

เครื่องมือวัดไฟฟ้า

(Electrical measuring instruments)



ไวพจน์ ศรีธัญ
สาธิต ชื่นอารมย์

120.-

เครื่องมือวัดไฟฟ้า (Electrical measuring instruments)

รหัสวิชา 30104-1001

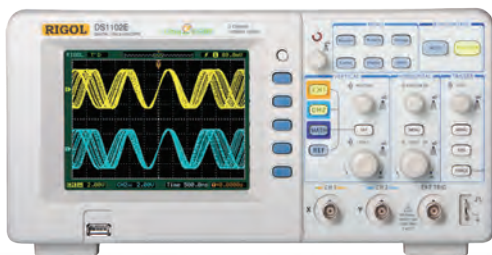
หมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพพื้นฐาน

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาไฟฟ้า

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563

และใช้ได้กับหลักสูตรปริญญาตรีและผู้ที่สนใจในงานไฟฟ้าทั่วไป

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ



เรียบเรียงโดย

ไวพจน์ ศรีธัญ

สายันต์ ชื่นอารมย์



เครื่องมือวัดไฟฟ้า

(Electrical measuring instruments)

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

ไวพจน์ ศรีธัญ.

เครื่องมือวัดไฟฟ้า.-- กรุงเทพฯ : วังอักษร, 2563.

232 หน้า.

1.เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า. I.สายันต์ ชื่นอารมย์, ผู้แต่งร่วม. II.ชื่อเรื่อง.

621.37

ISBN 978-616-495-120-4

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



พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2563

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537

โดยบริษัท วังอักษร จำกัด ห้ามนำส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ไปทำซ้ำ
ดัดแปลง หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชน ไม่ว่ารูปแบบใด ๆ นอกจากได้รับอนุญาต

เป็นลายลักษณ์อักษรล่วงหน้าจากทางบริษัทฯ เท่านั้น

ชื่อและเครื่องหมายการค้าอื่น ๆ ที่อ้างอิงในหนังสือฉบับนี้

เป็นสิทธิโดยชอบด้วยกฎหมายของเจ้าของแต่ละราย

โดยบริษัท วังอักษร จำกัด มิได้อ้างความเป็นเจ้าของแต่อย่างใด

เครื่องมือวัดไฟฟ้า

(Electrical measuring instruments)

รหัสวิชา 30104-1001

จุดประสงค์รายวิชา

เพื่อให้

1. เข้าใจหลักการของเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ
2. สามารถปฏิบัติการวัด การอ่านค่า และการนำเครื่องมือวัดไปใช้วัดค่าในวงจร
3. มีกิจนิสัยในการทำงานร่วมกับผู้อื่นด้วยความประณีต รอบคอบ และปลอดภัย

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการวัดและวิธีการวัดทางไฟฟ้า
2. เลือกวิธีการวัดและประยุกต์ใช้เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า
3. บำรุงรักษาเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติการเกี่ยวกับหน่วยวัดและเครื่องมือวัดไฟฟ้าแบบมาตรฐาน การป้องกันผลกระทบต่าง ๆ ที่เกิดผลต่อการวัดและเครื่องมือวัด ข้อกำหนดด้านความปลอดภัย ความเที่ยงตรงของการวัด การวัดแรงดัน กระแส และกำลังไฟฟ้า เครื่องมือวัดไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ และการนำไปใช้งาน การวัดค่าอิมพีแดนซ์ความถี่ต่ำและความถี่สูง การวัดแม่เหล็กทรานสดิวเซอร์ การวัดโดยใช้เทคนิคทางดิจิทัล เครื่องมือวัดไฟฟ้าแบบดิจิทัลชนิดต่าง ๆ และการใช้งาน สัญญาณรบกวน เทคนิคในการลดผลของสัญญาณรบกวน เครื่องมือวัดสัญญาณทางไฟฟ้า เทคนิค วิธีการใช้เครื่องมือวัดสัญญาณไฟฟ้า



คำนำ

วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า รหัสวิชา 30104 - 1001 จัดอยู่ในหมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพพื้นฐาน กลุ่มพื้นฐานวิชาชีพ ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาไฟฟ้า **หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563** นำเสนอเนื้อหาที่เข้าใจง่าย มีลำดับขั้นตอน มีภาพประกอบ และแบบฝึกหัดท้ายบท เพื่อให้นักศึกษาค้นคว้า และทำความเข้าใจเพิ่มเติม โดยผู้เขียนได้บริหารสาระการเรียนรู้แบ่งเป็น 10 บทเรียน และได้จัด แผนการจัดการเรียนรู้/แผนการสอนที่มุ่งเน้นฐานสมรรถนะ (Competency Based) และการบูรณาการ (Integrated) ตรงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา ในแต่ละบทเรียน มุ่งให้ความสำคัญส่วนที่เป็นความรู้ ทักษะ 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) เหนือสิ่งอื่นใด เป็นคนดีทั้งกาย 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

