เพื่อสร้างภูมิคุ้มกัน เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ กำลังแรงงาน การพัฒนามาตรฐานการปฏิบัติงานระดับชาติ (National Benchmarking) และการวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน (Functional Analysis) เพื่อให้เกิดผลสำเร็จในภาคธุรกิจ อุตสาหกรรม และทุกสาขาอาชีพ เป็นการเตรียมความพร้อมของผู้เรียนเข้าสู่สนามการแข่งขันในประชาคมอาเซียน

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ผู้สอน ผู้ประสาวิชาความรู้ เอกสาร หนังสือที่ใช้ประกอบในการเรียบเรียงไว้ ณ โอกาสนี้

สายนต์ ชื่นอารมย์

สารบัญ

บทที่ 1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการวัดทางไฟฟ้า	1
การวัด ความเที่ยงตรง และความแม่นยำในการวัด	2
ความสามารถในการแยกแยะและความไว	3
ความคลาดเคลื่อน	4
คลาสของเครื่องมือวัดไฟฟ้า	4
หน่วยการวัดทางไฟฟ้า	5
เครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่	8
แบบทดสอบ และกิจกรรมการฝึกทักษะบทที่ 1	12
ใบงานที่ 1.1 หน่วยการวัดทางไฟฟ้า	15



บทที่ 2 แอมมิเตอร์และโวลต์มิเตอร์

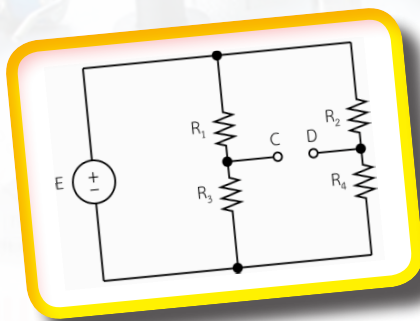
แอมมิเตอร์	17
โวลต์มิเตอร์	18
ผลกระทบจากการต่อเครื่องมือวัดไฟฟ้า	25
เครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับ	29
การดูแลและบำรุงรักษาเครื่องมือวัดไฟฟ้าแบบเข็มชี้	31
แบบทดสอบ และกิจกรรมการฝึกทักษะบทที่ 2	32
ใบงานที่ 2.1 แอมมิเตอร์	36
ใบงานที่ 2.2 โวลต์มิเตอร์	38



บทที่ 3 โอห์มมิเตอร์

บทนำ	40
โอห์มมิเตอร์แบบอนุกรม	41
โอห์มมิเตอร์แบบขนาน	46
โอห์มมิเตอร์แบบผสม	49
แบบทดสอบ และกิจกรรมการฝึกทักษะบทที่ 3	51
ใบงานที่ 3.1 โอห์มมิเตอร์แบบอนุกรม	54
ใบงานที่ 3.2 โอห์มมิเตอร์แบบขนาน	56





บทที่ 4 บริดจ์มิเตอร์

58

บทนำ	59
บริดจ์ไฟฟ้ากระแสตรง	59
บริดจ์ไฟฟ้ากระแสสลับ	65
แบบทดสอบ และกิจกรรมการฝึกทักษะบทที่ 4	70
ใบงานที่ 4.1 บริดจ์ไฟฟ้ากระแสตรง	74
ใบงานที่ 4.2 บริดจ์ไฟฟ้ากระแสสลับ	76

บทที่ 5 มัลติมิเตอร์

78

บทนำ	79
แอนะล็อกมัลติมิเตอร์	79
อิเล็กทรอนิกส์มัลติมิเตอร์	90
คำแนะนำการใช้มัลติมิเตอร์	94
แบบทดสอบ และกิจกรรมการฝึกทักษะบทที่ 5	96
ใบงานที่ 5.1 แอนะล็อกมัลติมิเตอร์	99
ใบงานที่ 5.2 ดิจิทัลมัลติมิเตอร์	103



บทที่ 6 วัดต์มิเตอร์ ฟรีควเอนซีมิเตอร์ ทรานสดิวเซอร์

และเครื่องมือวัดอิเล็กทรอนิกส์ในงานอุตสาหกรรม 105

กำลังไฟฟ้ากระแสสลับ	106
วัดต์มิเตอร์	107
เพาเวอร์แฟกเตอร์มิเตอร์	110
วาร์มิเตอร์	112
ทรานสดิวเซอร์และเครื่องมือวัดอิเล็กทรอนิกส์ ในงานอุตสาหกรรม	114
แบบทดสอบ และกิจกรรมการฝึกทักษะบทที่ 6	119
ใบงานที่ 6.1 วัดต์มิเตอร์	122
ใบงานที่ 6.2 ฟรีควเอนซีมิเตอร์วัดความถี่ 50 Hz	124
ใบงานที่ 6.3 ฟรีควเอนซีมิเตอร์วัดความถี่ 0 - 1 kHz	126
ใบงานที่ 6.4 เทอร์มิสเตอร์เซนเซอร์	128



