

บทที่ 1

หน่วยวัดปริมาณทางไฟฟ้าและกฎของโอห์ม

ในปัจจุบันเทคโนโลยีมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตเพื่อเป็นสิ่งอำนวยความสะดวกและการพัฒนานวัตกรรมใหม่ ๆ นั้นจะต้องมีความรู้ความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต้องอาศัย การทดลอง การบันทึกผลการทดลอง การใช้เครื่องมือวัดค่าปริมาณต่าง ๆ เหล่านี้ซึ่งในปัจจุบันนิยมใช้ระบบหน่วยมาตรฐานการวัดที่เป็นมาตรฐานสากลซึ่งจะเรียกว่า ระบบหน่วย เอสไอ (International System of Unit : SI) เป็นหน่วยวัดปริมาณทางฟิสิกส์ที่ประกอบไปด้วยการวัดปริมาณเชิงสเกลาร์จะบ่งบอกถึงขนาด เช่น มวล ระยะทาง เวลา งาน พลังงาน เป็นต้น และปริมาณเชิงเวกเตอร์จะบ่งบอกถึงขนาดและทิศทาง เช่น ความเร็ว ความเร่ง แรง โมเมนตัม เป็นต้น และหน่วยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหรือทางด้านวิศวกรรมศาสตร์จะประกอบไปด้วยหน่วยพื้นฐาน หน่วยอนุพันธ์ และคำอุปสรรค ในสาระสำคัญของเนื้อหาในบทเรียนนี้จะศึกษาเกี่ยวกับระบบหน่วย และมาตรฐานการวัด คำนำหน้าหน่วย จากนั้นจะศึกษาเกี่ยวกับปริมาณพื้นฐานทางไฟฟ้า ได้แก่ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า ความต้านทาน และการหาความสัมพันธ์ของปริมาณพื้นฐานทางไฟฟ้าตามกฎของโอห์ม เพื่อให้เกิดความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับระบบหน่วยในการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงมีรายละเอียดดังนี้

ระบบหน่วยและมาตรฐานการวัด

การกำหนดมาตรฐานเพื่อเป็นระบบหน่วยวัดกลางทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหรือทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ได้มีความร่วมมือพัฒนาหน่วยวัดที่จะประกอบไปด้วย หน่วยฐาน หน่วยเสริม หน่วยอนุพันธ์ และคำอุปสรรค จากการรวมตัวแทนประเทศต่าง ๆ ซึ่งจะเรียกว่า หน่วยระหว่างชาติ (International System of Units) หรือเรียกชื่อย่อว่า "SI" ซึ่งหน่วยวัดมาตรฐานสากลเป็นที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน และได้มีผู้กล่าวถึงระบบหน่วยและมาตรฐานการวัดมีดังนี้

จักรกฤษณ์ แร่ทอง (2549 : 1) กล่าวว่า หน่วยวัดในระบบสากลที่นำมาใช้งานกับหน่วยวัดทางด้านอุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ในปัจจุบันได้จากการศึกษาค้นคว้าขึ้นเมื่อในปี ค.ศ. 1790 รัฐบาลฝรั่งเศสได้สนับสนุนให้มีการศึกษาค้นคว้าและจัดตั้งระบบเพื่อใช้งานแทนระบบหน่วยและการวัดที่มีอยู่เดิมให้มีมาตรฐาน โดยมีการนำเสนอข้อคิดเห็นดังกล่าวและมีความเห็นชอบให้มีการจัดตั้งชื่อใช้งานระบบเมตริก (Metric System) เป็นหน่วยวัดพื้นฐานของความยาว มวล เมตร กรัม และเวลา ที่ใช้งานในฝรั่งเศสเมื่อปี ค.ศ. 1795 จนเป็นที่ยอมรับของนานาชาติ เมื่อปี ค.ศ. 1875 ได้มีการจัดทำอนุสัญญาเมตริก (Metre Convention) หรือสนธิสัญญาเมตริก เป็นสนธิสัญญาระหว่างประเทศได้ทำการลงนามในกรุงปารีส เมื่อวันที่ 20 พฤษภาคม 1875 จากตัวแทน 17 ประเทศ ซึ่ง

จัดตั้งสถาบันโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อร่วมมือด้านมาตรวิทยาระหว่างประเทศ และเพื่อร่วมมือพัฒนาระบบเมตริก โดยใช้ระบบเมตริกเป็นหน่วยวัดที่ถูกต้องตามกฎหมาย

ไผ่ ทิมาศาสตร์ (2560 : 1) กล่าวว่า ระบบมาตรฐานระหว่างชาติหรือที่เรียกว่าหน่วยระหว่างชาติ (International System of Units) ใช้อักษรย่อแทนชื่อระบบนี้ว่า “SI” เป็นหน่วยการวัดเพื่อใช้ในการวัดทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งระบบหน่วยระหว่างชาติจะประกอบไปด้วยหน่วยฐาน (Base Units) เป็นหน่วยหลักของเอสไอ มีทั้งหมด 7 หน่วย คือความยาว มวลสาร เวลา กระแสไฟฟ้า อุณหภูมิ ความเข้มของการส่องสว่าง และปริมาณมวลสาร ในส่วนหน่วยอนุพันธ์ (Derived Units) เป็นหน่วยพื้นฐานที่หลายหน่วยมาเกี่ยวข้อง เช่น หน่วยของความเร็วมอเตอร์ต่อวินาที เป็นต้น และคำอุปสรรค (PreFixes) เป็นการนำคำหน่วยอนุพันธ์ที่มีค่าน้อยหรือค่ามากเกินไปสามารถเขียนแทนค่านั้นอยู่ในรูปของตัวคูณด้วยตัวพหุคูณ เช่น เลขสิบยกกำลังบวกหรือลบ เป็นต้น

ปิยนัย ภาชนะพรรณ (ม.ป.ป. : 3) กล่าวว่า ระบบหน่วยวัด (System Unit) ในปัจจุบันมี 2 ระบบ คือระบบอังกฤษ (Imperial or British System) เป็นระบบหน่วยของการวัดที่ใช้ในประเทศเครือขายของอังกฤษและสหรัฐอเมริกาซึ่งเป็นหน่วยพื้นฐานสำหรับความยาว (มีหน่วยเป็นฟุต) แรง (มีหน่วยเป็นปอนด์) เวลา (มีหน่วยเป็นวินาที) และระบบเมตริก (Metric System) เป็นหน่วยวัดสำหรับ ความยาว (มีหน่วยเป็นเซนติเมตรหรือเมตร) มวล (มีหน่วยเป็นกรัมหรือกิโลกรัม) เป็นต้น ในการเลือกหน่วยพื้นฐานทั้ง 2 ระบบ ไม่มีกฎเกณฑ์สามารถเลือกได้ตามสะดวกในการใช้งาน

สวาง บุญปัญญารักษ์ (ม.ป.ป. : 3) กล่าวว่า ระบบหน่วยการวัด (Measurement Unit System) เป็นระบบหน่วยวัดมาตรฐานระหว่างชาติ ได้นำมาใช้งานสำหรับแสดงปริมาณของสิ่งต่าง ๆ มีอยู่ 2 ระบบ คือระบบอังกฤษเป็นระบบที่เกิดขึ้นมาระยะเวลายาวนานเพื่อใช้ในทางค้าขายเป็นหน่วยพื้นฐานสำหรับความยาว มวล ฟุต ปอนด์ เวลา เป็นต้น และระบบเมตริก คือหน่วยวัดความยาวที่เป็นมิลลิเมตร เมตร กิโลเมตร กิโลกรัม เป็นต้น

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าระบบหน่วยและมาตรฐานการวัดที่เป็นมาตรฐานสากลสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการบ่งบอกถึงปริมาณการวัดค่าต่าง ๆ เช่น มวล ระยะทาง เวลา งาน พลังงาน ความเร็ว ความเร่ง แรง โมเมนต์ เป็นต้น และสามารถพิจารณาระบบหน่วยและสัญลักษณ์หน่วยพื้นฐานของระบบเอสไอ (SI) ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 หน่วยวัดพื้นฐานของระบบ SI

ปริมาณ (Quantity)	หน่วยพื้นฐาน (Basic unit)	สัญลักษณ์ (Symbol)
ความยาว (Length)	เมตร (Meter)	m
มวล (Mass)	กิโลกรัม (Kilogram)	kg