ไวพจน์ ศรีธัญ
สายัณต์ ชื่นอารมย์

สารบัญ

บทที่ 1 ความรู้ทั่วไปของการวัดและเครื่องมือวัดไฟฟ้า 1

บทนำ	3
หน่วยวัด	3
เครื่องมือวัดไฟฟ้าแบบมาตรฐาน	6
การป้องกันผลกระทบต่าง ๆ ที่เกิดต่อการวัด และเครื่องมือวัด	9
ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยและการดูแลบำรุงรักษา เครื่องมือวัดไฟฟ้า	13
การวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า	14
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	16
ใบงานที่ 1.1 การเปลี่ยนหน่วยวัดทางไฟฟ้า	19
ใบงานที่ 1.2 นิยามค่าศัพท์และฟังก์ชันเครื่องวัดไฟฟ้า	20



บทที่ 2 เครื่องวัดไฟฟ้ากระแสตรง 21

บทนำ	23
เครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่	23
แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	25
โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	34
กัลวานอมิเตอร์	41
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	42
ใบงานที่ 2.1 ดิจิแอมมิเตอร์	47
ใบงานที่ 2.2 ดิจิโวลต์มิเตอร์	49

บทที่ 3 เครื่องวัดไฟฟ้ากระแสสลับ 51

บทนำ	53
เครื่องวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้า	53
เครื่องวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์	56



แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	60
ใบงานที่ 3.1 เอซีแอมมิเตอร์	62
ใบงานที่ 3.2 เอซีโวลต์มิเตอร์	64

บทที่ 4 โอห์มมิเตอร์

66

บทนำ	68
โอห์มมิเตอร์แบบอนุกรม	69
โอห์มมิเตอร์แบบขนาน	73
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	77
ใบงานที่ 4.1 โอห์มมิเตอร์	81



บทที่ 5 เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า

83

กำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	85
วัตต์มิเตอร์ (Wattmeter)	86
เพาเวอร์แฟกเตอร์มิเตอร์ (Power Factor Meter)	89
วาร์มิเตอร์ (Varmeter)	91
กิโลวัตต์ - ชั่วโมง มิเตอร์ (Kilowatt - Hour Meter ; kWh)	91
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	94
ใบงานที่ 5.1 เครื่องวัดค่ากำลังไฟฟ้า	97
ใบงานที่ 5.2 เครื่องวัดค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์	100



บทที่ 6 เครื่องวัดไฟฟ้าเฉพาะงาน

103

บทนำ	105
แคลมป์มิเตอร์ (Clamp Meter)	105
หม้อแปลงไฟฟ้าประกอบเครื่องวัดไฟฟ้า (Instrument Transformer)	110
เครื่องวัดความถี่ (Frequency Meter)	112
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	114



ใบงานที่ 6.1 เครื่องวัดไฟฟ้าเฉพาะงาน	117
ใบงานที่ 6.2 การใช้งานแคลมป์มิเตอร์	118
ใบงานที่ 6.3 การใช้งานเครื่องวัดความถี่	120

บทที่ 7 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์

122



ความหมายของดิจิตอลมัลติมิเตอร์	124
ส่วนประกอบดิจิตอลมัลติมิเตอร์	125
การใช้งานดิจิตอลมัลติมิเตอร์	126
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	130
ใบงานที่ 7.1 การใช้งานของดิจิตอลมัลติมิเตอร์	133

บทที่ 8 เครื่องกำเนิดสัญญาณ

139

ความรู้พื้นฐานของสัญญาณไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	141
เครื่องกำเนิดสัญญาณแบบหลายคลื่น	143
เครื่องกำเนิดความถี่เสียง	143
เครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์	144
เครื่องกำเนิดความถี่วิทยุ	145
เครื่องกำเนิดสัญญาณกวาด	146
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	148
ใบงานที่ 8.1 การใช้งานเครื่องกำเนิดสัญญาณ	151

บทที่ 9 ออสซิลโลสโคป

153



บทนำ	155
โครงสร้างของออสซิลโลสโคป	156
การเกิดภาพบนจอหลอดแคโทดเรย์	158
หลอดแคโทดเรย์	159
โพรบ (Probe)	161
ปุ่มปรับและฟังก์ชันสวิตช์ของออสซิลโลสโคป	163
การใช้งานของออสซิลโลสโคป	169
ข้อควรจำและการบำรุงรักษาออสซิลโลสโคป	176



แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	178
ใบงานที่ 9.1 การใช้สก็ชิลโลสโคปวัดแรงดันไฟฟ้าและความถี่	182
ใบงานที่ 9.2 การวัดความถี่ของสัญญาณไซน์ด้วยวิธีลิตซ์จาวส์	187

บทที่ 10 เรื่องอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องวัดไฟฟ้า 189



การวัดแม่เหล็กทรานสดิวเซอร์	191
สัญญาณรบกวน	192
การวัดค่าอิมพีแดนซ์	200
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	206
ใบงานที่ 10.1 การวัดอิมพีแดนซ์ของลำโพง	209
ใบงานที่ 10.2 การลดสัญญาณรบกวนให้กับระบบไฟฟ้า	210
ใบงานที่ 10.3 การวัดอิมพีแดนซ์ความถี่ต่ำ	211
ใบงานที่ 10.4 การวัดอิมพีแดนซ์ความถี่สูง	212

