เครื่องมือวัด
และ
วงจรไฟฟ้า

Instrumentation and Electrical Circuits

ไวพจน์ ศรีธัญ และคณะ

เครื่องมือวัดและวงจรไฟฟ้า

(Instrument and Electrical Circuits)

รหัสวิชา 30104-0002

รายวิชาปรับพื้นฐานวิชาชีพ

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาไฟฟ้า

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช 2563

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ

เรียบเรียงโดย

ไวพจน์ ศรีธัญ

วีรธรรม ไชยยงค์

นิตยา ลำทอง

สายัณต์ ชื่นอารมย์

เครื่องมือวัดและวงจรไฟฟ้า
(Instrumentation and Electrical Circuits)

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับหลักการทำงานของเครื่องมือวัดกระแส แรงดัน ความต้านทาน กำลังไฟฟ้า มัลติมิเตอร์และออสซิลโลสโคป กฎของโอห์ม กำลังไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้า การต่อวงจรความต้านทานแบบต่าง ๆ กฎของเคอร์ชอฟฟ์ การกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ เฟสและเฟสเซอร์ไดอะแกรม ปริมาณเชิงซ้อน วงจร R-L-C แบบต่าง ๆ เพาเวอร์แฟคเตอร์ การใช้เครื่องมือวัดชนิดต่าง ๆ ต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรง กระแสสลับและวัดหาค่าต่าง ๆ ของวงจร คำนวณค่าพารามิเตอร์ในวงจรไฟฟ้า

พิมพ์ครั้งที่ 1 *พ.ศ. 2563*

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ
National Library of Thailand Cataloging in Publication Data
สายัณต์ ชื่นอารมณ์.
เครื่องมือวัดและวงจรไฟฟ้า.-- กรุงเทพฯ : วังอักษร, 2563.
300 หน้า.
1. วงจรไฟฟ้า. I. ชื่อเรื่อง.
621.3192
ISBN 978-616-211-914-9

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดย...

บริษัท วังอักษร จำกัด
69/3 ถนนอรุณอมรินทร์ แขวงวัดอรุณ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพฯ 10600
โทร. 0-2472-3293-5 โทรสาร 0-2891-0742 Mobile : 08-8585-1521
Facebook : สำนักพิมพ์ วังอักษร e-Mail :wangaksorn9@gmail.com
http://www.wangaksorn.com ID Line : @wangaksorn

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537
โดยบริษัทวังอักษร จำกัด ห้ามนำส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ไปทำซ้ำ
ดัดแปลง หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชน ไม่ว่ารูปแบบใด ๆ นอกจากได้รับอนุญาต
เป็นลายลักษณ์อักษรล่วงหน้าจากทางบริษัทฯ เท่านั้น
ชื่อและเครื่องหมายการค้าอื่น ๆ ที่อ้างอิงในหนังสือฉบับนี้
เป็นสิทธิโดยชอบด้วยกฎหมายของเจ้าของแต่ละราย
โดยบริษัทวังอักษร จำกัด มิได้อ้างความเป็นเจ้าของแต่อย่างใด

คำนำ

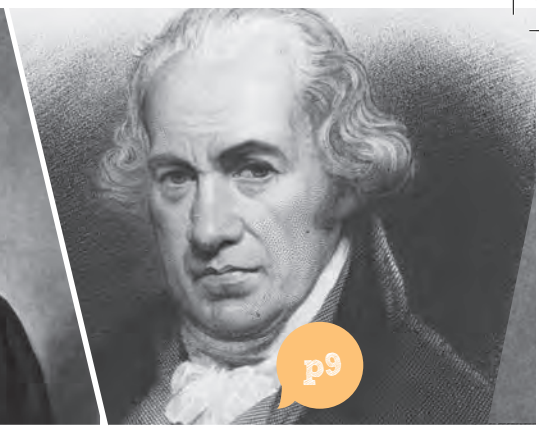
วิชาเครื่องมือวัดและวงจรไฟฟ้า รหัสวิชา **30104-0002** จัดอยู่ในรายวิชาปรับพื้นฐานวิชาชีพ ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาไฟฟ้า **ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช 2563** สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ ผู้เขียนได้บริหารสาระการเรียนรู้แบ่งเป็น 15 บทเรียน **ได้จัดแผนการจัดการเรียนรู้/แผนการสอนที่มุ่งเน้นฐานสมรรถนะ (Competency Based) และการบูรณาการ (Integrated)** ตรงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา ในแต่ละบทเรียนมุ่งให้ความสำคัญส่วนที่เป็นความรู้ทฤษฎี หลักการ กระบวนการ ตัวอย่าง แบบฝึกปฏิบัติ และคำถามเพื่อการทบทวน เพื่อฝึกทักษะประสบการณ์ **เร่งพัฒนาบทบาทของผู้เรียนเป็นผู้จัดการแสวงหาความรู้ (Explorer) เป็นผู้สอนตนเองได้ สร้างองค์ความรู้ใหม่ และบทบาทของผู้สอนเปลี่ยนจากผู้ให้ความรู้มาเป็น ผู้จัดการชี้แนะ (Teacher Roles)** จัดสิ่งแวดล้อมเอื้ออำนวยต่อความสนใจเรียนรู้ 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 จรรยาบรรณทางธุรกิจและวิชาชีพ