เวลา (Time)	วินาที (Second)	s
กระแสไฟฟ้า (Electric current)	แอมแปร์ (Ampere)	A
อุณหภูมิต (Thermodynamic)	เคลวิน (Kelvin)	K
ความเข้มแสง (Luminous intensity)	แคนเดลา (Candela)	cd
ปริมาณของสาร (Substance)	โมล (Mole)	mol

ที่มา : อภินันท์ อรุโสภา (2554 : 2)

จากตารางที่ 1.1 สามารถสรุปได้ว่าหน่วยเมตรใช้สำหรับการวัดความยาว หน่วยกิโลกรัมใช้สำหรับการวัดมวล หน่วยวินาทีใช้สำหรับการวัดเวลา หน่วยแอมแปร์ใช้สำหรับการวัดค่ากระแสไฟฟ้า หน่วยเคลวินใช้สำหรับหน่วยของอุณหภูมิตพลวัต (หรืออุณหภูมิตสัมบูรณ์) หน่วยแคนเดลาใช้สำหรับการวัดความเข้มของการส่องสว่าง หน่วยโมลใช้สำหรับการวัดปริมาณของสาร

นอกเหนือจากหน่วยวัดพื้นฐานแล้วผู้เรียบเรียงจะอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับมุมระนาบ (Plane angle) มีหน่วยวัดเป็น เรเดียน (rad) และมุมตัน (Solid angle) มีหน่วยวัดเป็น สเตอริเรเดียน (sr) ซึ่งมุมจะนิยมเรียกว่า เป็นองศาได้จากการหมุนมุมให้ครบหนึ่งรอบวงกลม จะมีค่าเท่ากับ 360 องศา เมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยเรเดียน (rad) หนึ่งรอบวงกลมจะมีค่าเท่ากับ 2π เรเดียน จะได้เป็นมุม 2π เท่ากับมุม 360 องศา และหน่วยวัดอุณหภูมิตเป็นหน่วยหนึ่งที่ยอมรับใช้กันในปัจจุบัน คือองศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) มีจุดเยือกแข็งเท่ากับ 0°C และจุดเดือด เท่ากับ 100°C ในส่วนเคลวิน (K) มีจุดเยือกแข็ง 273K และจุดเดือด 373K และองศาฟาเรนไฮต์ ($^{\circ}\text{F}$) มีจุดเยือกแข็ง 32°F และจุดเดือด 212°F และสามารถแปลงผันหน่วยอุณหภูมิตได้จากสมการ (ชาญณรงค์ เพ็งโนนยาง. 2555 : 3) ดังนี้

การแปลงค่าองศาเซลเซียสไปเป็นองศาฟาเรนไฮต์ จากสมการที่ (1)

$$^{\circ}\text{F} = (1.8 \times ^{\circ}\text{C}) + 32 \quad (1)$$

การแปลงค่าองศาฟาเรนไฮต์ไปเป็นองศาเซลเซียส จากสมการที่ (2)

$$^{\circ}\text{C}/5 = (\text{F} - 32) / 9 \quad (2)$$

การแปลงค่าเคลวินไปเป็นองศาเซลเซียส จากสมการที่ (3)

$$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273.15 \quad (3)$$

การแปลงค่าองศาเซลเซียสไปเป็นเคลวิน จากสมการที่ (4)

$$^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273.15 \quad (4)$$

การแปลงค่าองศาฟาเรนไฮต์ไปเป็นเคลวิน จากสมการที่ (5)

$$^{\circ}\text{K} = (^{\circ}\text{F} + 459.67) / (1.8) \quad (5)$$

การแปลงค่าเคลวินไปเป็นองศาฟาเรนไฮต์ จากสมการที่ (6)

$$^{\circ}\text{F} = \text{K} \times 1.8 - 459.67 \quad (6)$$

เพื่อให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับการแปลงผันหน่วยอุณหภูมิและคำนวณหาค่าความสัมพันธ์ของอุณหภูมิสามารถแสดงดังตัวอย่างที่ 1.1

ตัวอย่างที่ 1.1 ถ้าหากอุณหภูมิภายในห้องเท่ากับ 79°F จงแปลงค่าเป็นองศาเซลเซียสและองศาเคลวิน

วิธีทำ

$$\begin{aligned} \text{แปลงเป็นองศาเซลเซียส} \quad C/5 &= (F - 32) / 9 \\ C/5 &= (79 - 32) / 9 \\ C &= (47/9) \times 5 \\ &= 26.11^{\circ}\text{C} \\ \text{แปลงเป็นองศาเคลวิน} \quad K &= 26.11 + 273.15 \\ &= 299.26\text{K} \end{aligned}$$

ใน ส่วนหน่วยอนุพันธ์เป็นหน่วยผสมที่ได้จากผลคูณหรือผลหารระหว่างหน่วยพื้นฐาน เช่น พื้นที่เกิดจากผลคูณระหว่างหน่วยความยาว มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2) หรือความเร็วเกิดจากผลหารระหว่างหน่วยความยาวกับเวลา มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s) เป็นต้น ซึ่งหน่วยอนุพันธ์ทางไฟฟ้าเป็นที่นิยมใช้เป็นหน่วยวัดปริมาณทางไฟฟ้า ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการนำความรู้ความเข้าใจของหน่วยวัดทางไฟฟ้าไปใช้ในการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ดังตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 ปริมาณและหน่วยทางไฟฟ้า

ปริมาณ	สัญลักษณ์	หน่วย	ตัวย่อ
ความถี่ (Frequency)	F	เฮิรตซ์ (Hertz)	Hz
แรง (Force)	F	นิวตัน (Newton)	N
พลังงาน (Energy)	W	จูล (Joule)	J
กำลังไฟฟ้า (Electric power)	P	วัตต์ (Watt)	W
แรงดันไฟฟ้า (Potential)	E	โวลต์ (Volt)	V
กระแสไฟฟ้า (Current)	I	แอมแปร์ (Ampere)	A
ความต้านทาน (Resistance)	R	โอห์ม (Ohm)	Ω
ความนำไฟฟ้า (Conductance)	G	ซีเมนส์ (Siemens)	S

ประจุไฟฟ้า (Electric Charge)	Q	คูลอมบ์ (Coulomb)	C
ค่าความจุ (Capacitance)	C	ฟารัด (Farad)	F
รีแอกแตนซ์ (Reactance)	X	โอห์ม (Ohm)	Ω
อินดักแตนซ์ (Inductance)	L	เฮนรี (Henry)	H
เส้นแรงแม่เหล็ก (Magnatic flux)	Φ	เวเบอร์ (Weber)	Wb
ความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็ก (Density)	B	เทสลา (Tesla)	T

ที่มา : ประสิทธิ์ ภูสมมา (2553 : 12)

การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าเป็นการหาค่าปริมาณทางไฟฟ้าโดยมีค่าผลลัพธ์เชิงตัวเลข หากการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าที่มีจำนวนตัวเลขมาก ๆ อาจส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการคำนวณได้ง่าย ดังนั้นการนำระบบหน่วย SI มาใช้งานเพื่อบ่งบอกให้ทราบค่าว่าหน่วยจะมีค่าของขนาดมากหรือน้อยเพียงใด และการนำลักษณะคำนำหน้าหน่วย (Prefixes) มาใช้งานเป็นค่าที่ใช้แทนด้วยค่าตัวเลขยกกำลังเลขฐาน 10 ซึ่งจะเป็นระบบหน่วยที่นิยมใช้ในปัจจุบัน โดยใช้แทนค่าปริมาณทางไฟฟ้าเพื่อลดข้อผิดพลาดในการคำนวณเชิงตัวเลขที่มีจำนวนมาก ๆ เช่น กำลังไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความต้านทาน เป็นต้น ซึ่งค่าเหล่านี้จำเป็นต้องใช้คำนำหน้าหน่วยทั้งสิ้น จะแสดงสัญลักษณ์ของคำนำหน้าหน่วยและค่าตัวเลขจำนวนเต็ม ดังตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 สัญลักษณ์ของคำนำหน้าหน่วย

คำอุปสรรค (Prefixes)	สัญลักษณ์	เลขยกกำลังฐาน 10	จำนวนเต็มปกติ
เอ็กซัส (exa)	E	10^{18}	1,000,000,000,000,000,000
เพตะ (peta)	P	10^{15}	1,000,000,000,000,000
เทรา (tera)	T	10^{12}	1,000,000,000,000
จิกะ (giga)	G	10^9	1,000,000,000
เมกะ (mega)	M	10^6	1,000,000
กิโล (kilo)	k	10^3	1,000
ยูนิต (unit)	-	10^0	1
มิลลิ (milli)	m	10^{-3}	0.001
ไมโคร (micro)	μ	10^{-6}	0.000 001
นาโน (nano)	n	10^{-9}	0.000 000 001
พิโก (pico)	p	10^{-12}	0.000 000 000 001