คำถามเพื่อการทบทวน 214

คำศัพท์ 219

บรรณานุกรม 224





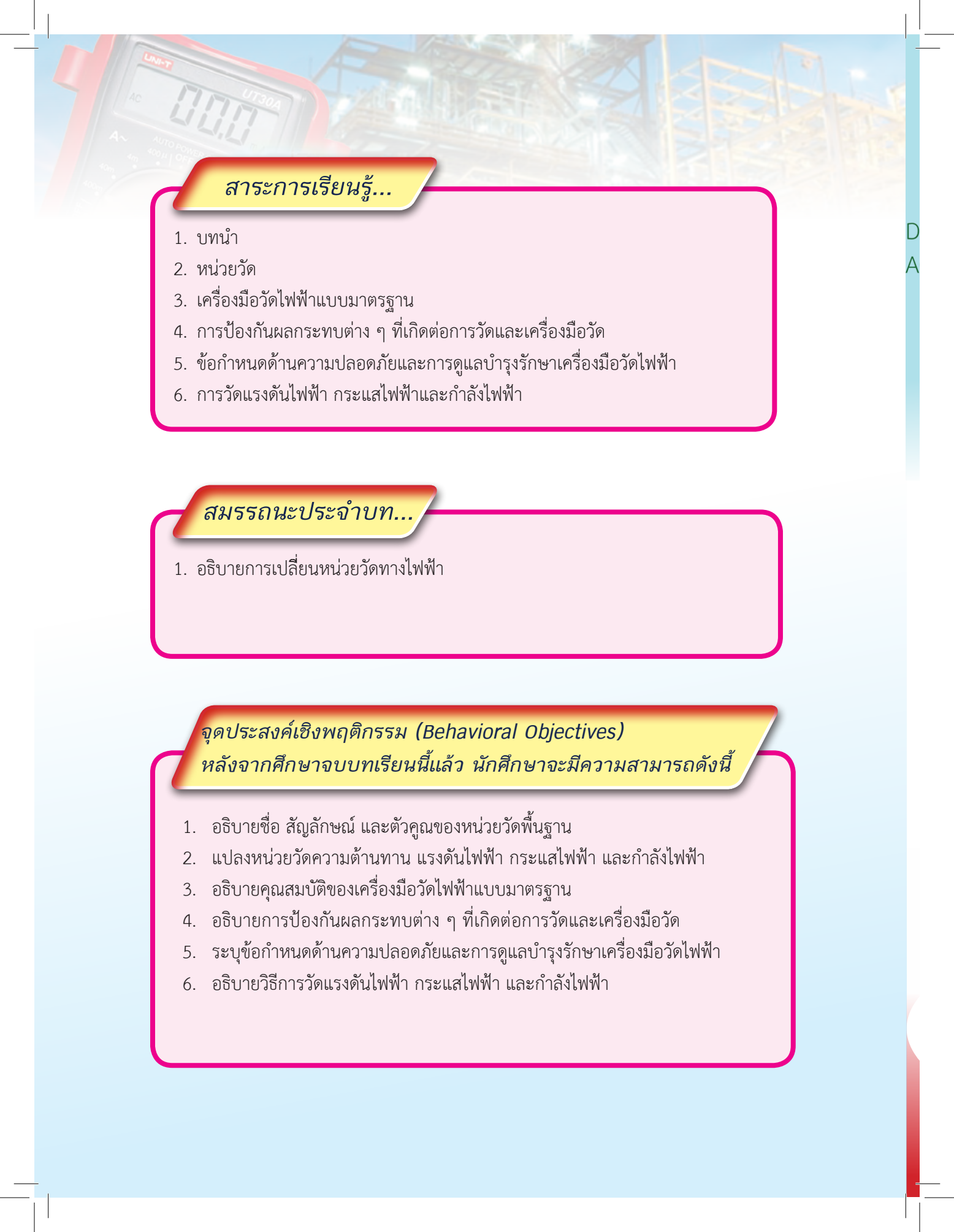
บทที่...

1

ความรู้ทั่วไปของการวัด และเครื่องมือวัดไฟฟ้า

แนวคิด...

ปริมาณของไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในวงจรไฟฟ้าจะไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือวัดไฟฟ้าทำการทดสอบและตรวจสอบระบบว่าปริมาณไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนั้นมีมากหรือน้อยเพียงใด เพราะปริมาณไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในวงจรไฟฟ้าจะต้องมีขนาดเหมาะสมและถูกต้อง ไม่เช่นนั้นระบบไฟฟ้าจะไม่สามารถทำงานได้ ซึ่งเครื่องมือวัดไฟฟ้าพื้นฐาน ได้แก่ แอมมิเตอร์ (วัดค่ากระแสไฟฟ้า) โอห์มมิเตอร์ (วัดค่าความต้านทาน) โวลต์มิเตอร์ (วัดค่าแรงดันไฟฟ้า) เป็นต้น



สาระการเรียนรู้...