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

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ผู้สอน ผู้ประสาทวิชาความรู้ เอกสาร หนังสือที่ใช้ประกอบในการเรียบเรียงไว้ ณ โอกาสนี้

ไวพจน์ ศรีธัญ
วีรธรรม ไชยยงค์
นิตยา ลำทอง
สายัณต์ ชื่นอารมย์

สารบัญ



บทที่ 1 กฎของโอห์ม กำลังไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้า 1

ระบบหน่วยเอสไอ 2
หน่วยอนุพันธ์ 2
การเขียนสัญลักษณ์ของหน่วย 3
คำนำหน้าหน่วยระบบเอสไอ 4
การนำตัวขยายหน่วยมาใช้ในการคำนวณ 4
กฎของโอห์ม 5
ความนำไฟฟ้า 8
กำลังไฟฟ้า 9
พลังงานไฟฟ้า 11
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 14
ใบงานที่ 1.1 กฎของโอห์ม 16

บทที่ 2 การต่อวงจร ความต้านทานแบบต่าง ๆ 19

การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม 20
การต่อตัวต้านทานแบบขนาน 20
การต่อตัวต้านทานแบบผสม 22
วงจรไฟฟ้า 27
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 44
ใบงานที่ 2.1 วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม 48
ใบงานที่ 2.2 วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน 51
ใบงานที่ 2.3 วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม 53

บทที่ 3 ดีเทอร์มิแนนต์ 56

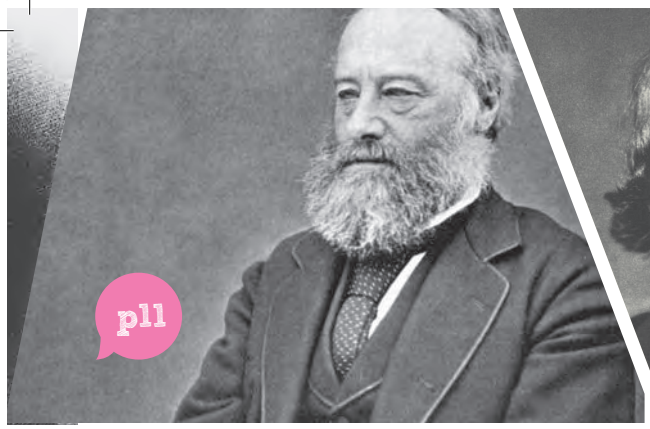
เมทริกซ์ 57
ชนิดและลักษณะของเมทริกซ์ 58
การบวกและการลบเมทริกซ์ 61
การคูณเมทริกซ์ 62
ดีเทอร์มิแนนต์ 63
การแก้สมการโดยใช้ดีเทอร์มิแนนต์ 64
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 67

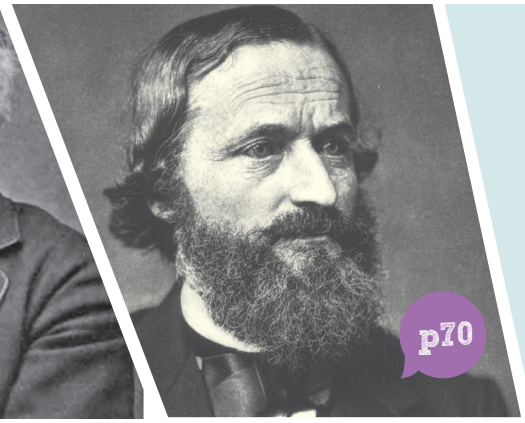
บทที่ 4 กฎของเคอร์ชอฟฟ์ 69

กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ 70
กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ 72
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 77
ใบงานที่ 4.1 กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ 79

บทที่ 5 แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 83

โครงสร้างพื้นฐานของแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 84
การออกแบบวงจรแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 85
การขยายย่านการวัดแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 87
การใช้งานแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 89
สเกลและการอ่านค่าแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 91
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 94
ใบงานที่ 5.1 หลักการทำงานของดีซีแอมมิเตอร์ 97





บทที่ 6 โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 101

โครงสร้างพื้นฐานของโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 102
การออกแบบวงจรโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 103
การขยายย่านการวัดโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 105
การใช้งานโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 107
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 110
ใบงานที่ 6.1 หลักการทำงานของดีซีโวลต์มิเตอร์ 113
ใบงานที่ 6.2 หลักการทำงานของดีซีโวลต์มิเตอร์ 116

บทที่ 7 โอห์มมิเตอร์ 120

โอห์มมิเตอร์เบื้องต้น 121
ประเภทของโอห์มมิเตอร์ 122
วิธีการใช้งานโอห์มมิเตอร์ 125
การอ่านค่าความต้านทานจากโอห์มมิเตอร์ 126
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 128
ใบงานที่ 7.1 โอห์มมิเตอร์ 130