เฟมโต (femto)	f	10^{-15}	0.000 000 000 000 001
อัตโต (atto)	a	10^{-18}	0.000 000 000 000 000 001

ที่มา : ประสิทธิ์ ภูสมมา (2553 : 18)

ในการเปลี่ยนหน่วยของการคำนวณหรือการแก้ปัญหาของการทำโจทย์ในบางครั้งจำเป็นที่จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงหน่วยต่าง ๆ ทั้งนี้เนื่องจากต้องทำให้เป็นหน่วยเดียวกันก่อนมิฉะนั้นแล้วจะทำให้เกิดความยุ่งยากต่อการคำนวณได้ สามารถแสดงตัวอย่างวิธีการเปลี่ยนค่านำหน้าหน่วยของปริมาณทางไฟฟ้า ดังตัวอย่างที่ 1.2 ถึงตัวอย่างที่ 1.3

ตัวอย่างที่ 1.2 จงเขียนค่านำหน้าหน่วยของปริมาณทางไฟฟ้า ดังต่อไปนี้

- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1) 2,500 โอห์ม | 2) 17,000,000 วัตต์ |
| 3) 0.00000031 ฟารัด | 4) 0.009 แอมแปร์ |

วิธีทำ

- | | |
|---------------------|----------------------------------|
| 1) 2,500 โอห์ม | = $2.5 \times 10^3 \Omega$ |
| | = 2.5k Ω |
| 2) 17,000,000 วัตต์ | = $17 \times 10^6 \text{W}$ |
| | = 17MW |
| 3) 0.00000031 ฟารัด | = $0.31 \times 10^{-6} \text{F}$ |
| | = 0.31 μF |
| 4) 0.009 แอมแปร์ | = $9 \times 10^{-3} \text{A}$ |
| | = 9mA |

ตัวอย่างที่ 1.3 จงเปลี่ยนปริมาณไฟฟ้าต่อไปนี้ให้ค่านำหน้าหน่วยเป็นมิลลิ (milli Unit)

- | | |
|------------------|-----------------|
| 1) 0.007 แอมแปร์ | 2) 0.4 แอมแปร์ |
| 3) 0.36 โวลต์ | 4) 0.0002 วัตต์ |

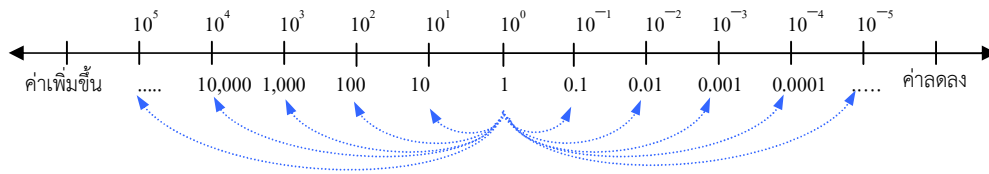
วิธีทำ

- | | |
|------------------|---------------------------------|
| 1) 0.007 แอมแปร์ | = $7 \times 10^{-3} \text{A}$ |
| | = 7mA |
| 2) 0.4 แอมแปร์ | = $400 \times 10^{-3} \text{A}$ |
| | = 400mA |
| 3) 0.36 โวลต์ | = $360 \times 10^{-3} \text{V}$ |

$$\begin{aligned}
 &= 360\text{mV} \\
 4) 0.0002 \text{ วัตต์} &= 0.2 \times 10^{-3} \text{ W} \\
 &= 0.2\text{mW}
 \end{aligned}$$

จากตัวอย่างที่ 1.2 และตัวอย่างที่ 1.3 จะเห็นได้ว่าค่านำหน้าหน่วยนั้นไม่ใช่หน่วยแต่เป็นสัญลักษณ์ที่ใช้แทนค่าตัวเลขยกกำลังฐานสิบ ดังนั้น ในการเปลี่ยนแปลงหน่วยที่มีขนาดต่าง ๆ จำเป็นจะต้องเพิ่มหรือลดขนาดของหน่วยให้มีค่านำหน้าหน่วยที่เหมาะสม

ในการเปลี่ยนแปลงหน่วยบางครั้งจำเป็นต้องเพิ่มหรือลดขนาดของหน่วยให้เหมาะสม โดยเฉพาะหน่วยของปริมาณทางไฟฟ้า และเพื่อให้ง่ายในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของเลขจำนวนเต็ม เลขทศนิยม และเลขยกกำลังฐานสิบได้โดยแสดงวิธีการเลื่อนตำแหน่งหลักตามการยกกำลังและจุดทศนิยมบนแนวเส้นจำนวนจริงในทิศทางที่มีค่าเพิ่มขึ้นและที่มีค่าลดลงได้ ดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 การเลื่อนตำแหน่งเลขจำนวนเป็นเลขยกกำลังฐานสิบ

ที่มา : กรณ์ ศุภหัตถานุกูล (2556 : 7)

เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการเลื่อนตำแหน่งเลขจำนวนเป็นเลขยกกำลังฐานสิบ สามารถพิจารณาได้ดังตัวอย่างที่ 1.4 ถึงตัวอย่างที่ 1.5

ตัวอย่างที่ 1.4 จงเปลี่ยนตำแหน่งของเลขทศนิยมต่อไปนี้ ให้เป็นเลขยกกำลังฐานสิบ

- 1) 0.000436
- 2) 0.0014
- 3) 8,750,000
- 4) 2,270

วิธีทำ

$$\begin{array}{ll}
 1) 0.000436 & = 43.6 \times 10^{-5} \\
 2) 0.0014 & = 1.4 \times 10^{-3} \\
 3) 8,750,000 & = 8.75 \times 10^6 \\
 4) 2,270 & = 2.27 \times 10^3
 \end{array}$$

ตัวอย่างที่ 1.5 จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

1) การบวกเลขยกกำลังฐานสิบ

วิธีทำ

$$\begin{aligned}
 1.1) 2,400 + 30,000 &= 2,400 + 30,000 &= (2.4 \times 10^3) + (30 \times 10^3) \\
 &= (2.4 + 30) \times 10^3 \\
 &= 32.4 \times 10^3 \\
 &= 32.4\text{k}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 1.2) 0.0075 + 0.0085 &= 0.0075 + 0.0085 &= (7.5 \times 10^{-3}) + (8.5 \times 10^{-3}) \\
 &= (7.5 + 8.5) \times 10^{-3} \\
 &= 16 \times 10^{-3} \\
 &= 1.6\text{m}
 \end{aligned}$$

2) การลบเลขยกกำลังฐานสิบ

$$\begin{aligned}
 2.1) 5,500 - 85,000 &= 5,500 - 85,000 &= (5.5 \times 10^3) - (85 \times 10^3) \\
 &= (5.5 - 85) \times 10^3 \\
 &= -79.5 \times 10^3 \\
 &= -79.5\text{k}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2.2) 0.0075 - 0.0020 &= 0.0075 - 0.0020 &= (7.5 \times 10^{-3}) - (2 \times 10^{-3}) \\
 &= (7.5 - 2) \times 10^{-3} \\
 &= 5.5 \times 10^{-3} \\
 &= 5.5\text{m}
 \end{aligned}$$

3) การคูณ เลขยกกำลังฐานสิบ

$$\begin{aligned}
 3.1) 20,000 \times 1,800,000 &= 20,000 \times 1,800,000 \\
 &= (2 \times 10^4) \times (18 \times 10^5) \\
 &= (2 \times 18) \times (10^4 \times 10^5) \\
 &= 36 \times 10^{(4+5)} \\
 &= 36 \times 10^9 \\
 &= 36G
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3.2) 0.022 \times 1,500 &= 0.022 \times 1,500 \\
 &= (22 \times 10^{-3}) \times (1.5 \times 10^3) \\
 &= (22 \times 1.5) \times (10^{-3} \times 10^3) \\
 &= 33 \times 10^{(-3)+3} \\
 &= 33
 \end{aligned}$$

จากตัวอย่างที่ 1.4 และตัวอย่างที่ 1.5 จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงหน่วยที่มีค่าเพิ่มขึ้นหรือมีค่าลดลงของหน่วยที่ได้จากการคำนวณหาค่าหน่วยต่าง ๆ และค่าความสัมพันธ์ของเลขจำนวนเต็ม เลขทศนิยม และเลขยกกำลังฐานสิบ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการคำนวณหาค่าปริมาณทางไฟฟ้าได้