1. บทนำ
2. หน่วยวัด
3. เครื่องมือวัดไฟฟ้าแบบมาตรฐาน
4. การป้องกันผลกระทบต่าง ๆ ที่เกิดต่อการวัดและเครื่องมือวัด
5. ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยและการดูแลบำรุงรักษาเครื่องมือวัดไฟฟ้า
6. การวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า

สมรรถนะประจำบท...

1. อธิบายการเปลี่ยนหน่วยวัดทางไฟฟ้า

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

หลังจากศึกษาจบบทเรียนนี้แล้ว นักศึกษาจะมีความสามารถดังนี้

1. อธิบายชื่อ สัญลักษณ์ และตัวคูณของหน่วยวัดพื้นฐาน
2. แปลงหน่วยวัดความต้านทาน แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า
3. อธิบายคุณสมบัติของเครื่องมือวัดไฟฟ้าแบบมาตรฐาน
4. อธิบายการป้องกันผลกระทบต่าง ๆ ที่เกิดต่อการวัดและเครื่องมือวัด
5. ระบุข้อกำหนดด้านความปลอดภัยและการดูแลบำรุงรักษาเครื่องมือวัดไฟฟ้า
6. อธิบายวิธีการวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า



ความรู้ทั่วไปของการวัด และเครื่องมือวัดไฟฟ้า

บทที่

1



บทนำ

ปริมาณทางไฟฟ้าที่ปรากฏอยู่ในวงจรไฟฟ้า ไม่สามารถเห็นได้ด้วยตา จำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า (Electrical Instrument) เข้ามาช่วยแก้ปัญหา เช่น ใช้แอมมิเตอร์ (Ammeter) วัดค่ากระแสไฟฟ้า นำโอห์มมิเตอร์ (Ohmmeter) วัดค่าความต้านทาน นำโวลต์มิเตอร์ (Voltmeter) วัดค่าแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า เป็นต้น หมายความว่า การวัดปริมาณทางไฟฟ้าจะต้องใช้เครื่องมือวัดให้ถูกต้องและเหมาะสมกับปริมาณไฟฟ้านั้น ๆ



หน่วยวัด

หน่วยวัดที่ใช้กันโดยทั่วไป เขียนแทนด้วยระบบเลขฐานสิบ (Decimal System) ส่วนตัวคูณจะแทนด้วยเลขยกกำลัง ดังตารางที่ 1.1



ตารางที่ 1.1 ชื่อ สัญลักษณ์และตัวคูณของหน่วยวัดพื้นฐาน

ชื่อ	สัญลักษณ์	ตัวคูณ
อัตโต (Atto)	a	10^{-18}
เฟมโต (Femto)	f	10^{-15}
พิโก (Pico)	p	10^{-12}
นาโน (Nano)	n	10^{-9}
ไมโคร (Micro)	μ	10^{-6}
มิลลิ (Milli)	m	10^{-3}
กิโล (Kilo)	k	10^3
เมกะ (Mega)	M	10^6
จิกะ (Giga)	G	10^9
เทอระ (Tera)	T	10^{12}

เนื่องจากปริมาณทางไฟฟ้ามีทั้งปริมาณต่ำและปริมาณสูง จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงหน่วยวัดเพื่อความเหมาะสมในการคิดคำนวณ กล่าวคือ เมื่อเปลี่ยนจากหน่วยใหญ่เป็นหน่วยเล็ก ภายหลังที่เปลี่ยนแปลงแล้วจะมีตัวเลขที่มากขึ้น และเมื่อเปลี่ยนจากหน่วยเล็กเป็นหน่วยใหญ่ ภายหลังที่เปลี่ยนแปลงแล้วจะมีตัวเลขที่น้อยลงเป็นจุดทศนิยมหรือเป็นเลขยกกำลังที่ตัวชี้กำลังมีค่าติดลบ

1. หน่วยวัดค่าความต้านทาน

$$\begin{aligned}
 1 \text{ M}\Omega &= 1,000,000 \Omega = 1,000 \text{ k}\Omega \\
 1 \text{ k}\Omega &= 1,000 \Omega = 1,000,000 \text{ m}\Omega \\
 1 \Omega &= 1,000 \text{ m}\Omega = 1,000,000 \mu\Omega \\
 1 \text{ m}\Omega &= 1,000 \mu\Omega
 \end{aligned}$$

เช่น ค่าความต้านทาน $4.7 \text{ k}\Omega$ เมื่อแปลงเป็นหน่วยโอห์ม จะได้เท่ากับ $4,700 \Omega$ หรือค่าความต้านทาน $20 \text{ M}\Omega$ เมื่อแปลงเป็นหน่วยโอห์ม จะได้เท่ากับ $20 \times 10^6 = 20,000,000 \Omega$ เป็นต้น

2. หน่วยวัดค่าแรงดันไฟฟ้า

$$\begin{aligned}
 1 \text{ MV} &= 1,000,000 \text{ V} = 1,000 \text{ kV} \\
 1 \text{ kV} &= 1,000 \text{ V} = 1,000,000 \text{ mV} \\
 1 \text{ V} &= 1,000 \text{ mV} = 1,000,000 \mu\text{V} \\
 1 \text{ mV} &= 1,000 \mu\text{V}
 \end{aligned}$$