บทที่ 8 มัลติมิเตอร์แบบใช้เข็ม 135

ความหมายของมัลติมิเตอร์ 136
ส่วนประกอบของมัลติมิเตอร์แบบใช้เข็ม 137
ส่วนประกอบสเกลหน้าปัดของมัลติมิเตอร์ 139
ส่วนประกอบภายในของมัลติมิเตอร์ 141
การใช้งานมัลติมิเตอร์ 142
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 144
ใบงานที่ 8.1 มัลติมิเตอร์แบบใช้เข็ม 146

บทที่ 9 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ 151

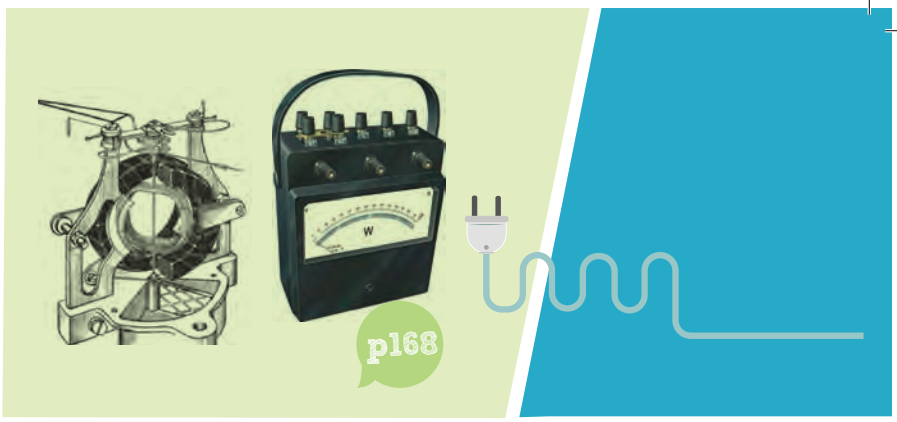
ความหมายของดิจิตอลมัลติมิเตอร์ 152
ส่วนประกอบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ 152
การใช้งานดิจิตอลมัลติมิเตอร์ 154
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 158
ใบงานที่ 9.1 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ 161

บทที่ 10 เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า 167

วัตต์มิเตอร์ 168
การต่อใช้งานของวัตต์มิเตอร์ 169
การวัดและอ่านค่ากำลังไฟฟ้าจากวัตต์มิเตอร์ 171
กิโลวัตต์ฮาวมิเตอร์ 173
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 175
ใบงานที่ 10.1 เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า 177

บทที่ 11 ออสซิลโลสโคป 180

ความหมายของออสซิลโลสโคป 181
โครงสร้างของออสซิลโลสโคป 182
หลอดภาพแคโทดเรย์ 183
ชุดปืนอิเล็กตรอน 184
ชุดแผ่นเบี่ยงเบน 185
ความเข้มของแสง 186
ระบบเบี่ยงเบนแนวตั้ง 186
สายวัดหรือโพรบ 187
สวิตช์เลือกสัญญาณอินพุต 189



ภาคลดทอนสัญญาณ 190
ภาคขยายสัญญาณแนวตั้ง 191
วงจรหน่วงเวลา 191
ปุ่มและหน้าที่ของออสซิลโลสโคป 192
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 197
ใบงานที่ 11.1 ออสซิลโลสโคป 199

บทที่ 12 การกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ *203*

การเกิดรูปคลื่นไซน์ 204
ความเร็วเชิงมุม 207
คาบเวลา 208
ความถี่ 208
ค่าสูงสุด 209
ค่าจากยอดถึงยอด 210
ค่าชั่วขณะ 212
ค่าเฉลี่ย 213
ค่า อาร์. เอ็ม. เอส 214
การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของรูปคลื่น 215
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 222

บทที่ 13 เฟสและเฟสเซอร์ไดอะแกรม *224*

เฟส 225
เฟสนำหน้าหรือเฟสล้าหลัง 226
อินเฟส 227
เฟสต้านกลับ 227
เฟสเซอร์ไดอะแกรม 228
การเขียนสมการชั่วขณะและสมการเฟสเซอร์ 230
มุมต่างเฟสของรูปคลื่น 232
ตัวอย่างการคำนวณ 235
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 240

บทที่ 14 ปริมาณเชิงซ้อน *241*

องค์ประกอบของปริมาณเชิงซ้อน 242
รูปแบบปริมาณเชิงซ้อน 244
คอนจูเกทของปริมาณเชิงซ้อน 247
การกระทำระหว่างปริมาณเชิงซ้อน 249
การแปลงรูปฟอร์มของปริมาณเชิงซ้อน 252
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 253

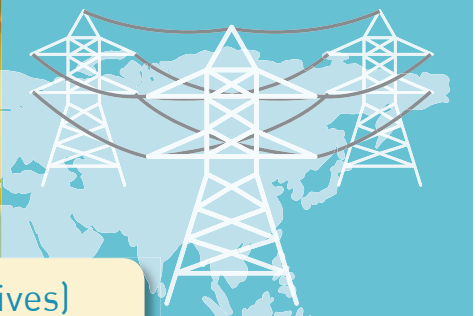
บทที่ 15 วงจร R-L-C แบบต่าง ๆ *255*

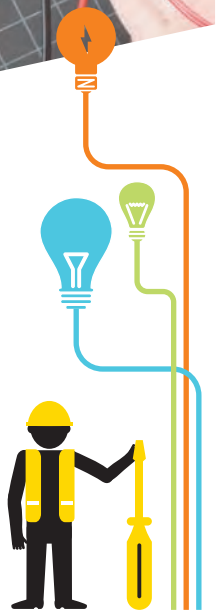
วงจร R-L อนุกรม 256
วงจร R-C อนุกรม 261
วงจร R-L-C อนุกรม 266
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 270
ใบงานที่ 15.1 วงจร R-L อนุกรม 273
ใบงานที่ 15.2 วงจร R-C อนุกรม 277