กฎของโอห์ม

ในวงจรไฟฟ้าใด ๆ ที่ประกอบไปด้วยแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงก็คือเมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าขึ้นกระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านโหลดแต่ละจุดจนครบรอบของวงจรมัน ๆ แต่ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าไปในวงจรมากเกินไปจะทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชำรุดเสียหายได้ เพื่อป้องกันการชำรุดเสียหายของอุปกรณ์สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์ไฟฟ้าได้จากกฎของโอห์ม และได้มีผู้กล่าวถึงกฎของโอห์มมีดังนี้

ปารีสชาติ เสือโรจน์ (2556 : 1) กล่าวว่า การหาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์ไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้ากับความต้านทาน ซึ่งในวงจรไฟฟ้ากระแสที่ไหลผ่านตัวนำใด ๆ จะแปรผันโดยตรงกับความต่างศักย์ และจะแปรผกผันหรือแปรผันกลับกับค่าความต้านทาน ความสัมพันธ์ดังกล่าวโดยผลงานการค้นพบของ จอร์จ ซีมอน โอห์ม (George Simon Ohm) เกิดเมื่อวันที่ 16 มีนาคม ค.ศ. 1787 ที่เมืองเออร์แลงเกน ประเทศเยอรมนี ซึ่งเป็นผู้ตั้งกฎของโอห์ม (Ohm's Law) บิดาชื่อว่าจอห์น โอห์ม (John Ohm) มีอาชีพเป็นช่างทำกุญแจและปิ่นแม่ว่าฐานะทาง

ครอบครัวของโอห์มจะค่อนข้างยากจนแต่โอห์มก็ขวนขวายหาความรู้ และได้เข้าเรียนชั้นต้นในโรงเรียนรึลสคูล ในเมืองแอมเบิร์ก หลังจากจบการศึกษาชั้นต้นแล้วโอห์มได้เข้าศึกษาเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ที่มหาวิทยาลัยแห่งเมืองเออร์แลงเกน (University of Erlangen) ในช่วงเวลาต่อมาจอร์จ ซิมอน โอห์ม ได้เข้าศึกษาต่ออีกครั้งจนสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกทางคณิตศาสตร์แต่เขายังคงทำงานอยู่ที่โรงเรียนแห่งนั้นจนกระทั่งปี ค.ศ. 1817 โอห์มได้รับเชิญจากพระเจ้าเฟรดเดอริกแห่งราชอาณาจักรรัสเซีย ให้ดำรงตำแหน่งศาสตราจารย์สอนวิชาคณิตศาสตร์ประจำวิทยาลัยเยซูท (Jesuit College) แห่งมหาวิทยาลัยโคโลญ (Cologne University) ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ และในช่วงเวลาต่อมาจอร์จ ซิมอน โอห์ม (George Simon Ohm) ได้เสียชีวิตเมื่อวันที่ 27 กรกฎาคม ค.ศ. 1854 ที่เมืองมิวนิค ประเทศเยอรมนี

จากกฎของโอห์มในวงจรไฟฟ้าใด ๆ จะต้องมียุทธศาสตร์ประกอบที่สำคัญ คือกระแสไฟฟ้า (Current) ที่ไหลผ่านในวงจรไฟฟ้า แหล่งจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากภายนอก ค่าความต้านทานทำหน้าที่เป็นภาระ (Load) ให้กับวงจร โดยมีวิธีการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์ไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้ากับความต้านทาน (ปาริชาติ เสือโรจน์. 2556 : 1) สามารถสรุปเป็นกฎออกมาได้ดังนี้

1. กระแสไฟฟ้าที่ไหลภายในวงจรจะแปรผันโดยตรงกับแรงดันไฟฟ้าที่มีสมการดังนี้

$$\text{ค่ากระแสไฟฟ้า } (I) \propto \text{ค่าแรงดันไฟฟ้า } (E) \quad (7)$$

จากสมการที่ 1 สามารถสรุปได้ว่าเมื่อมีค่าแรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นกระแสไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อแรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงลดลงกระแสไฟฟ้าจะมีค่าลดลงตามด้วย

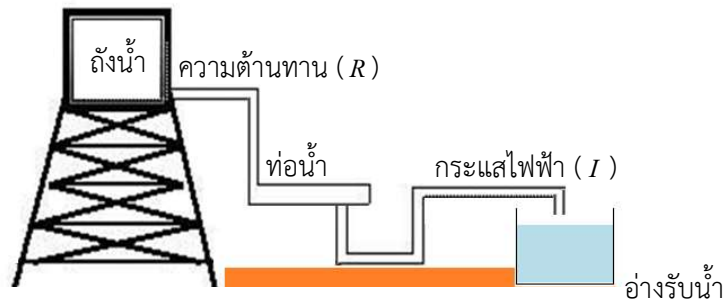
2. กระแสไฟฟ้าที่ไหลภายในวงจรจะแปรผกผันกับความต้านทานไฟฟ้าที่มีสมการดังนี้

$$\text{ค่ากระแสไฟฟ้า } (I) \propto \text{ค่าความต้านทาน } (\Omega) \quad (8)$$

จากสมการที่ 8 สามารถสรุปได้ว่าเมื่อมีค่าความต้านทานไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นกระแสไฟฟ้าจะมีค่าลดลง และเมื่อความต้านทานไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงลดลงกระแสไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มขึ้น

ในการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต้านทาน โดยทำการเปรียบเทียบกับกระบวนการไหลของน้ำ คือ ให้แรงดัน (E) เป็นถังเก็บน้ำที่อยู่ในระดับสูง ให้ความต้านทาน (R) เป็นขนาดท่อประปาระบายน้ำ (ซึ่งท่อขนาดเล็กจะมีความต้านทานมากและท่อขนาดใหญ่จะมีความต้านทานน้อย) ให้กระแสไฟฟ้า (I) เป็นปริมาณของน้ำตามที่ต้องการใช้ ดังภาพที่ 1.2

แรงดัน (E)



ภาพที่ 1.2 การเปรียบเทียบการไหลของน้ำกับวงจรไฟฟ้าตามกฎของโอห์ม

ที่มา : วิชัย จิตต์ประสงค์ (ม.ป.ป. : 2)

จากภาพที่ 1.2 อธิบายได้ว่าแรงดันของน้ำที่ไหลออกมาจากถังเก็บน้ำ (E) ถ้าหากต้องการให้มีแรงดันสูงจะต้องกำหนดให้ถังมีความสูงขึ้นไปตามลำดับที่ต้องการ ส่วนความต้านทาน (R) เป็นการบ่งบอกถึงขนาดของท่อน้ำประปา ถ้าหากท่อน้ำมีขนาดเล็กความต้านทานมากน้ำจะไหลได้น้อย (เปรียบเสมือนการต่อตัวต้านทานภายในวงจรไฟฟ้าจะต้องมีค่าความต้านทานมาก) แต่ถ้าต้องการท่อน้ำมีขนาดใหญ่ความต้านทานน้อยน้ำจะไหลได้มาก (เปรียบเสมือนการต่อตัวต้านทานภายในวงจรไฟฟ้าจะต้องมีค่าความต้านทานน้อย) ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าปริมาณของกระแสไฟฟ้าเปรียบเหมือนกับปริมาณของน้ำที่ไหลออกจากท่อ

ชุด อินทะลี (2553 : 13-14) กล่าวว่า การเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวนำไฟฟ้าเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับความต่างศักย์ และเป็นปฏิกิริยาผกผันกับความต้านทาน สามารถบอกคุณสมบัติสำคัญของความสัมพันธ์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ศักย์ไฟฟ้า (Potential) ระดับพลังงานไฟฟ้าที่มีอยู่ในวัตถุนั้น ๆ โดยที่ประจุลบจะเคลื่อนที่ผ่านจากจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำไปยังศักย์ไฟฟ้าที่มีค่าสูงกว่า ส่วนประจุบวกนั้นจะเคลื่อนที่ผ่านจากจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงไปยังจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า และความต่างศักย์ไฟฟ้า (Potential Difference) เป็นความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุด 2 จุด โดยจะมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานเมื่อประจุบวก 1 หน่วยเคลื่อนที่ผ่านจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งภายในสนามไฟฟ้า ซึ่งจะมีหน่วยของความต่างศักย์ไฟฟ้าจะเรียกว่า ค่าโวลต์เตจ (Voltage)