เช่น แบตเตอรี่ขนาด 9 V เมื่อแปลงเป็นหน่วยมิลลิโวลต์ จะได้เท่ากับ 9,000 mV หรือแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 20,000 V เมื่อแปลงเป็นหน่วยกิโลโวลต์ จะได้เท่ากับ 20 kV เป็นต้น

3. หน่วยวัดค่ากระแสไฟฟ้า

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

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

$$1 \text{ }\mu\text{A} = 1,000 \text{ nA}$$

เช่น กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ 9 V มีค่า 2.5 A เมื่อแปลงเป็นมิลลิแอมแปร์ จะได้เท่ากับ 2,500 mA หรือกระแสไฟฟ้า 75 A เมื่อแปลงเป็นไมโครแอมแปร์ จะได้เท่ากับ 75,000,000 μA เป็นต้น

4. หน่วยวัดค่ากำลังไฟฟ้า

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

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

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

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

เช่น กำลังไฟฟ้า 50 MW เมื่อแปลงเป็นหน่วยวัตต์ จะได้เท่ากับ 50,000,000 W หรือกำลังไฟฟ้า 7 W เมื่อแปลงเป็นหน่วยมิลลิวัตต์จะได้เท่ากับ 7,000 mW เป็นต้น

ตัวอย่างที่ 1.1 จงเปลี่ยนหน่วยการวัดต่อไปนี้

1. 5.28 Ω เปลี่ยนเป็นหน่วย m Ω และ $\mu\Omega$
2. 63.54 kW เปลี่ยนเป็นหน่วย W และ mW
3. 380 V เปลี่ยนเป็น kV และ mV
4. 100 mA เปลี่ยนเป็น μA และ A

วิธีทำ

1. $1 \text{ }\Omega = 1,000 \text{ m}\Omega$
 $5.28 \text{ }\Omega = 5.28 \times 1,000 \text{ m}\Omega$
 $= 5,280 \text{ m}\Omega$
 $1 \text{ m}\Omega = 1,000 \text{ }\mu\Omega$
 $5,280 \text{ m}\Omega = 5,280 \times 1,000 \text{ }\mu\Omega$
 $= 5,280,000 \text{ }\mu\Omega$
 $\therefore 5.28 \text{ }\Omega = 5,280 \text{ m}\Omega = 5,280,000 \text{ }\mu\Omega$



2. $1 \text{ kW} = 1,000 \text{ W}$
 $63.54 \text{ kW} = 63.54 \times 1,000 \text{ W}$
 $= 63,540 \text{ W}$
 $1 \text{ W} = 1,000 \text{ mW}$
 $63,540 \text{ W} = 63,540 \times 1,000 \text{ mW}$
 $= 63,540,000 \text{ mW}$
 $\therefore 63.54 \text{ kW} = 63,540 \text{ W} = 63,540,000 \text{ mW}$
3. $1,000 \text{ mA} = 1 \text{ A}$
 $100 \text{ mA} = \frac{100}{1,000} \text{ A} = 0.1 \text{ A}$
 $1 \text{ mA} = 1,000 \mu\text{A}$
 $100 \text{ mA} = 100 \times 1,000 \mu\text{A}$
 $= 100,000 \mu\text{A}$
 $\therefore 100 \text{ mA} = 100,000 \mu\text{A} = 0.1 \text{ A}$

ตอบ



เครื่องมือวัดไฟฟ้าแบบมาตรฐาน

เครื่องมือวัดไฟฟ้าทั่วไปจะใช้หลักการทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์รวมกันเรียกว่า **เครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Electrical and Electronics Instrument)** เช่น มิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้า กระแสสลับ จะมีส่วนประกอบของไดโอดเข้ามาเกี่ยวข้อง เป็นต้น

เมื่อเทคโนโลยีเจริญก้าวหน้า ความต้องการเครื่องมือวัดไฟฟ้าแบบมาตรฐานจึงเพิ่มขึ้น เพราะต้องการวัดค่าละเอียดและเที่ยงตรงยิ่งขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์เครื่องมือวัดไฟฟ้าใหม่ ๆ ถูกพัฒนาทั้งรูปแบบและการใช้งานอย่างกว้างขวางมากขึ้น ซึ่งรายละเอียดเครื่องมือวัดไฟฟ้าแบบมาตรฐาน มีดังต่อไปนี้

ความถูกต้อง (Accuracy) หมายถึง ค่าที่วัดได้จากเครื่องมือวัดใกล้เคียงกับค่าจริงมากเพียงใด โดยจะบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเต็มสเกล (Full Scale) ตัวอย่างเช่น โวลต์มิเตอร์มีสเกลอ่านได้สูงสุด 10 V และระบุความถูกต้องเท่ากับ $\pm 1\%$ หมายความว่า จะมีโอกาสผิดพลาดเท่ากับ $\pm (0.01 \times 10) = \pm 0.1 \text{ V}$ (ตลอดย่านวัด) นอกจากนี้ ความถูกต้องอาจเรียกเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาณที่วัด เช่น $\pm 3\%$ หมายความว่า ค่าที่ระบุไว้ในเครื่องมือวัดเป็นเพียงการประกันว่าจะมีค่าอยู่ระหว่าง $\pm 3\%$ ของค่าจริง ดังนั้น ถ้าเครื่องมือวัดชี้ค่าที่ 10 A ค่าจริง จะอยู่ระหว่าง $\pm 3\%$ ของ 10 A หรือเท่ากับ $\pm 0.3 \text{ A}$