คำถามเพื่อการทบทวน **281**
คำศัพท์ **290**
บรรณานุกรม **294**

บทที่ 1

กฎของโอห์ม กำลังไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้า





จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

หลังจากศึกษาจบบทเรียนนี้แล้ว นักศึกษาจะมีความสามารถดังนี้

1. จำแนกระบบหน่วยเอสไอ
2. เขียนสัญลักษณ์ของหน่วยอนุพันธ์ต่าง ๆ
3. อธิบายคำนำหน้าหน่วยระบบเอสไอ
4. อธิบายวิธีการนำตัวขยายหน่วยมาใช้ในการคำนวณวงจรไฟฟ้า
5. อธิบายกฎของโอห์มที่นำมาใช้ในวงจรไฟฟ้า
6. อธิบายความนำไฟฟ้าที่แปรผกผันกับค่าความต้านทาน
7. อธิบายวิธีการเขียนสูตรกำลังไฟฟ้าในรูปแบบปริมาณไฟฟ้าอื่น ๆ
8. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับกำลังไฟฟ้า

บทที่ 1 กฎของโอห์ม กำลังไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้า

ระบบหน่วยเอสไอ

ระบบหน่วยเอสไอ (International System of Unit, SI) เป็นหน่วยมาตรฐานสากล ที่ถูกนำมาใช้แทนหน่วยระบบเมตริก และหน่วยระบบอังกฤษที่ใช้กันอยู่เดิม เนื่องจากมีความยุ่งยาก และมีชื่อเรียกหน่วยวัดปริมาณต่าง ๆ ที่ยังไม่เหมือนกัน ดังนั้น ระบบหน่วยเอสไอ จึงประกอบด้วย หน่วยพื้นฐาน 6 หน่วย คือ ความยาว มวล เวลา กระแสไฟฟ้า อุณหภูมิ และความเข้มของแสงสว่าง ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 หน่วยพื้นฐาน

ปริมาณ	ชื่อหน่วยพื้นฐาน	สัญลักษณ์
ความยาว	เมตร (meter)	m
มวล	กิโลกรัม (kilogram)	kg
เวลา	วินาที (second)	s
กระแสไฟฟ้า	แอมแปร์ (ampere)	A
อุณหภูมิ	เคลวิน (kelvin)	K
ความเข้มของแสงสว่าง	แคนเดลา (candela)	cd

หน่วยอนุพันธ์

หน่วยอนุพันธ์ (Derived SI Unit) คือ หน่วยย่อยที่เกิดจากผลคูณหรือผลหารระหว่าง หน่วยพื้นฐาน เช่น หน่วยของพื้นที่เป็นตารางเมตร (m^2) เกิดจากผลคูณระหว่างหน่วยความยาวเป็น

เมตร (m) กับหน่วยความยาวเป็นเมตร หรือความเร็วมีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s) เกิดจากผลหารระหว่างหน่วยความยาวเป็นเมตรกับหน่วยเวลาเป็นวินาที (s) ดังนั้น หน่วยอนุพันธ์ในระบบเอสไอ จึงมีหลายหน่วย ตัวอย่างระบบหน่วยเอสไอบางส่วน แสดงดังตารางที่ 1.2

การเขียนสัญลักษณ์ของหน่วย

เนื่องจากปริมาณและหน่วยในระบบเอสไอมีจำนวนมาก เพื่อให้ง่ายต่อการเขียนและความเข้าใจในระบบเอสไอ จึงแบ่งการเขียนสัญลักษณ์ของปริมาณและหน่วยแทนด้วยตัวอักษรซึ่งมี 2 ลักษณะ คือ สัญลักษณ์ที่ใช้แทนหน่วย จะเขียนด้วยตัวอักษรตัวตรง และสัญลักษณ์ที่ใช้แทนปริมาณ จะเขียนด้วยตัวอักษรตัวเอียง นอกจากนี้ ถ้าเป็นการระบุเฉพาะเจาะจง อาจจะใช้ตัวอักษรหรือตัวเลขเขียนกำกับไว้ข้างใต้ตัวอักษรอีกด้วย ซึ่งเรียกว่า **(Subscript)** เช่น I_O หมายถึง กระแสไฟฟ้าด้านเอาต์พุต เป็นต้น