2. กระแสไฟฟ้า (Electric Current) เกิดขึ้นจากการไหลของอิเล็กตรอนผ่านวัสดุชนิดหนึ่ง เป็นวิธีการถ่ายโอนประจุไฟฟ้าอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ในสนามไฟฟ้า โดยสร้างความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างสองบริเวณ ในการทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าโดยวงจรไฟฟ้าเป็นวงจรปิดจะประกอบไปด้วยแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้าและอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านและสามารถหาอัตราการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าต่อเวลาโดยเขียนสมการได้ (**ชุด อินทะลี. 2553 : 13**) ดังนี้

$$I = \frac{Q}{t} \quad (9)$$

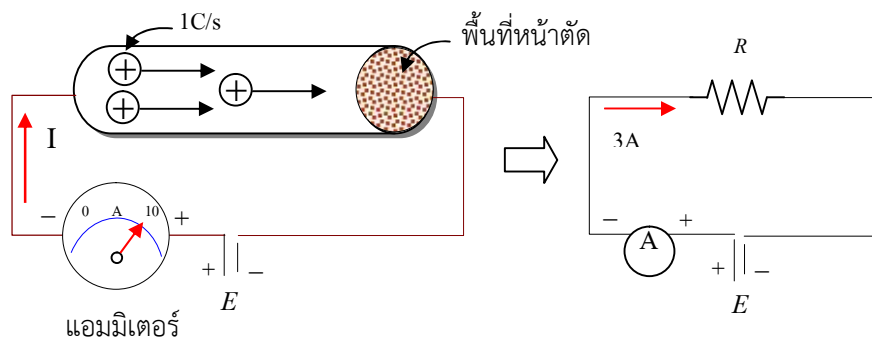
เมื่อ I คือ กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็นแอมแปร์ (A)
 Q คือ ประจุไฟฟ้า มีหน่วยเป็นคูลอมบ์ (C)
 t คือ เวลา มีหน่วยเป็นวินาที (s)

จากสมการที่ 9 เมื่อกำหนดให้กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ เป็นอัตราการไหลของค่าประจุไฟฟ้า 1 คูลอมบ์ ในการเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดใด ๆ ของตัวนำในเวลา 1 วินาที ในทางทฤษฎีวงจรไฟฟ้า ประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่เรียกว่ากระแสไฟฟ้า โดยใช้สัญลักษณ์ I มีหน่วยเป็นแอมแปร์ (Ampere : A) ซึ่งนำมาจากชื่อขององเดร แมรี แอมแปร์ (Andre Marie Ampere) นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส (สัญลักษณ์ I เป็นภาษาฝรั่งเศสมาจากคำว่า Intensity) ซึ่งเป็นผู้คิดค้นพบว่าการเกิดกระแสไฟฟ้าที่ไหลของประจุไฟฟ้า (ชัต อินทะสี. 2553 : 14) สามารถแปลงหน่วยกระแสไฟฟ้าได้ดังนี้

การแปลงหน่วยกระแสไฟฟ้า

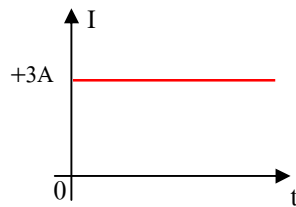
1 กิโลแอมแปร์ (kA) = 1,000 แอมแปร์ (A)
 1 แอมแปร์ (A) = 1,000 มิลลิแอมแปร์ (mA)
 = 1,000,000 ไมโครแอมแปร์ (μ A)

ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าจะกำหนดให้ไหลจากจุดที่มีประจุเป็นบวกมากไปยังจุดที่มีประจุเป็นลบหรือเป็นบวกน้อยกว่าและการแสดงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าทำได้โดยการเขียนลูกศรกำกับไว้ข้างตัวนำไฟฟ้าพร้อมบอกขนาดกระแสไฟฟ้า ดังภาพที่ 1.3 (ชัต อินทะสี. 2553 : 14)

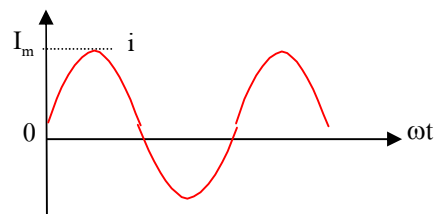


ภาพที่ 1.3 การไหลของกระแสไฟฟ้าในทิศทางเดียวกับประจุบวก

ในลักษณะของวงจรไฟฟ้าถ้าหากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำจะมีขนาดคงที่เป็นค่าบวกหรือค่าลบเพียงทิศทางเดียวตลอดเวลาจะเรียกว่า ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current : DC) และถ้าหากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำมีทิศทางสลับไปสลับมาเป็นค่าบวกและค่าลบในช่วงเวลาใด ๆ จะเรียกว่า ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current : AC) แสดงลักษณะรูปคลื่นของกระแสไฟฟ้าแต่ละชนิด ดังภาพที่ 1.4



(ก) ไฟฟ้ากระแสตรง



(ข) ไฟฟ้ากระแสสลับ

ภาพที่ 1.4 ชนิดของกระแสไฟฟ้า

ที่มา : พันธุ์ศักดิ์ พุฒิमानิตพงศ์ (2546 : 4-6)

เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า สามารถแสดงวิธีการคำนวณหาค่าได้ดังตัวอย่างที่ 1.6

ตัวอย่างที่ 1.6 โดยกำหนดให้ประจุไฟฟ้ามีขนาด 2,400 coulomb ขณะเคลื่อนที่ผ่านภาระไฟฟ้าในเวลา 30 วินาที ขนาดของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านภาระไฟฟ้าจะมีค่าเท่าไร

วิธีทำ

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{2,400\text{C}}{30\text{s}} = 80\text{A}$$

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าค่ากระแสไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 80A

3. แรงดันไฟฟ้า (Voltage) เป็นจำนวนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการเคลื่อนที่ประจุไฟฟ้าต่อจำนวนประจุไฟฟ้าสามารถเขียนสมการได้ (ชัต อินทะสี. 2553 : 15) ดังนี้

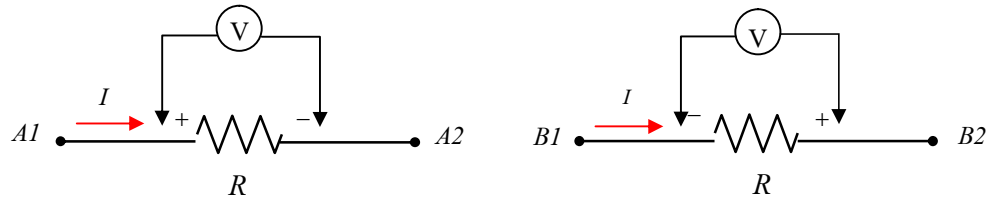
$$E = \frac{W}{Q} \quad (10)$$

เมื่อ E คือ แรงดันไฟฟ้าหรือค่าความต่างศักย์ มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)
 W คือ พลังงานหรืองาน มีหน่วยเป็นจูล (J)
 Q คือ ประจุไฟฟ้า มีหน่วยเป็นคูลอมบ์ (C)

$$\text{โดย} \quad IV = \frac{IJ}{IC} \quad (11)$$

จากสมการที่ 10 และ 11 จะได้ว่าแรงดันไฟฟ้า 1 โวลต์ คือ อัตราการใช้พลังงาน 1 จูล ในการเคลื่อนที่ประจุไฟฟ้า 1 คูลอมบ์ ใช้สัญลักษณ์ E มีหน่วยเป็นโวลต์ (Volt : V) ซึ่งนำมาจากชื่อของอันโตนิโอ โวลตา (Antonio Volta) นักฟิสิกส์ชาวอิตาลี เป็นผู้ค้นพบว่า แรงดันไฟฟ้าเป็นพลังงานที่ได้จากการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้า

การกำหนดขั้วแรงดันไฟฟ้าที่ตัวต้านทานภายในวงจรไฟฟ้า จะนิยมกำหนดตามทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขั้วโหนดต่าง ๆ โดยกำหนดให้กระแสไฟฟ้าไหลเข้าเป็นขั้วบวก และกระแสไฟฟ้าไหลออกเป็นขั้วลบ ดังนั้น แรงดันไฟฟ้าระหว่างทั้งสองขั้วจะเรียกว่า ค่าความต่างศักย์ (Potential-Difference) ดังภาพที่ 1.5