บทที่ 7 ออสซิลโลสโคป

130

บทนำ

131

โครงสร้างของออสซิลโลสโคป

132

การเกิดภาพบนจอหลอด CRT

133

หลอดแคโทดเรย์

134

โพรบ

136

ปุ่มปรับและฟังก์ชันสวิตช์ของออสซิลโลสโคป

138

การใช้งานออสซิลโลสโคป

144

ข้อควรจำและการบำรุงรักษาออสซิลโลสโคป

152

แบบทดสอบ และกิจกรรมการฝึกทักษะบทที่ 7

153

ใบงานที่ 7.1 การวัดแรงดันไฟฟ้า

และความถี่โดยใช้ออสซิลโลสโคป

156

ใบงานที่ 7.2 การวัดความถี่รูปคลื่นไซน์

ด้วยวิธีลิสซาจูลส์

161

คำถามเพื่อการทบทวน

163

คำศัพท์

166

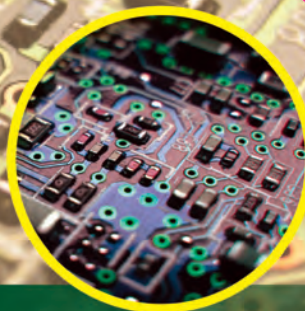
บรรณานุกรม



บทที่

1

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการวัดทางไฟฟ้า



จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

หลังจากศึกษาจบบทเรียนนี้แล้ว นักศึกษาจะมีความสามารถดังนี้

1. อธิบายการวัด ความเที่ยงตรง และความแม่นยำในการวัดปริมาณไฟฟ้า
2. ระบุความสามารถในการแยกแยะและความไวของเครื่องมือวัดไฟฟ้า
3. วิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนและคลาสของเครื่องมือวัดไฟฟ้า
4. พิสูจน์หน่วยการวัดทางไฟฟ้า
5. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของเครื่องมือวัดไฟฟ้าแบบขดลวดเคลื่อนที่

บทที่

1

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการวัดทางไฟฟ้า



การวัด ความเที่ยงตรง และความแม่นยำในการวัด

การวัด (Measure) หมายถึง การตรวจสอบขนาดหรือปริมาณค่าต่าง ๆ ด้วยเครื่องมือวัดที่ถูกต้องและเหมาะสม เช่น ตรวจสอบขนาดความกว้างของโต๊ะจะต้องใช้ไม้เมตรหรือตลับเมตร เป็นต้น ซึ่งการวัดปริมาณไฟฟ้าจะต้องใช้เครื่องมือวัดไฟฟ้าให้ถูกต้องกับปริมาณไฟฟ้านั้น ๆ เช่น ใช้โอห์มมิเตอร์ (Ohmmeter) ตรวจสอบค่าความต้านทานของตัวต้านทาน ใช้โวลต์มิเตอร์ (Voltmeter) ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ ใช้แอมมิเตอร์ (Ammeter) ตรวจสอบกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านมอเตอร์ เป็นต้น เรียกเครื่องมือในการวัดทางไฟฟ้าว่า **เครื่องมือวัดไฟฟ้า (Electrical Instrument)**

ความเที่ยงตรง (Precision) หมายถึง การอธิบายผลที่เกิดขึ้นจากการวัด กล่าวคือ ค่าที่วัดได้แต่ละครั้งมีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงมากน้อยเพียงใดเมื่อทำการวัดตัวแปรเดียวกันซ้ำ ๆ หลายครั้ง โดยความเที่ยงตรงนี้จะเป็ณคุณสมบัติเฉพาะตัวของเครื่องมือวัด หากเครื่องมือวัดมีความเที่ยงตรงสูง ผลการวัดแต่ละครั้งจะใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด

ความแม่นยำ (Accuracy) หมายถึง ความใกล้เคียงหรือความถูกต้องระหว่างค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดกับค่าจริง (True Value) ของตัวแปรขณะทำการวัด ความแน่นอนนี้จะระบุเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเต็มสเกล (Full Scale)