ตารางที่ 1.2 สัญลักษณ์ที่เขียนแทนปริมาณและหน่วยในระบบเอสไอ

ปริมาณ	สัญลักษณ์	หน่วย	สัญลักษณ์
ความถี่	*f*	เฮิรตซ์	Hz
ความดัน	p	ปาสคาล	p
แรงดันไฟฟ้า	v	โวลต์	V
เวลา	t	วินาที	s
กำลังไฟฟ้า	P	วัตต์	W
มุมของพื้นราบ	ϕ	เรเดียน	rad
ความต้านทานจำเพาะ	ρ	โอห์ม-เมตร	Ω – m
ความต้านทาน	R	โอห์ม	Ω
ความนำไฟฟ้า	G	ซีเมนส์	S
กระแสไฟฟ้า	I	แอมแปร์	A
ระยะทางหรือความยาว	S	เมตร	m
มวลสาร	m	กิโลกรัม	kg
ความเร็วเชิงมุม	ω	เรเดียนต่อวินาที	rad/s

คำนำหน้าหน่วยระบบเอสไอ

เพื่อความสะดวกต่อการคำนวณจึงต้องขยายให้หน่วยเล็กลงหรือใหญ่ขึ้น คำนำหน้าจึงมีชื่อเรียกที่เจาะจงลงไปหรือที่เรียกว่า **คำอุปสรรค (Prefixs)** ดังตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 คำนำหน้าหน่วยระบบเอสไอ

คำนำหน้า	สัญลักษณ์	ตัวคูณเลขยกกำลัง
เอกซะ (exa)	E	1×10^{18}
เพตะ (peta)	P	1×10^{15}
เทรา (tera)	T	1×10^{12}
กิกะ (giga)	G	1×10^{9}
เมกะ (mega)	M	1×10^{6}
กิโล (kilo)	k	1×10^{3}
ยูนิต (unit)	-	1×10^{0} หรือ 1
มิลลิ (milli)	m	1×10^{-3}
ไมโคร (micro)	μ	1×10^{-6}
นาโน (nano)	n	1×10^{-9}
พิโก (pico)	p	1×10^{-12}
เฟมโต (femto)	f	1×10^{-15}
แอตโต (atto)	a	1×10^{-18}

การนำตัวขยายหน่วยมาใช้ในการคำนวณ

การนำตัวขยายหน่วยมาใช้ในการคำนวณปริมาณทางไฟฟ้า แยกได้เป็น 2 กรณี คือ การบวกหรือลบ และการคูณหรือหาร

การบวกหรือลบ จะต้องแปลงหน่วยให้เป็นหน่วยเดียวกันก่อน จึงจะทำการบวกหรือลบกันได้ เช่น

1. $3\ A + 500\ mA = 3{,}000\ mA + 500\ mA$; $(1\ A = 1{,}000\ mA)$
   $= 3{,}500\ mA = 3.5\ A$
2. $1\ kW - 460\ W = 1{,}000\ W - 460\ W = 540\ W = 0.54\ kW$

การคูณหรือหาร ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นไปตามผลคูณหรือผลหาร เช่น

1. เมกะ × ไมโคร = ยูนิต ; $(10^{6} \times 10^{-6} = 10^{0} = 1)$
   $2\ M\Omega \times 3\ \mu A = 6\ V$; $(2 \times 10^{6} \times 3 \times 10^{-6} = 6)$
2. มิลลิ ÷ มิลลิ = ยูนิต ; $(10^{-3} \div 10^{-3} = 1)$
   $8\ mV \div 2\ mA = 4\ \Omega$; $\left(\frac{8 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-3}}\right)$
3. ยูนิต ÷ กิโล = มิลลิ ; $(1 \div 10^{3} = 10^{-3})$
   $10\ V \div 4\ k\Omega = \frac{10}{4 \times 10^{3}} = 2.5\ mA$

กฎของโอห์ม

ในปี ค.ศ. 1826 (พ.ศ. 2360) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมัน ชื่อ ยอร์ช ไซมอน โอห์ม (George Simon Ohm) พบว่า “ปริมาณไฟฟ้าจะแปรผกผันกับความยาวของสายไฟฟ้า และจะแปรผันตรงกับพื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้า” โดยหลักการนี้ ทำให้โอห์มค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และความต้านทานที่เกิดขึ้น เรียกว่า **กฎของโอห์ม (Ohm’s Law)** โดยกล่าวว่า ในวงจรไฟฟ้าใด ๆ กระแสไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับแรงดันไฟฟ้าและแปรผกผันกับความต้านทาน คือ $I \propto E$ และ $I \propto \frac{1}{R}$

รูปที่ 1.1 ยอร์ช ไซมอน โอห์ม ผู้ค้นพบกฎของโอห์ม

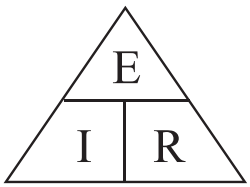
ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และความต้านทาน

ความสัมพันธ์ตามกฎของโอห์มสามารถหาค่าต่าง ๆ ดังสูตร

$$I = \frac{E}{R} \qquad \text{..... (1.1)}$$

เมื่อ I = กระแสไฟฟ้า หน่วย แอมแปร์ (A)
E = แรงดันไฟฟ้า หน่วย โวลต์ (V)
R = ความต้านทาน หน่วย โอห์ม (Ω)