ความเที่ยงตรง (Precision) เป็นการอธิบายถึงผลที่เกิดจากการวัด หมายถึง ค่าที่วัดได้แต่ละครั้งใกล้เคียงกันมากเพียงใด เมื่อทำการวัดตัวแปรเดียวกันซ้ำกันหลายครั้ง ความเที่ยงตรงจะเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของเครื่องวัด ดังนั้น เครื่องวัดที่มีความเที่ยงตรงสูงผลการวัดแต่ละครั้งจะแตกต่างกันน้อยมาก

ความไว (Sensitivity) ความไวในการวัด หมายถึง ความสามารถในการตอบสนองสัญญาณที่ป้อนเข้าไป เครื่องวัดที่มีความไวสูงจึงมีประสิทธิภาพ (Efficiency) ดีกว่าและราคาก็แพงกว่าด้วย ความไวจะมีค่าเป็นส่วนกลับของกระแสไฟฟ้าที่ทำให้เข็มชี้ป้ายเบนเต็มสเกล (Full Scale Current ; I_{FS}) มีหน่วยเป็นโอห์มต่อโวลต์ (Ω/V)

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

และเมื่อทราบค่าความไวก็จะสามารถคำนวณหาค่าความต้านทานภายใน (Internal Resistance) ของเครื่องวัดย่านวัดใด ๆ ได้ดังนี้

$$R_T = \text{แรงดันไฟฟ้าเต็มสเกล} \times \text{ความไว} \quad \dots\dots\dots (1.2)$$

$$\text{เมื่อ } R_T = \text{ความต้านทานภายในของแต่ละย่านวัด}$$

ตัวอย่างที่ 1.2 มิเตอร์มูฟเมนต์เครื่องหนึ่ง เข็มชี้จะป้ายเบนเต็มสเกลพอดี ถ้าหากมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน $50 \mu A$

1. จงคำนวณหาความไวของมิเตอร์
2. ถ้าหากมีย่านวัดแรงดันไฟฟ้าได้สูงสุดเท่ากับ $100 V_{dc}$ จะมีค่าความต้านทานภายในเท่าไร

วิธีทำ

$$\begin{aligned} 1. \text{ ความไว} &= \frac{1}{I_{FS}} \\ &= \frac{1}{50 \times 10^{-6} A} \end{aligned}$$

$$= 20 \text{ k}\Omega/V$$

$$\begin{aligned} 2. R_T &= \text{แรงดันไฟฟ้าเต็มสเกล} \times \text{ความไว} \\ &= 100 V \times 20,000 \Omega/V \\ &= 2 \text{ M}\Omega \end{aligned}$$

นั่นคือ ที่ย่านวัด $100 V_{dc}$ จะมีค่าความต้านทานภายใน $2 \text{ M}\Omega$

ตอบ



ความสามารถแยกแยะ (Resolution) หมายถึง ความสามารถของเครื่องวัดที่รับรู้ถึงสภาวะการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่กำลังวัดในขณะนั้น ตัวอย่างเช่น สเกล 100 V ของเครื่องวัดแบบแอนะล็อก (Analog Instruments) สามารถระบุความเที่ยงตรงได้เท่ากับ 10 mV หมายความว่า ค่าแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปต่ำสุดเพียงแค่ 10 mV เครื่องวัดก็สามารถแยกแยะและรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้

ความคลาดเคลื่อน (Error) หมายถึง ค่าที่ผิดพลาดหรือเบี่ยงเบน (Deviation) ไปจากค่าที่ถูกต้องตามความเป็นจริง

ย่านวัด (Range) หมายถึง ย่านวัดหรือขอบเขตที่สามารถอ่านค่าวัดได้

อิมพีแดนซ์อินพุต (Input Impedance) หมายถึง อิมพีแดนซ์ที่อยู่ระหว่างขั้วอินพุตในเครื่องวัด ซึ่งมีความสำคัญมากในเรื่องผลกระทบจากการโหลด เครื่องวัดที่มีอิมพีแดนซ์อินพุตต่ำ จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนจากการโหลดของเครื่องวัด ดังนั้น การใช้เครื่องวัดที่มีอิมพีแดนซ์อินพุตสูงกว่าจึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด ซึ่งเครื่องวัดที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงได้นั้น บางครั้งเรียกว่า **รีซิสแตนซ์อินพุต (Input Resistance)**

การปรับแต่ง (Calibrated) หมายถึง การพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณที่วัดกับตำแหน่งที่สัมพันธ์กันของดัชนีในเครื่องวัด