ตัวอย่างเช่น โวลต์มิเตอร์มีสเกลแรงดันไฟฟ้าสูงสุด 50 V และระบุค่าความแน่นอนเท่ากับ $\pm 1\%$ แสดงว่าเข็มมิเตอร์ที่ชี้ค่านี้นะคลาดเคลื่อนได้เท่ากับ $1\% \times 50 \text{ V} = 0.5 \text{ V}$ ตลอดทั้งสเกลคือ 0 - 50 V ดังนั้น ถ้าวัดและอ่านค่าได้เท่ากับ 40 V ค่าความแน่นอนจะมีเท่ากับ $\frac{0.5}{40} \times 100 = 1.25\%$ ซึ่งเป็นค่าใกล้เคียงกับความแน่นอนของพิกัดที่ระบุไว้



ความสามารถในการแยกแยะและความไว

ความสามารถในการแยกแยะ (Separate) หมายถึง ความสามารถของเครื่องมือวัดไฟฟ้าที่จะตอบสนองต่อค่าพารามิเตอร์ที่เปลี่ยนแปลงไปน้อยที่สุด อาทิ ดิจิทัลมัลติมิเตอร์ระบุไว้ 3 mV ที่ 50 V หมายความว่า การเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 3 mV ขึ้นไป เครื่องมือวัดไฟฟ้านั้นสามารถที่จะรับรู้และตอบสนองได้

ความไว (Sensitivity, S) หมายถึง อัตราส่วนการตอบสนองของเอาต์พุตต่อการเปลี่ยนแปลงของอินพุต (ค่าตัวแปรที่กำลังวัดค่า) สืบเนื่องจากปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลด (Load) แล้วทำให้เข็มมิเตอร์เกิดการบ่ายเบนจนสุดสเกล (Full Scale Current, I_{FS}) ซึ่งค่าความไวของโวลต์มิเตอร์มีหน่วยเป็นโอห์มต่อแรงดันไฟฟ้า (Ω/V) หรือ $k\Omega/V$ นั่นคือ ถ้าเครื่องมือวัดไฟฟ้ามีค่า $k\Omega/V$ สูงมากเท่าใด จะทำให้ความไวของมิเตอร์มีค่ามาก ย่อมจะทำให้ความแน่นอนในการวัดเกิดความเที่ยงตรงสูงขึ้น

$$\text{ความไว (S)} = \frac{1}{I_{FS}} = \Omega/V \quad \dots\dots\dots(1.1)$$

จากสมการที่ 1.1 เมื่อทราบความไวมิเตอร์ จะหาค่าความต้านทานภายใน (Internal Resistance, R_{in}) ของเครื่องมือวัดไฟฟ้าย่านวัดใด ๆ ได้

$$\begin{aligned} R_{in} &= (\text{ความไว}) \times (\text{แรงดันไฟฟ้าเต็มสเกล}) \\ R_{in} &= (S)(V_{FS}) \quad \dots\dots\dots(1.2) \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 1.1 มิเตอร์แบบขดลวดเคลื่อนที่ชุดหนึ่งจะทำให้เข็มชี้มิเตอร์บ่ายเบนเต็มสเกลพอดี เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านระบบ 20 μA ให้คำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

1. ความไวมิเตอร์
2. ถ้าใช้กับย่านการวัดแรงดันไฟฟ้าสูงสุด 50 V_{DC} จะมีค่าความต้านทานภายในเท่าไร

วิธีทำ

$$\begin{aligned} 1. \text{ ความไวมิเตอร์ } S &= \frac{1}{I_{FS}} = \frac{1}{20 \times 10^{-6}} \\ &= 20 \text{ k}\Omega/V \\ 2. \text{ ความต้านทานภายใน } R_{in} &= (S)(V_{FS}) = (20 \times 10^3)(50) \\ &= 1 \text{ M}\Omega \end{aligned}$$

ตอบ





ความคลาดเคลื่อน

ความคลาดเคลื่อน (Error) หมายถึง ความผิดพลาดเป็นสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ที่จะทำให้เกิดขึ้นระหว่างการใช้อุปกรณ์วัด แต่ก็ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ แบ่งออกเป็น 3 ลักษณะดังนี้

1. ความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ (System Errors) เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากระบบภายในเครื่องมือวัด มีสาเหตุคือ ความคลาดเคลื่อนจากเครื่องมือวัดและความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม

1.1 ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากเครื่องมือวัด (Instrument Errors) พบว่าเกิดจากโครงสร้างและกลไกภายในเครื่องมือวัด เช่น การปรับแต่งไม่ถูกต้อง การอ่อนล้าหรือตึงของสปริงกันหอย เป็นต้น แก้ไขโดยใช้อุปกรณ์วัดให้ถูกต้องและเหมาะสมกับงานและจะต้องบำรุงรักษาเครื่องมือวัดไม่ให้ถูกกระทบกระเทือน