หรือ สรุปสูตรจากสามเหลี่ยมกฎของโอห์ม ดังรูป



รูปที่ 1.2 สูตรจากสามเหลี่ยมกฎของโอห์ม

จะได้ความสัมพันธ์ ดังนี้

$$E = IR \qquad \text{..... (1.2)}$$

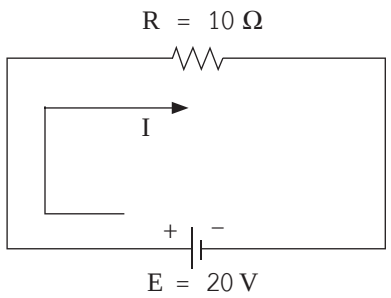
และ

$$R = \frac{E}{I} \qquad \text{..... (1.3)}$$

การคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และความต้านทาน

ตัวอย่างที่ 1.1 ให้คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร ดังรูปที่ 1.3 เมื่อต่อกับแบตเตอรี่ 20 โวลต์ และค่าความต้านทานเท่ากับ 10 โอห์ม

วิธีทำ



รูปที่ 1.3 หาค่ากระแสไฟฟ้าในวงจร

จากกฎของโอห์ม $I = \frac{E}{R}$

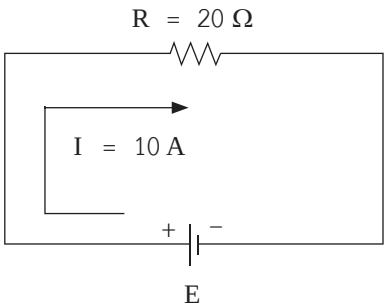
$I = \frac{20}{10}$

$= 2\ A$

∴ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรมีค่าเท่ากับ 2 แอมแปร์

ตัวอย่างที่ 1.2 ให้คำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่าย ดังรูปที่ 1.4 เมื่อมีกระแสไฟฟ้า 10 แอมแปร์ ไหลผ่านความต้านทาน 20 โอห์ม

วิธีทำ



รูปที่ 1.4 หาค่าแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย

จากกฎของโอห์ม $E = IR$

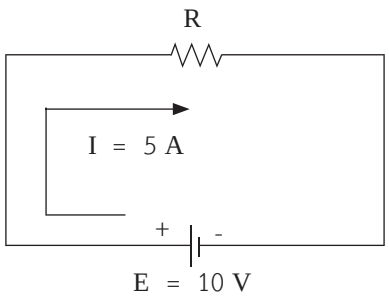
$E = 10 \times 20$

$= 200\ V$

∴ แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายค่ามีเท่ากับ 200 โวลต์

ตัวอย่างที่ 1.3 ให้คำนวณหาค่าความต้านทานของวงจร ดังรูปที่ 1.5 เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรเท่ากับ 5 แอมแปร์ และมีแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 10 โวลต์

วิธีทำ



รูปที่ 1.5 หาค่าความต้านทานในวงจร

จากกฎของโอห์ม $R = \frac{E}{I}$

$$R = \frac{10}{5}$$
$$= 2\ \Omega$$

$\therefore$ ค่าความต้านทานของวงจรมีค่าเท่ากับ 2 โอห์ม

ความนำไฟฟ้า

ความนำไฟฟ้า หมายถึง ความสามารถในการนำกระแสไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้าใด ๆ อันเกิดขึ้นจากการป้อนแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจร ความนำไฟฟ้า เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ G มีหน่วยเรียกว่า **ซีเมนส์ (Siemen : S)** หรือ **โมห์ (Mho)** ถ้าในวงจรไฟฟ้ามีค่าความนำไฟฟ้าสูง ค่าความต้านทานของวงจรจะต่ำ และถ้าวงจรมีค่าความนำไฟฟ้าต่ำ ค่าความต้านทานของวงจรก็จะสูง นั่นคือ

$$G = \frac{1}{R} \quad \text{และ} \quad R = \frac{1}{G}$$

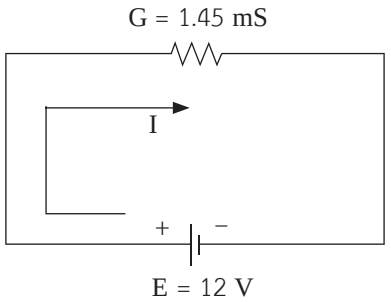
เมื่อพิจารณาตามกฎของโอห์มจะได้

$$I = EG$$

$$E = \frac{I}{G}$$

$$G = \frac{I}{E}$$

ตัวอย่างที่ 1.4 ขดลวดความร้อน มีค่าความนำไฟฟ้า 1.45 mS ดังรูปที่ 1.6 ต่ออยู่กับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ ให้คำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร (I)



รูปที่ 1.6 หาค่ากระแสไฟฟ้าของขดลวดความร้อน

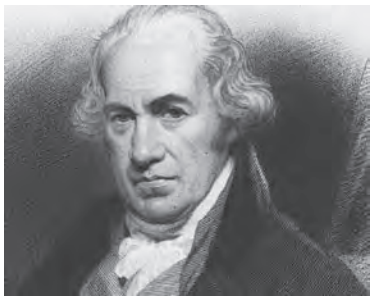
วิธีทำ

$$I = EG$$
$$= 12 \times 1.45 \times 10^{-3}$$
$$= 17.40 \text{ mA}$$

$\therefore$ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดความร้อนมีค่า 17.40 มิลลิแอมแปร์