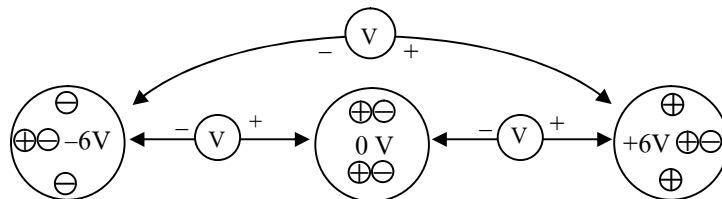


(ก) การวัดแรงดัน E_{A1-A2}

(ข) การวัดแรงดัน $-E_{B1-B2}$

ภาพที่ 1.5 ค่าความต่างศักย์ตามทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า

จากภาพที่ 1.5 (ก) เมื่อนำโวลต์มิเตอร์วัดค่าความต่างศักย์ที่จุด E_{A1-A2} โดยต่อขั้วบวก (+) ที่จุด $A1$ และต่อขั้วลบ (-) ที่จุด $A2$ ในกรณีนี้จุด $A1$ มีแรงดันสูงกว่าจุด $A2$ ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ E_{A1-A2} และจากภาพที่ 1.5 (ข) เป็นการวัดโดยสลับขั้วโวลต์มิเตอร์ โดยแรงดันที่จุด $B2$ เป็นบวกเมื่อเทียบกับแรงดันที่จุด $B1$ ในกรณีนี้จุด $B2$ มีแรงดันสูงกว่าจุด $B1$ ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ $-E_{B1-B2}$ และสามารถแสดงลักษณะของความต่างศักย์ไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าที่จุด 2 จุด ดังภาพที่ 1.6



ภาพที่ 1.6 ความต่างศักย์ไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าที่จุด 2 จุด

ที่มา : ศักดิ์รินทร์ นัตติลล (2559 : 343)

จากภาพที่ 1.6 เป็นการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าของความต่างศักย์ระหว่างจุดสองจุดแสดงได้ด้วย
ขั้วของโวลต์มิเตอร์ สามารถคำนวณหาแรงดันไฟฟ้าได้ดังตัวอย่างที่ 1.7 (ชัต อินทะสี. 2553 : 15)

ตัวอย่างที่ 1.7 จงหาค่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ขณะที่หลอดไฟฟ้าทำให้เกิดประจุ
ขนาด 50C เคลื่อนที่ไปยังหลอดไฟฟ้า ทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้า 1,000J

วิธีทำ

$$E = \frac{W}{Q} = \frac{1000J}{50C} = 20V$$

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าค่าแรงดันไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 20V

4. กำลังไฟฟ้า (Electric Power) เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วย
เวลาซึ่งสามารถเขียนสมการ (จรรยาวัฒน์ ใจอ่อนนุ่ม. 2543 : 16) ได้ดังนี้

$$P = \frac{W}{t} \quad (12)$$

เมื่อ	P	คือ กำลังไฟฟ้า	มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)
	W	คือ พลังงานไฟฟ้า	มีหน่วยเป็นจูล (J)
	t	คือ เวลา	มีหน่วยเป็นวินาที (s)

จากสมการที่ 12 เมื่อกำลังไฟฟ้า 1 วัตต์ คืออัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้า ขนาด 1
จูล ต่อเวลา 1 วินาที และสามารถแสดงผลการเปรียบเทียบระหว่างค่ากำลังทางกลกับค่ากำลังทาง
ไฟฟ้าได้ (จรรยาวัฒน์ ใจอ่อนนุ่ม. 2543 : 16) ดังนี้

$$1 \text{ แรงม้า (HP)} = 550 \text{ ft-lb/s} = 746 \text{ วัตต์ (W)} \quad (13)$$

การแปลงหน่วยกำลังไฟฟ้า

$$\begin{aligned} 1 \text{ แรงม้า (HP)} &= 746 \text{ วัตต์ (W)} \\ 1 \text{ วัตต์ (W)} &= 1,000 \text{ มิลลิวัตต์ (mW)} \\ &= 1,000,000 \text{ ไมโครวัตต์ (\mu W)} \end{aligned}$$

$$1 \text{ กิโลวัตต์ (kW)} = 1,000 \text{ วัตต์ (W)}$$

$$1 \text{ เมกะวัตต์ (MW)} = 1,000 \text{ กิโลวัตต์ (kW)}$$

ในการคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าที่มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt) โดยนำมาจากชื่อของเจมส์ วัตต์ (James Watt) ซึ่งเป็นผู้ค้นพบว่ากำลังไฟฟ้าได้จากผลคูณของแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้า สามารถเขียนสมการได้ (จิระวัฒน์ ใจอ่อนนุ่ม. 2543 : 15) ดังนี้

$$P = E \times I \quad (14)$$

เมื่อ P คือ กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)
 E คือ แรงดันที่ต่อกับเครื่องใช้ไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)
 I คือ กระแสที่ไหลผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้า มีหน่วยเป็นแอมแปร์ (A)

5. พลังงานไฟฟ้า (Electric Energy) การใช้กำลังไฟฟ้าของภาระโหลด เช่น การใช้พลังงานไฟฟ้าทำให้เกิดความร้อน ซึ่งปริมาณทางกำลังไฟฟ้า (ชิต อินทะสี. 2553 : 16) สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$W = P \times t \quad (15)$$

เมื่อ W คือ พลังงานไฟฟ้า มีหน่วยเป็นจูล (J)
 P คือ กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)
 t คือ เวลา มีหน่วยเป็นวินาที (s)

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้กำลังไฟฟ้าสูง ๆ ถ้าใช้เป็นเวลานานจะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ามาก การคิดค่าพลังงานไฟฟ้าจะคิดเป็นหน่วยหรือยูนิต (Unit) และคิดเป็นชั่วโมงซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$Unit = \left(\frac{P \times n}{1,000} \right) \times t \quad (16)$$

เมื่อ P คือ กำลังไฟฟ้า (วัตต์)
 n คือ จำนวนเครื่องใช้งาน
 t คือ ระยะเวลารวมในการใช้งาน (ชั่วโมง)

เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการคำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้าและจำนวนหน่วยยูนิตสามารถแสดงได้ดังตัวอย่างที่ 1.8 ถึงตัวอย่างที่ 1.11

ตัวอย่างที่ 1.8 เตารีดไฟฟ้ามีกำลังไฟฟ้า 2,200 วัตต์ โดยใช้รีดผ้าจำนวน 3 เครื่อง จำนวน 2 ชั่วโมง จงคำนวณหาจำนวนยูนิต

วิธีทำ

$$\begin{aligned} \text{Unit} &= \left(\frac{P \times n}{1,000} \right) \times t = \left(\frac{2,200\text{W} \times 3}{1,000} \right) \times 2 \\ &= 13.2\text{U ต่อวัน} \end{aligned}$$

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า ใน 1 เดือนใช้ไฟฟ้าจำนวน : $13.2 \times 30 = 396\text{U}$ ต่อเดือน

ตัวอย่างที่ 1.9 หลอดไฟฟ้าขนาด 100W ถูกเปิดใช้งานนาน 10 ชั่วโมง จงคำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด

วิธีทำ

$$\begin{aligned} W &= P \times t = 100\text{W} \times 10\text{h} = 1000\text{W-h} \\ &= 1\text{kW-h} \end{aligned}$$

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 1 กิโลวัตต์

ตัวอย่างที่ 1.10 หม้อหุงข้าวไฟฟ้าใช้กำลังไฟฟ้าขนาดเท่ากับ 900 วัตต์ ถ้าหากใช้งานหม้อหุงข้าว จำนวน 1 ชั่วโมง จงคำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้าสิ้นเปลืองทั้งหมด

วิธีทำ

$$\begin{aligned} \text{หม้อหุงข้าวไฟฟ้าใช้กำลังไฟฟ้า} &= 900 \text{ วัตต์} \\ \text{ใช้หม้อหุงข้าวไฟฟ้า จำนวน 1 ชั่วโมง} &= 60 \times 60 \text{ วินาที} \\ \text{จากความสัมพันธ์ จะได้ว่า :} & \\ \text{พลังงานไฟฟ้า (จูล)} &= \text{กำลังไฟฟ้า (วัตต์)} \times \text{เวลา (วินาที)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าพลังงานไฟฟ้า (จูล)} &= 900 \times 60 \times 60 \\ &= 3,240,000 \text{ จูล} \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 1.11 เครื่องพัดลมตั้งพื้นมีขนาด 50 วัตต์ จำนวน 3 ตัว ถ้าหากเปิดพร้อมกันจะใช้กำลังไฟฟ้ารวมกันกี่วัตต์ และถ้าเปิดใช้งาน จำนวน 4 ชั่วโมง จะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ากี่หน่วย