1.2 ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม (Environmental Errors) พบว่าเกิดจากผลของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ความชื้น ความกดดันอากาศ ไฟฟ้าสถิตและอุณหภูมิที่สูงขึ้น เป็นต้น

2. ความคลาดเคลื่อนที่ไม่แน่นอน (Random Errors) พบว่าเกิดจากการคาดไม่ถึงอย่างไม่มีกฎเกณฑ์ แก้ไขได้โดยทดลองวัดซ้ำหลาย ๆ ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

3. ความคลาดเคลื่อนจากผู้ทำการวัด (Gross Errors) พบว่าผู้ทำการวัด อ่านค่าออกมาผิดพลาดจากความเป็นจริง การบันทึกข้อมูลหรือคำนวณออกมาผิดพลาด และการใช้อุปกรณ์วัดไม่เหมาะสม แก้ไขได้โดยผู้ทำการวัดจะต้องฝึกหัดใช้อุปกรณ์วัดอย่างถูกต้อง



คลาสของเครื่องมือวัดไฟฟ้า

คลาส (Class) ของเครื่องมือวัดไฟฟ้า หมายถึง เปอร์เซนต์ความผิดพลาดในการวัดแต่ละย่านการวัดที่ระบุไว้บนหน้าปัดมิเตอร์ อาทิ โวลต์มิเตอร์มี Class เท่ากับ 2.5 หมายความว่าแสดงความผิดพลาดที่จุดสูงสุดของสเกลมีค่า $\pm 2.5\%$ นั่นคือ เครื่องมือวัดไฟฟ้าที่มี Class ต่ำ จะมีคุณภาพดีกว่าเครื่องมือวัดไฟฟ้าที่มี Class สูง และถ้านำคลาสของเครื่องมือวัดไฟฟ้าคูณกับย่านการวัดใด ๆ จะได้ค่าความผิดพลาดในย่านการวัดนั้น

$$\text{ความผิดพลาดที่ย่านการวัดใด ๆ} = \frac{(\text{ย่านการวัด}) \times (\text{คลาส})}{100} \dots\dots\dots(1.3)$$



ตัวอย่างที่ 1.2 โวลต์มิเตอร์มี Class เท่ากับ 1.5 ประกอบด้วยย่านการวัดแรงดันไฟฟ้า 50 V กับ 250 V เมื่อนำโวลต์มิเตอร์ดังกล่าวไปวัดแรงดันไฟฟ้าขนาด 24 V ให้คำนวณหาขนาดแรงดันไฟฟ้าที่เข็มชี้มิเตอร์จะแสดงค่าออกมาเท่าไร

วิธีทำ

- เมื่อใช้ย่านการวัดแรงดันไฟฟ้า 50 V

$$\begin{aligned} \text{ความผิดพลาดย่านการวัด 50 V} &= \frac{(\text{ย่านการวัด}) \times (\text{คลาส})}{100} = \frac{(50)(1.5)}{100} \\ &= \pm 0.75 \text{ V} \end{aligned}$$

นั่นคือ ขนาดแรงดันไฟฟ้าที่เข็มชี้มิเตอร์จะแสดงค่าระหว่าง $24 \text{ V} \pm 0.75 \text{ V}$
หรือ มีค่าระหว่าง 23.25 V ถึง 24.75 V

- เมื่อใช้ย่านการวัดแรงดันไฟฟ้า 250 V

$$\begin{aligned} \text{ความผิดพลาดย่านการวัด 250 V} &= \frac{(\text{ย่านการวัด}) \times (\text{คลาส})}{100} = \frac{(250)(1.5)}{100} \\ &= \pm 3.75 \text{ V} \end{aligned}$$

นั่นคือ ขนาดแรงดันไฟฟ้าที่เข็มชี้มิเตอร์จะแสดงค่าระหว่าง $24 \text{ V} \pm 3.75 \text{ V}$
หรือ มีค่าระหว่าง 20.25 V ถึง 27.75 V

ตอบ



หน่วยการวัดทางไฟฟ้า

หน่วยการวัดทางไฟฟ้าจะเขียนแทนด้วยระบบตัวเลขฐานสิบ (Decimal System) ซึ่งตัวคูณจะแทนด้วยเลขยกกำลัง แสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 หน่วยการวัดไฟฟ้า