กำลังไฟฟ้า

ผู้ค้นพบหลักการของกำลังไฟฟ้า (Electrical Power) คือ เจมส์ วัตต์ (James Watt) ชาวสก๊อตแลนด์ โดยการทดสอบใช้ม้าที่แข็งแรงหนึ่งตัวยกของหนัก 33,000 ปอนด์ เป็นระยะทาง 1 ฟุต ในเวลา 1 นาที เรียกแรงนี้ว่า **1 แรงม้า (1 Horse Power)** โดย 1 แรงม้ามีค่าเท่ากับ 746 วัตต์



รูปที่ 1.7 เจมส์ วัตต์ ผู้ค้นพบกำลังไฟฟ้า

นิยามของกำลังไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้า (P) หมายถึง ค่าของผลคูณระหว่างแรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็นโวลต์ (V) กับกระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็นแอมแปร์ (A) ซึ่งค่าของกำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt) โดยจะได้ความสัมพันธ์ ดังนี้

$$P = E \times I \quad \text{..... (1.4)}$$

เมื่อ P = กำลังไฟฟ้า หน่วย วัตต์ (W)
E = แรงดันไฟฟ้า หน่วย โวลต์ (V)
I = กระแสไฟฟ้า หน่วย แอมแปร์ (A)

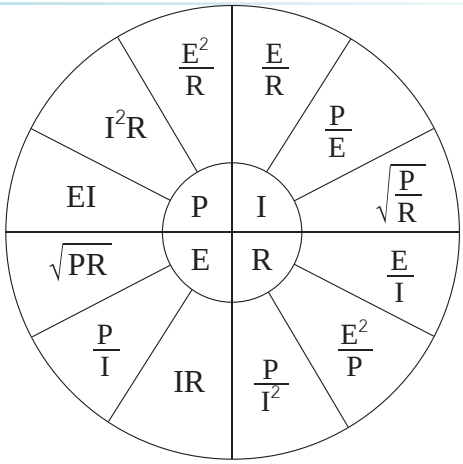
หรือสัมพันธ์กับกฎของโอห์ม ดังนี้

$$P = I^2R \quad \text{..... (1.5)}$$

และ

$$P = \frac{E^2}{R} \quad \text{..... (1.6)}$$

จากปริมาณไฟฟ้าทั้ง 4 คือ P, E, I, R สรุปเป็นสูตรเบื้องต้นได้ ดังนี้

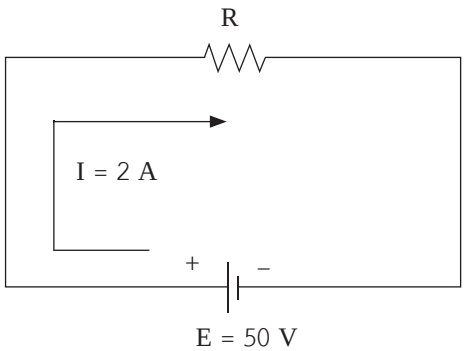


หน่วยและการเปลี่ยนหน่วยกำลังไฟฟ้า

1,000	วัตต์	(W)	=	1	กิโลวัตต์	(kW)
1,000,000	วัตต์	(W)	=	1	เมกะวัตต์	(MW)
1,000	กิโลวัตต์	(kW)	=	1	เมกะวัตต์	(MW)
746	วัตต์	(W)	=	1	แรงม้า	(HP)

ตัวอย่างที่ 1.5 จากวงจรไฟฟ้าที่กำหนดให้ ดังรูปที่ 1.8 มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรเท่ากับ 2 แอมแปร์ โดยต่อเข้ากับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 50 โวลต์ ให้คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าของวงจรมีกี่วัตต์

วิธีทำ



รูปที่ 1.8 กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานเท่ากับ 2 แอมแปร์

จากสูตรคำนวณ $P = E \times I$

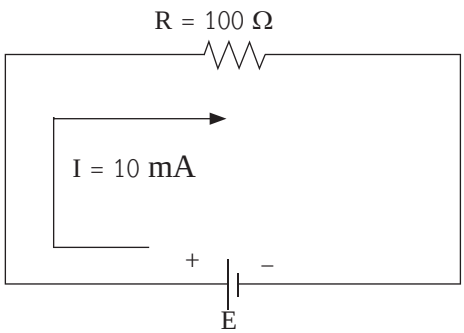
$P = 50 \times 2$

$= 100$ W

$\therefore$ กำลังไฟฟ้าของวงจรเท่ากับ 100 วัตต์

ตัวอย่างที่ 1.6 จากวงจรที่กำหนดให้ ดังรูปที่ 1.9 ถ้ากระแสไฟฟ้า 10 มิลลิแอมแปร์ ไหลผ่านตัวต้านทาน 100 โอห์ม ให้คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมีกี่วัตต์

วิธีทำ



รูปที่ 1.9 กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานเท่ากับ 10 มิลลิแอมแปร์