วิธีทำ

$$\text{โดยใช้กำลังไฟฟ้ารวม} = 50 \text{ วัตต์} \times 3 \text{ ตัว}$$

$$= 150 \text{ วัตต์}$$

$$\text{กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)} = 150/1,000 \text{ กิโลวัตต์}$$

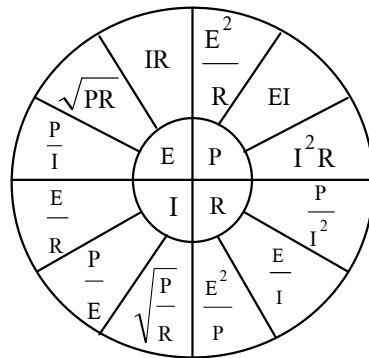
ดังนั้น เครื่องพัดลมตั้งพื้นทั้ง 3 ตัว ใช้กำลังไฟฟ้า 0.15 กิโลวัตต์

$$\text{พลังงานไฟฟ้า} = \text{กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)} \times \text{เวลา (ชั่วโมง)}$$

$$\begin{aligned} \text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้} &= 0.15 \text{ กิโลวัตต์} \times 4 \text{ ชั่วโมง} \\ &= 0.6 \text{ หน่วย} \end{aligned}$$

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า เครื่องพัดลมตั้งพื้นทั้ง 3 ตัว ใช้กำลังไฟฟ้า 0.15 กิโลวัตต์ และค่าสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไป เท่ากับ 0.6 หน่วย

ในการหาค่าปริมาณทางไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าใด ๆ กระแสไฟฟ้าจะแปรผันโดยตรงกับแรงดันไฟฟ้า และแปรผกผันกับค่าความต้านทานของวงจร สามารถศึกษาสมการในการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าตามกฎของโอห์ม ซึ่งไม่จำเป็นต้องจดจำสมการทั้งหมดเพียงแต่ต้องรู้ที่มาของแต่ละสมการก็จะทำให้ได้สมการที่ต้องการ (ชุด อินทนะสี. 2553 : 69) ดังภาพที่ 1.7



ภาพที่ 1.7 สมการความสัมพันธ์กฎของโอห์ม

ที่มา : ชุด อินทนะสี (2553 : 69)

จากภาพที่ 1.7 สามารถสรุปได้ว่ามีสมการหลักอยู่เพียง 4 สมการเท่านั้น นอกเหนือจากนั้นเป็นการแทนค่าในสมการมีทั้งหมดจำนวน 12 สมการ (ชุด อินทนะสี. 2553 : 69) ดังนี้

$$1. \text{ จากสมการการหากระแสไฟฟ้า} \quad I = \frac{E}{R}$$

$$\text{เขียนสมการได้อีก 2 สมการ คือ} \quad E = I \times R \text{ และ } R = \frac{E}{I} \text{ (ย้ายข้างสมการ)}$$

$$2. \text{ จากสมการการหากำลังงานไฟฟ้า} \quad P = E \times I$$

เขียนสมการได้อีก 2 สมการ คือ $E = \frac{P}{I}$ และ $I = \frac{P}{E}$ (ย้ายข้างสมการ)

3. จากสมการการหาค่าพลังงานไฟฟ้า $P = I^2 \times R$

เขียนสมการได้อีก 2 สมการ คือ $R = \frac{P}{I^2}$ และ $I^2 = \frac{P}{R}$ หรือ $I = \sqrt{\frac{P}{R}}$

4. จากสมการการหาค่าพลังงานไฟฟ้า $P = E \times I$ แทนค่า $I = \frac{E}{R}$

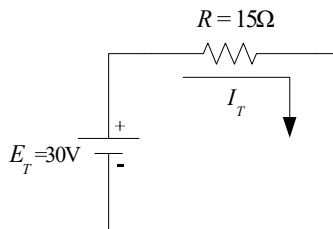
จะได้ว่า $P = E \times \frac{E}{R} = \frac{E^2}{R}$

5. จากสมการการหาค่าพลังงานไฟฟ้า $P = \frac{E^2}{R}$

เขียนสมการได้อีก 2 สมการ คือ $R = \frac{E^2}{P}$ และ $E^2 = P \times R$ หรือ $E = \sqrt{PR}$

เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการหาค่าปริมาณทางไฟฟ้าค่าใด สามารถนำสมการความสัมพันธ์ตามกฎของโอห์มที่ต้องการใช้ในคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า ค่าแรงดันไฟฟ้า และค่าความต้านทานโดยใช้กฎของโอห์มได้ ดังตัวอย่างที่ 1.12 ถึงตัวอย่างที่ 1.14

ตัวอย่างที่ 1.12 จงคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าของวงจร



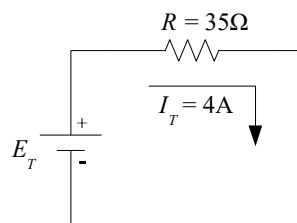
ภาพที่ 1.8 วงจรไฟฟ้าของตัวอย่างที่ 1.12

วิธีทำ

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร} \quad I_T &= \frac{E_T}{R_T} = \frac{30V}{15\Omega} \\ &= 2A \end{aligned}$$

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลภายในวงจรมีค่าเท่ากับ 2A

ตัวอย่างที่ 1.13 จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าของวงจร



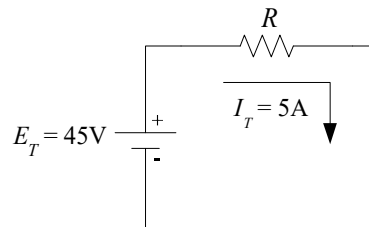
ภาพที่ 1.9 วงจรไฟฟ้าของตัวอย่างที่ 1.13

วิธีทำ

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร } E &= I \times R &&= 4A \times 35\Omega \\ &&&= 140V \end{aligned}$$

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าค่าแรงดันไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 140V

ตัวอย่างที่ 1.14 จงคำนวณหาค่าความต้านทานของวงจร



ภาพที่ 1.10 วงจรไฟฟ้าของตัวอย่างที่ 1.14

วิธีทำ

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร } R &= \frac{E_T}{I_T} &&= \frac{45V}{5A} \\ &&&= 9\Omega \end{aligned}$$

สามารถสรุปได้ว่าค่าความต้านทานรวม มีค่าเท่ากับ 9Ω

ดังนั้น ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงใด ๆ ที่ประกอบไปด้วยแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยสามารถคำนวณหาค่าปริมาณทางไฟฟ้าได้จากกฎของโอห์มโดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้ากับความต้านทาน ตามหลักการของกระแสที่ไหลผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือตัวนำใด ๆ จะแปรผันโดยตรงกับแรงดันไฟฟ้าหรือแรงดันตกคร่อมที่ตัวนำ และกระแสไฟฟ้าจะแปรผกผันกับความต้านทานตามหลักการของค่าความต้านทานมากจะทำให้กระแสที่ไหลผ่านตัวนำมีค่าน้อยและค่าความต้านทานน้อยจะทำให้มีกระแสไหลผ่านมีค่ามาก

สรุป

จากการศึกษาระบบหน่วย สามารถสรุปได้ว่าระบบหน่วยที่เป็นมาตรฐานสากลในปัจจุบันซึ่งเรียกว่า ระบบหน่วยเอสไอ เป็นระบบหน่วยที่นิยมใช้ในปัจจุบัน มีอยู่ทั้งหมด 7 หน่วยพื้นฐาน คือหน่วยความยาวเป็นหน่วยวัดความยาวมีนิยามว่าเมตร หน่วยมวลเป็นหน่วยวัดมวลมีนิยามว่า กิโลกรัม หน่วยเวลาเป็นหน่วยวัดเวลามีนิยามว่า วินาที หน่วยกระแสไฟฟ้าเป็นหน่วยวัดกระแสไฟฟ้ามีนิยามว่า แอมแปร์ หน่วยอุณหภูมิเป็นหน่วยวัดอุณหภูมิมีนิยามว่า เคลวิน หน่วยความเข้มของการส่องสว่างเป็นหน่วยวัดความเข้มของการส่องสว่างมีนิยามว่า แคนเดลา และหน่วยปริมาณของสารเป็นหน่วยวัดปริมาณสารมีนิยามว่า โมล