ชื่อ	สัญลักษณ์	ตัวคูณ
เอกซะ (Exa)	E	10^{18}
เพตะ (Peta)	P	10^{15}
เทระ (Tera)	T	10^{12}
จิกะ (Giga)	G	10^9

ตารางที่ 1.1 หน่วยการวัดไฟฟ้า (ต่อ)

ชื่อ	สัญลักษณ์	ตัวคูณ
เมกะ (Mega)	M	10^6
กิโล (Kilo)	k	10^3
มิลลิ (Milli)	m	10^{-3}
ไมโคร (Micro)	μ	10^{-9}
พิโก (Pico)	p	10^{-12}

1. หน่วยความต้านทาน

ความต้านทาน $1 \text{ M}\Omega = 1,000 \text{ k}\Omega = 1,000,000 \Omega$

ความต้านทาน $1 \text{ k}\Omega = 1,000 \Omega = 0.001 \text{ M}\Omega$

ความต้านทาน $1 \Omega = 1,000 \text{ M}\Omega = 1,000,000 \mu\Omega$

2. หน่วยแรงดันไฟฟ้า

แรงดันไฟฟ้า $1 \text{ MV} = 1,000 \text{ kV} = 1,000,000 \text{ V}$

แรงดันไฟฟ้า $1 \text{ kV} = 1,000 \text{ V}$

แรงดันไฟฟ้า $1 \text{ V} = 1,000 \text{ mV} = 1,000,000 \mu\text{V}$

แรงดันไฟฟ้า $1 \text{ mV} = 1,000 \mu\text{V}$

3. หน่วยกำลังไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้า $1 \text{ MW} = 1,000 \text{ kW} = 1,000,000 \text{ W}$

กำลังไฟฟ้า $1 \text{ kW} = 1,000 \text{ W}$

กำลังไฟฟ้า $1 \text{ W} = 1,000 \text{ mW} = 1,000,000 \mu\text{W}$

กำลังไฟฟ้า $1 \text{ mW} = 1,000 \mu\text{W}$

4. หน่วยกระแสไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้า $1 \text{ kA} = 1,000 \text{ A} = 1,000,000 \text{ mA}$

กระแสไฟฟ้า $1 \text{ A} = 1,000 \text{ mA} = 1,000,000 \mu\text{A}$

กระแสไฟฟ้า $1 \text{ mA} = 1,000 \mu\text{A}$

ตัวอย่างที่ 1.3 ให้เปลี่ยนหน่วยการวัดไฟฟ้าต่อไปนี้

1. การไฟฟ้านครหลวงส่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 22 kV ให้เปลี่ยนเป็นหน่วย V และ mV

2. ตัวต้านทาน 3 ตัวต่ออนุกรมกันคือ $R_1 = 470 \Omega$, $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$ และ $R_3 = 680 \Omega$ ให้เปลี่ยนเป็นหน่วย Ω และ $\text{k}\Omega$ เมื่อหาค่าความต้านทานรวม

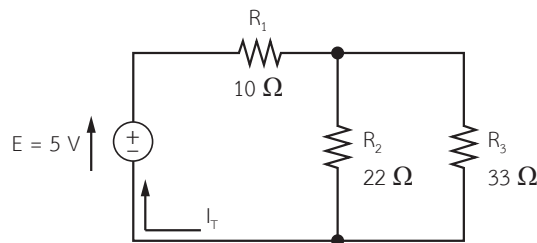
3. เตารีดไฟฟ้า 1,500 W ใช้กับแรงดันไฟฟ้า 220 V ให้หาค่ากระแสไฟฟ้าในหน่วย A และ mA

วิธีทำ

$$\begin{aligned}
 1. \text{ แรงดันไฟฟ้า } 22 \text{ kV} &= 22,000 \text{ V} \\
 &= 22,000 \times 10^3 \text{ mV} = 22,000,000 \text{ mV} \\
 &= 22 \times 10^6 \text{ mV} \\
 2. \text{ ความต้านทานรวม } R_T &= R_1 + R_2 + R_3 = 470 + 2,000 + 680 = 3,150 \Omega \\
 &= \frac{3,150}{1000} \text{ k}\Omega = 3.15 \text{ k}\Omega \\
 3. \text{ กระแสไฟฟ้า } I &= \frac{P}{V} = \frac{1,500}{220} = 6.82 \text{ A} \\
 &= 6.82 \times 10^3 \text{ mA} \\
 &= 6,820 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 1.4 จากรูปที่ 1.1 ให้คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้ารวมในหน่วย A, mA และ μA พร้อมหาค่ากำลังไฟฟ้าในหน่วย W และ mW