จากสูตรคำนวณ $P = I^2R$

$= 10 \times 10^{-3} \times 10 \times 10^{-3} \times 100 = 0.01$ W

$P = 0.01$ วัตต์

พลังงานไฟฟ้า

ผู้ค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับพลังงานความร้อน คือ **เจมส์ เพรสคอท จูล** (James Prescott Joule) ชาวอังกฤษ พบว่า พลังงานไม่ได้สูญหายไปไหน แต่จะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานรูปอื่น ซึ่งส่วนมากเป็นพลังงานความร้อน โดย 1 จูล มีค่าเท่ากับ 4.2 แคลอรี่ ซึ่งชื่อของจูลเป็นหน่วยวัดพลังงานไฟฟ้า คือ พลังงาน 1 จูล (J) มีค่าเท่ากับ 1 วัตต์ - วินาที

รูปที่ 1.10 เจมส์ เพรสคอท จูล ผู้ค้นพบหลักของพลังงาน

นิยามของพลังงานไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้า (Electrical Energy ; W) หมายถึง ปริมาณไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้า หรือโหลดทางไฟฟ้าที่ถูกใช้พลังงานไปทั้งหมด คิดในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง มีหน่วยเป็นวัตต์ - ชั่วโมง (Watt-Hour) โดยจะได้ความสัมพันธ์ของพลังงานไฟฟ้าและเวลา ดังนี้

$$w = P \times t \qquad \text{..... (1.7)}$$

เมื่อ w = พลังงานไฟฟ้า หน่วย วัตต์ - วินาที (Watt-Second)
P = กำลังไฟฟ้า หน่วย วัตต์ (Watt)
t = เวลา หน่วย วินาที (Second)

หน่วยและการเปลี่ยนหน่วยพลังงานไฟฟ้า

วัตต์ - วินาที (Watt-Second) คือ พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้กำลังไฟฟ้าไป 1 วัตต์ ในเวลา 1 วินาที หรือ 1 จูล (Joule)

วัตต์ - ชั่วโมง (Watt-Hour) คือ พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้กำลังไฟฟ้าไป 1 วัตต์ ในเวลา 1 ชั่วโมง (Hour)

กิโลวัตต์ - ชั่วโมง (Kilowatt-Hour) คือ พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้กำลังไฟฟ้าไป 1,000 วัตต์ ในเวลา 1 ชั่วโมง (Hour) หรือเรียกว่า 1 หน่วย หรือ 1 ยูนิต (Unit)

1 ยูนิต (Unit) = กิโลวัตต์ - ชั่วโมง (kW-Hour)

ตัวอย่างที่ 1.7 อาคารหลังหนึ่งใช้หลอดไฟฟ้าแสงสว่างขนาด 100 วัตต์ จำนวน 20 หลอด ใช้งานนานวันละ 6 ชั่วโมง จะชำระค่าไฟฟ้าวันละเท่าไร ถ้าคิดค่าไฟฟ้ายูนิตละ 2 บาท

วิธีทำ

จาก $w = P \times t$
พลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้ไป $= 100 \times 20 \times 6$
$= 12{,}000$ วัตต์ - ชั่วโมง
$= 12$ กิโลวัตต์ - ชั่วโมง
หรือ $= 12$ ยูนิต

คิดค่าไฟฟ้ายูนิตละ 2 บาท/วัน = 12 × 2
= 24 บาท/วัน
∴ จะชำระค่าไฟฟ้าวันละ = 24 บาท

ตัวอย่างที่ 1.8 บ้านพักอาศัยหลังหนึ่งใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า ดังนี้

1. พัดลมเพดาน ขนาด 70 วัตต์ ใช้งานวันละ 5 ชั่วโมง
2. หม้อหุงข้าว ขนาด 1,000 วัตต์ ใช้งานวันละ 30 นาที
3. เตารีดไฟฟ้า ขนาด 1,600 วัตต์ ใช้งานวันละ 1 ชั่วโมง
4. โทรทัศน์สี ขนาด 95 วัตต์ ใช้งานวันละ 5 ชั่วโมง
5. ตู้เย็น ขนาด 200 วัตต์ ใช้งานวันละ 24 ชั่วโมง

ภายใน 1 เดือน บ้านหลังนี้จะชำระค่าไฟฟ้าเท่าไร หากคิดยูนิตละ 1.50 บาท

วิธีทำ

สูตรคำนวณ $w = P \times t$

$w = (70 \times 5) + (1{,}000 \times 0.5) + (1{,}600 \times 1) + (95 \times 5) + (200 \times 24)$

$= 350 + 500 + 1{,}600 + 475 + 4{,}800$

ใน 1 วัน ใช้พลังงานไฟฟ้า = 7,725 วัตต์ - ชั่วโมง (Watt-Hour)

$= \frac{7{,}725}{1{,}000}$ = 7.725 ยูนิต

ใช้ไฟฟ้า 1 เดือน จะใช้พลังงาน = 7.725 × 30 = 231.75 ยูนิต

ค่าไฟฟ้าคิดยูนิตละ 1.50 บาท = 231.75 × 1.50

= 347.62 บาท

หมายเหตุ จากตัวอย่างจะเห็นได้ คือ ราคาค่าไฟฟ้าที่คิดขึ้นนั้น เป็นการนำเสนอในแนวทางหลักการพื้นฐาน ซึ่งยังไม่รวมค่าเอฟที (ต้นทุนผันแปร) และภาษีมูลค่าเพิ่ม