คลาสของเครื่องวัด (Class) บอกถึงเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (ค่าความคลาดเคลื่อน) ของการวัดในแต่ละย่านการวัด ซึ่งคลาส หมายถึง ค่าคุณภาพและประสิทธิภาพของเครื่องวัดไฟฟ้า เช่น คลาส 0.1, คลาส 0.2 และคลาส 0.5 เป็นเครื่องมือวัดที่มีความถูกต้องในการวัดสูง ส่วนใหญ่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ส่วนคลาส 1, คลาส 1.5, คลาส 2.5 และคลาส 5 เป็นเครื่องวัดคุณภาพปานกลาง เหมาะกับการใช้งานโดยทั่วไป เป็นต้น

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

ตัวอย่างที่ 1.3 โวลต์มิเตอร์คลาส 1.5 มีย่านการวัด 2 ย่าน คือ 100 V กับ 500 V นำไปวัดค่าแรงดันไฟฟ้า 100 V จากแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า จงหาขนาดเข็มชี้มิเตอร์ที่แสดงค่า

วิธีทำ

1. เมื่อใช้ย่านวัด 100 V

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



นั่นคือ เข็มชี้มิเตอร์แสดงค่าระหว่าง $100 \text{ V} \pm 1.5 \text{ V}$

ซึ่งมีค่าระหว่าง 98.50 V ถึง 101.50 V

2. เมื่อใช้ย่านวัด 500 V

$$\begin{aligned}\text{ความผิดพลาดย่านการวัด } 500 \text{ V} &= \frac{(\text{ย่านการวัด}) (\text{คลาส})}{100} \\ &= \frac{(500) (1.5)}{100} \\ &= \pm 7.5 \text{ V}\end{aligned}$$

นั่นคือ เข็มชี้มิเตอร์แสดงค่าระหว่าง $500 \text{ V} \pm 7.5 \text{ V}$

ซึ่งมีค่าระหว่าง 492.50 V ถึง 507.50 V

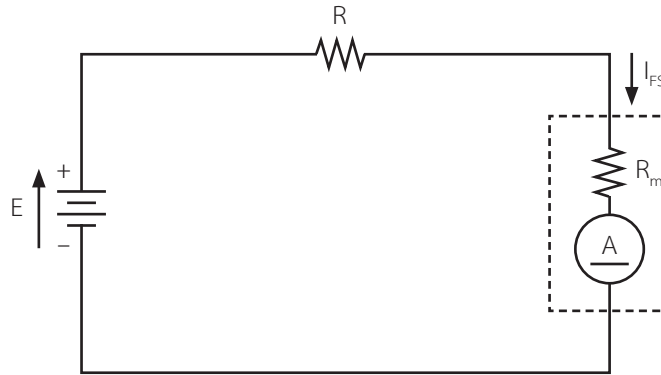
ตอบ



การป้องกันผลกระทบต่าง ๆ ที่เกิดต่อการวัดและเครื่องมือวัด

เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า จะมีค่าความต้านทานภายในอยู่จำนวนหนึ่ง เมื่อนำไปต่อวัดในวงจร จะส่งผลกระทบต่อการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร ลักษณะดังกล่าวเรียกว่า **ผลการโหลด (Loading Effect)** แม้กระทั่งเครื่องวัดตัวเดียวกันแต่มีหลายย่านวัด ก็ย่อมมีค่าความต้านทานภายในที่ต่างกันด้วย ดังนั้น เมื่อนำไปวัดจะต้องตั้งย่านวัดให้เหมาะสมกับปริมาณที่กำลังวัด นอกจากนี้ จะต้องเลือกใช้เครื่องวัดที่มีความไวสูง (High Sensitivity ; Sen) หรือมีค่าโอห์มต่อโวลต์ (Ω/V) สูง ๆ จะช่วยลดผลของการโหลดดังกล่าวได้

1. แอมมิเตอร์โหลดติง (Ammeter Loading) การวัดกระแสไฟฟ้าด้วยแอมมิเตอร์ มิลลิแอมมิเตอร์ หรือไมโครแอมมิเตอร์จะต้องต่ออนุกรม (Series Connection) กับวงจร เนื่องจากภายในมีค่าความต้านทานต่ำมาก ดังนั้น จึงห้ามนำไปต่อขนานกับแหล่งจ่ายใด ๆ โดยปราศจากโหลดเพราะจะทำให้แอมมิเตอร์เสียหาย เนื่องจากจะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านแอมมิเตอร์จำนวนมากเกินไปนั่นเอง การที่นำแอมมิเตอร์ต่ออนุกรมเข้ากับวงจรและทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจรมีค่าลดลงจะเรียกว่า **แอมมิเตอร์โหลดติง** หรือ **ผลการโหลดของแอมมิเตอร์ (Ammeter Loading Effect)**



รูปที่ 1.1 ผลจากแอมมิเตอร์โหลดดึง

ผลจากการเกิดแอมมิเตอร์โหลดดึง พิจารณาจากรูปที่ 1.1 เมื่อ R_m คือ ค่าความต้านทานภายในของแอมมิเตอร์ ซึ่งเป็นการต่อแบบอนุกรม ผลการวัดจะให้ความคลาดเคลื่อนน้อยมาก ถ้าหากว่าความต้านทานภายในของแอมมิเตอร์มีค่าน้อยกว่า R ($R_m \ll R$) ในทางตรงข้าม ถ้าหากแอมมิเตอร์มีความต้านทานภายในสูง ก็จะกลายเป็นโหลดของวงจรและจะส่งผลทำให้การวัดเกิดความคลาดเคลื่อนสูง