รูปที่ 1.1 ภาพประกอบตัวอย่างที่ 1.4

วิธีทำ

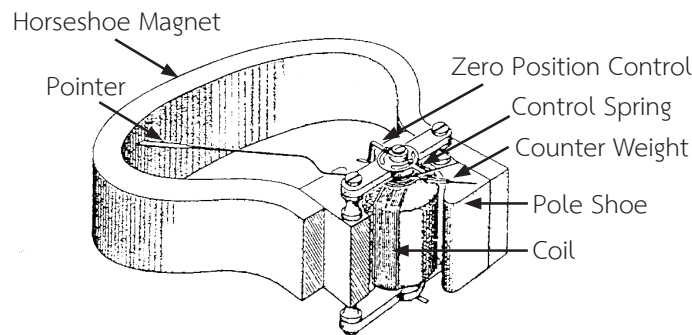
$$\begin{aligned}
 1. \text{ ความต้านทานรวม } R_T &= R_1 + (R_2 // R_3) = 10 + \frac{(22)(33)}{22 + 33} = 10 + 13.20 \\
 &= 23.20 \Omega \\
 2. \text{ กระแสไฟฟ้ารวม } I_T &= \frac{E}{R_T} = \frac{5}{23.20} = 0.216 \text{ A} \\
 &= 216 \text{ mA} = 216,000 \mu\text{A} \\
 3. \text{ กำลังไฟฟ้ารวม } P_T &= I_T^2 R_T = (0.216)^2 (23.20) = 1.08 \text{ W} \\
 &= 1,080 \text{ mW}
 \end{aligned}$$

ตอบ



เครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่

เครื่องวัดไฟฟ้ากระแสตรงที่ชี้ค่าด้วยการบายเบนเข็มชี้ ถูกพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ.1881 โดย นักวิทยาศาสตร์ที่ชื่อว่า Jacque d' Arsonval และตั้งชื่อว่า **เครื่องวัดแบบดาร์ซองวาล** ซึ่งมีหลักการ คือ จะอาศัยอำนาจแม่เหล็กถาวรผลักกับขดลวดตัวนำที่วางไว้ตรงกลางระหว่างขั้วแม่เหล็ก เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า **เครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่ (Permanent Magnet Moving Coil Instrument)** และอาจกล่าวได้ว่า เครื่องวัดไฟฟ้าเกือบทุกชนิดมีพื้นฐานมาจากเครื่องวัดแบบนี้ทั้งสิ้น



รูปที่ 1.2 โครงสร้างของเครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่

เครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่นิยมเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า **เครื่องวัดแบบมูฟวิงคอยล์ (Moving Coil Instruments)** มีโครงสร้างที่สำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนที่อยู่กับที่และส่วนที่เคลื่อนที่ได้ ดังรูปที่ 1.2 มีรายละเอียดดังนี้

แม่เหล็กเกือกม้า (Horse Shoe Magnet) เป็นแม่เหล็กถาวรที่มีความโค้ง เพื่อให้สนามแม่เหล็กมีความหนาแน่นอย่างสม่ำเสมอ

ขั้วแม่เหล็ก (Pole Shoe) ที่ขั้วของแม่เหล็กถาวรจะทำจากโลหะที่มีคุณสมบัติเป็นสารแม่เหล็กอ่อน เพื่อให้ค่าความต้านทานทางแม่เหล็กมีค่าลดต่ำลง

ขดลวด (Coil) ขดลวดตัวนำจะพันไว้บนท่อนแกนเหล็กอ่อนรูปทรงกระบอก (Soft Iron Cylindrical Core) ซึ่งวางอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็ก ขดลวดตัวนำนี้เรียกว่า **ขดลวดเคลื่อนที่หรือขดลวดหมุน (Moving Coil)**

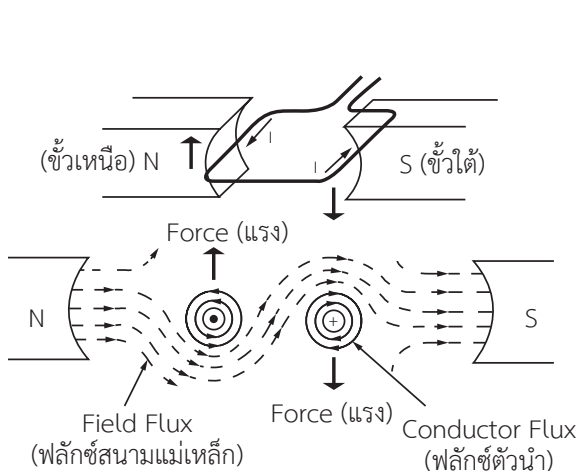
เข็มชี้ (Pointer) จะยึดติดอยู่บนแกนหมุนชุดเดียวกับขดลวดและสปริงควบคุม

สปริงควบคุม (Control Spring) เป็นสปริงกันหอย (Spiral Spring) ซึ่งยึดติดกับส่วนที่เคลื่อนที่ได้ สปริงควบคุมจะทำหน้าที่ต้านทานการเคลื่อนที่ของขดลวดและเข็มชี้ที่บายเบนไปให้สมดุลกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าขดลวดและจะดึงกลับสู่ตำแหน่งเดิมเมื่อกระแสไฟฟ้าเป็นศูนย์

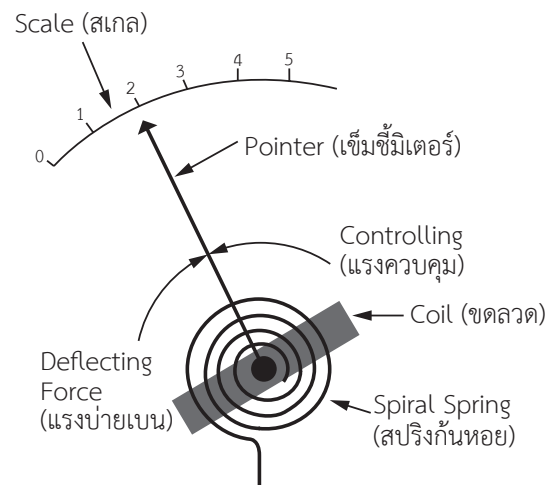
น้ำหนักหวน (Counter Weight) จะยึดติดไว้กับปลายด้านหนึ่งของเข็มชี้ เพื่อให้ระบบการเคลื่อนที่มีความสมดุล (Balance)

ปรับตั้งตำแหน่งศูนย์ (Zero Position Control) เป็นการปรับปลายของสปริงอีกด้านหนึ่งเพื่อให้เข็มชี้ที่ศูนย์ (0) บนสเกลหน้าปัด โดยจะมีสกรู (Screw) ต่อกออกมาไว้ให้ปรับที่ฝาครอบของเครื่องวัด

จากโครงสร้างที่กล่าวมาจะเห็นว่า ขดลวดจะถูกวางไว้ตรงกลางระหว่างสนามแม่เหล็ก (จากแม่เหล็กถาวร) ในส่วนของขดลวดจะถูกออกแบบให้เกิดเป็นขั้วแม่เหล็กไฟฟ้า (ขั้วเหนือ - ขั้วใต้) เมื่อมีกระแสไฟฟ้าตรงไหลผ่านเข้ามาในขดลวด และถ้าหากเป็นขั้วเหมือนกันกับขั้วของแม่เหล็กถาวรก็จะเกิดแรงผลักกันทำให้ขดลวดหมุนไปได้ ทำให้เข็มชี้ที่ยึดติดอยู่เกิดการบ่ายเบนตามไปด้วย การบ่ายเบนดังกล่าวจะมากหรือน้อยเพียงใด จะขึ้นอยู่กับแรงผลักซึ่งเกิดจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดนั่นเอง โดยมีสปริงกันหอยทำหน้าที่ควบคุมการบ่ายเบนอีกทอดหนึ่ง สำหรับทิศทางการหมุนของขดลวดหรือการบ่ายเบนของเข็มชี้สามารถอธิบายได้จากกฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง ซึ่งกล่าวได้ว่า “ให้กางนิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้และนิ้วกลางของมือซ้ายให้ตั้งฉากซึ่งกันและกัน นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวนำ นิ้วชี้จะชี้ทิศทางการเคลื่อนที่ของเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือไปยังขั้วใต้ นิ้วกลางจะชี้ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในตัวนำ” และกฎมือขวากำ “หัวแม่มือจะชี้ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในตัวนำ (ไหลออกแทนด้วยจุดไหลเข้าแทนด้วยเครื่องหมายกากบาท) และนิ้วทั้งสี่ที่กำรอบจะชี้ทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบตัวนำ



(ก) การเกิดแรงบิดบ่ายเบน



(ข) แรงบิดควบคุมเกิดจากสปริงกันหอย

รูปที่ 1.3 การเกิดแรงบิดในเครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่