2. โวลต์มิเตอร์โหลดดึง (Voltmeter Loading) การวัดแรงดันไฟฟ้าของโวลต์มิเตอร์จะต้องต่อขนาน (Parallel Connection) เข้ากับวงจร เนื่องจากโวลต์มิเตอร์มีค่าความต้านทานสูง ถ้าหากนำไปวัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม (Voltage Drop) ความต้านทานที่มีค่าสูงหรือใกล้เคียงกับความต้านทานภายในของโวลต์มิเตอร์ จะทำให้ความต้านทานที่จุดวัดมีค่าลดต่ำลง ส่งผลให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านโวลต์มิเตอร์ใกล้เคียงกับที่ไหลผ่านโหลด นั่นคือ เครื่องวัดจะกลายเป็นโหลดของวงจรด้วย ลักษณะนี้เรียกว่า **โวลต์มิเตอร์โหลดดึง** หรือ **ผลการโหลดของโวลต์มิเตอร์ (Voltmeter Loading Effect)** เพื่อเป็นการป้องกันผลของการโหลดดังกล่าว จึงควรเลือกใช้โวลต์มิเตอร์ที่มีค่าความต้านทานภายในสูง ๆ มากกว่าความต้านทานของวงจรจุดที่กำลังวัด อย่างไรก็ตาม ความคลาดเคลื่อนของการวัดอาจเกิดขึ้นได้เนื่องจากสาเหตุ 2 ประการดังต่อไปนี้

2.1 ค่าความไว (Sen) ของโวลต์มิเตอร์ เนื่องจากเครื่องวัดที่มีความไวสูงจะทำให้ Input Impedance สูงขึ้น จึงช่วยลดผลของการโหลดให้ลดลงได้

$$R_T = E_{\text{range}} \times \text{Sen} \quad \dots\dots\dots (1.4)$$

เมื่อ R_T = ความต้านทานรวมของย่านที่ตั้งหรือค่า Input Impedance

E_{range} = ย่านแรงดันไฟฟ้าเต็มสเกล

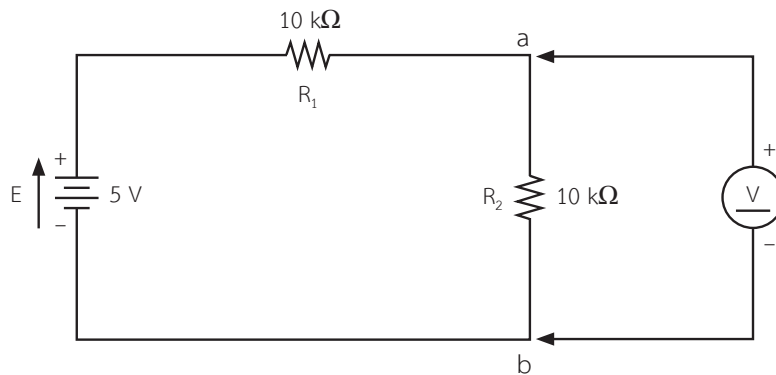
Sen = ความไวของโวลต์มิเตอร์

2.2 การตั้งย่านวัดที่ไม่เหมาะสม



ตัวอย่างที่ 1.4 จงเปรียบเทียบผลการวัดแรงดันไฟฟ้าเป็นเปอร์เซ็นต์จากวงจรดังรูปที่ 1.2

1. เมื่อโวลต์มิเตอร์มีความไว $10 \text{ k}\Omega/\text{V}$ ตั้งย่านวัดที่ 5 V
2. เมื่อโวลต์มิเตอร์มีความไว $20 \text{ k}\Omega/\text{V}$ ตั้งย่านวัดที่ 5 V
3. เมื่อโวลต์มิเตอร์มีความไว $10 \text{ k}\Omega/\text{V}$ ตั้งย่านวัดที่ 20 V



รูปที่ 1.2 ภาพประกอบตัวอย่างที่ 1.4

วิธีทำ จากวงจรแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_2 จะมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม R_1 คือ 2.5 V

1. ความต้านทานรวม คือ

$$\begin{aligned} R_T &= E_{\text{range}} \times \text{Sen} \\ &= 5 \text{ V} \times 10 \times 10^3 \Omega/\text{V} \\ &= 50 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

ความต้านทานรวมที่จุด a - b คือ

$$\begin{aligned} R_{ab} &= R_2 // R_T \\ &= \frac{10 \text{ k}\Omega \times 50 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega + 50 \text{ k}\Omega} \\ &= 8.33 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมจุด a - b คือ

$$\begin{aligned} V_{ab} &= \frac{E}{R_1 + R_{ab}} \times R_{ab} \\ &= \frac{5 \text{ V}}{10 \text{ k}\Omega + 8.33 \text{ k}\Omega} \times 8.33 \text{ k}\Omega \\ &= 2.27 \text{ V} \end{aligned}$$