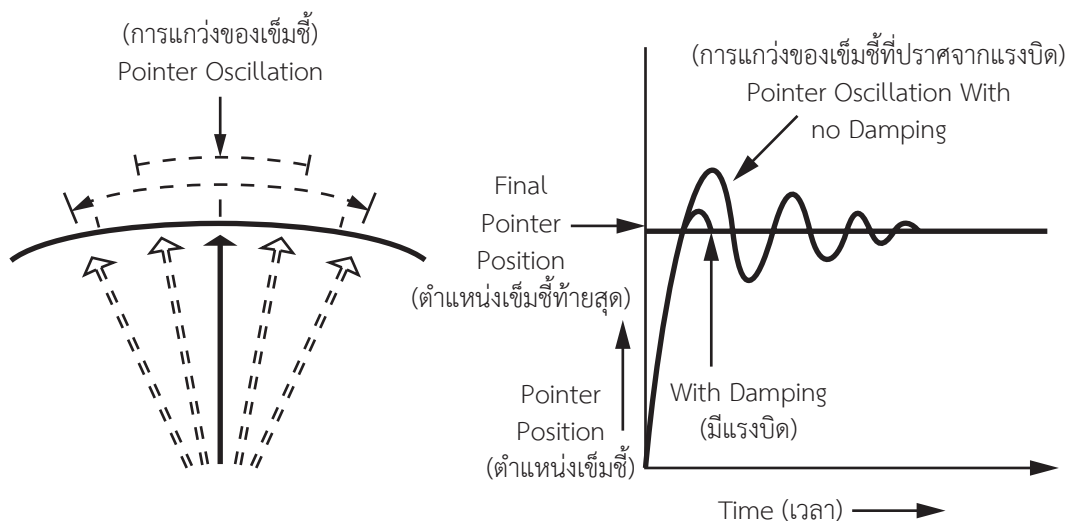


จากความสัมพันธ์ดังกล่าว สามารถอธิบายการเกิดแรงบิดได้ด้วยการกำหนดทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวด ดังรูปที่ 1.3 (ก) และทำให้ขดลวดและเข็มชี้เคลื่อนที่ไปยังเบนไปได้ สำหรับแรงบิดที่เกิดขึ้นในเครื่องวัดมี 3 ส่วน ดังนี้

แรงบิดบายเบน (Deflection Torque) คือ แรงบิดที่ทำให้เข็มชี้บายเบนไป เกิดขึ้นเนื่องจากมีกระแสไฟฟ้าตรง (Direct Current) ไหลผ่านขดลวดจนทำให้ขดลวดและเข็มชี้เคลื่อนที่ไปจากตำแหน่งปกติ กล่าวคือ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลมาก เข็มชี้จะบายเบนมาก ในทางกลับกันถ้ามีกระแสไฟฟ้าน้อย เข็มชี้ก็จะบายเบนน้อยเช่นกัน

แรงบิดควบคุม (Controlling Torque) คือ แรงบิดที่ทำให้เข็มชี้หยุดนิ่ง เกิดขึ้นเนื่องจากแรงของสปริงกันหอย กล่าวคือ สปริงกันหอยจะสร้างแรงบิดขึ้นมาด้านกับแรงบิดบายเบน ถ้าหากว่าแรงบิดควบคุมเท่ากับแรงบิดบายเบนเข็มชี้จะหยุดนิ่งดังรูปที่ 1.3 (ข)

แรงบิดหน่วง (Damping Torque) เครื่องวัดไฟฟ้าที่แสดงค่าด้วยเข็มชี้บายเบน มักจะเกิดการแกว่งของเข็มชี้ในช่วงระยะเวลาหนึ่งก่อนที่จะหยุดนิ่ง ทำให้ต้องรอรเวลานานพอสมควรจึงจะอ่านค่าได้ ดังรูปที่ 1.4 ดังนั้น เพื่อให้การแกว่งน้อยลง หรือสามารถหยุดแกว่งโดยใช้เวลาเพียงเล็กน้อย จึงต้องมีการหน่วงด้วยหลักการกระแสไฟฟ้าไหลวน (Eddy Current) โดยการติดตั้งกรอบอะลูมิเนียมเข้ากับขดลวด ดังรูปที่ 1.5 เมื่อขดลวดเคลื่อนที่ กรอบอะลูมิเนียมจะตัดกับเส้นแรงแม่เหล็กถาวรทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนกรอบอะลูมิเนียม และเกิดเป็นแรงบิดหน่วงในขณะที่เคลื่อนที่ได้ นอกจากนี้แรงเฉื่อยทางกลของขดลวดที่เคลื่อนที่ และเข็มชี้ก็มีส่วนทำให้เกิดการหน่วงด้วยเช่นกัน



รูปที่ 1.4 การแกว่งของเข็มชี้มิเตอร์