จากการศึกษาหน่วยอนุพันธ์ สามารถสรุปได้ว่าเป็นหน่วยที่เกิดจากการรวมกันของหน่วยฐานเอสไอ โดยการคูณหรือหารเพื่อใช้ในการวัดและการแสดงปริมาณต่าง ๆ ซึ่งหน่วยอนุพันธ์สามารถมีได้หลายรูปแบบไม่จำกัดเนื่องจากการที่ปริมาณต่าง ๆ ในโลกนี้ที่มนุษย์สามารถเรียนรู้ซึ่งเพียงแต่เลือกหน่วยพื้นฐานมาประกอบเข้าด้วยกันให้ถูกต้องเท่านั้น

จากการศึกษาคำอุปสรรค สามารถสรุปได้ว่าเป็นคำในหน่วยฐานหรือหน่วยอนุพันธ์น้อยหรือมากเกินไป สามารถเขียนคำให้อยู่ในรูปตัวเลข คูณด้วยเลขสิบยกกำลังบวกหรือลบ

จากการศึกษาทฤษฎีของโอห์มการหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน กระแส และความต้านทานเกิดขึ้นตามความเป็นจริงของการทำงานในวงจรไฟฟ้าที่ประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือศักย์ไฟฟ้าเป็นระดับของพลังงานศักย์ไฟฟ้า ณ จุดใด ๆ ในสนามไฟฟ้า โดยศักย์ไฟฟ้าบวกเป็นศักย์ของจุดที่อยู่ในสนามของประจุบวก และศักย์ไฟฟ้าลบเป็นศักย์ของจุดที่อยู่ในสนามของประจุลบ ศักย์ไฟฟ้าจะมีค่ามากที่สุดที่ประจุต้นกำเนิดสนาม และมีค่าน้อยลงเมื่อห่างออกไปจนกระทั่งเป็นศูนย์ที่ระยะอนันต์ (Infinity) โดยที่ศักย์ไฟฟ้าเป็นปริมาณสเกลาร์เนื่องจากศักย์ไฟฟ้าเป็นพลังงานต่อหนึ่งหน่วยประจุเนื่องจากพลังงานศักย์ไฟฟ้ามีหน่วยเป็นจูล (J) ประจุมีหน่วยเป็นคูลอมบ์ (C) ศักย์ไฟฟ้าจึงมีหน่วยเป็นจูลต่อคูลอมบ์ ซึ่งเรียกว่า โวลต์ (V) ในส่วนของกระแสไฟฟ้าเป็นการเกิดขึ้นจากการไหลของอิเล็กตรอนผ่านวัสดุชนิดหนึ่ง โดยการถ่ายโอนประจุไฟฟ้าในสายตัวนำ อะตอมของสายตัวนำมีอิเล็กตรอนอิสระไม่ยึดแน่นกับอะตอมจึงเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระ ถ้ามีประจุลบเพิ่มขึ้นในสายตัวนำอิเล็กตรอนอิสระ 1 ตัวจะถูกดึงเข้าหาประจุไฟฟ้าบวก แล้วรวมตัวกับประจุไฟฟ้าบวกเพื่อเป็นกลาง ดังนั้น อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่เมื่อเกิดสภาพขาดอิเล็กตรอนจึงจ่ายประจุไฟฟ้าลบบอกไปแทนที่ทำให้เกิดการไหลของอิเล็กตรอนในสายตัวนำจนกว่าประจุไฟฟ้าบวกจะถูกทำให้เป็นกลางหมด ในการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนหรือการไหลของอิเล็กตรอนในสายตัวนำนี้จะเรียกว่า กระแสไฟฟ้า (Electric Current) ในส่วนของแรงดันไฟฟ้าเป็นการเกิดจากการที่มีอิเล็กตรอนไหลในสายตัวนำซึ่งการที่อิเล็กตรอนไหลหรือเคลื่อนที่ได้นั้นจะต้องมีแรงมากระทำต่ออิเล็กตรอนทำให้เกิดกระแสไหล แรงดันนี้

จะเรียกว่า แรงดันไฟฟ้า (Voltage) สามารถสรุปได้ว่าอะตอมมีประจุไฟฟ้าบวกจะมีศักย์ไฟฟ้าสูง อะตอมมีประจุไฟฟ้าลบจะมีศักย์ไฟฟ้าต่ำ ดังนั้น ความต่างศักย์ไฟฟ้า คือความแตกต่างของศักย์ไฟฟ้า ระหว่างอะตอมทั้งสอง ซึ่งแรงขับเคลื่อนทางไฟฟ้าแรงที่สร้างให้เกิดแรงดันไฟฟ้าซึ่งจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระตลอดเวลา กระแสไฟฟ้าจึงไหลตลอดเวลา แรงเคลื่อนไฟฟ้านี้อาจเกิดจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เซลล์ไฟฟ้า แบตเตอรี่ เซลล์เชื้อเพลิง เป็นต้น ซึ่งจะกล่าวเนื้อหาโดยรายละเอียดเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้าในบทเรียนที่ 2 และบทที่ 3

คำถามท้ายบท

ให้นักศึกษาบรรยาย อธิบายเกี่ยวกับหน่วยวัดพื้นฐานและวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง ตามกฎของโอห์มให้ถูกต้อง ดังต่อไปนี้

1. จงเขียนหน่วยวัดพื้นฐานของระบบ SI มีกี่หน่วยวัด อะไรบ้าง
2. จงเขียนหน่วยปริมาณทางไฟฟ้า มีกี่หน่วย อะไรบ้าง
3. จงเขียนสัญลักษณ์ของค่านำหน้าหน่วย มีกี่หน่วย อะไรบ้าง
4. จงอธิบายกฎของโอห์ม พร้อมเขียนสมการตามกฎของโอห์ม
5. จงอธิบายความแตกต่างระหว่างไฟฟ้ากระแสตรงกับไฟฟ้ากระแสสลับ
6. จากโจทย์เตารีดไฟฟ้ามีกำลังไฟฟ้า 1,800 วัตต์ โดยใช้รีดผ้าจำนวน 2 เครื่อง จำนวน 3 ชั่วโมง โดยกำหนดให้ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 2.50 บาท จงคำนวณหาค่าดังนี้

6.1 จำนวนยูนิตต่อเดือน

6.2 ค่าไฟฟ้าภายในบ้านต่อเดือน

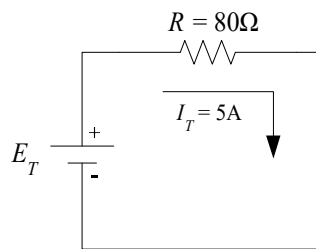
7. กำหนดให้อุณหภูมิในห้องเท่ากับ 68°F จงเปลี่ยนแปลงค่าดังต่อไปนี้

7.1 จงเปลี่ยนค่าเป็นองศาเซลเซียส

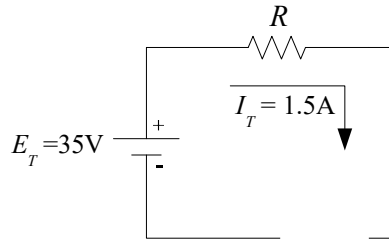
7.2 จงเปลี่ยนค่าเป็นองศาเคลวิน

8. จงหาค่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ซึ่งขณะต่อกับหลอดไฟฟ้าทำให้เกิดประจุขนาด 35C เคลื่อนที่ไปยังหลอดไฟฟ้าทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้า $1,800\text{J}$

9. จากภาพวงจรต่อไปนี้ จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าในวงจร



10. จากภาพวงจรต่อไปนี้ จงคำนวณหาค่าความต้านทานไฟฟ้าในวงจร



เอกสารอ้างอิง

กรณ ศุภหัตถานุกุล. (2556). หน่วยทางไฟฟ้า. (ออนไลน์) สืบค้นเมื่อ วันที่ 21 มกราคม 2560.

จาก <http://unitmeasurement.blogspot.com>.

ก่องกัญจน์ ภัทรากาญจน์. (2555). ไฟฟ้า แม่เหล็ก ฟิสิกส์อะตอม ฟิสิกส์นิวเคลียร์. กรุงเทพฯ :

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จิระวัฒน์ ใจอ่อนน้อม. (2543). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า 1 (วงจรไฟฟ้ากระแสตรง). กรุงเทพฯ :

บริษัทสกายบุ๊กส์ จำกัด.

- จักรกฤษณ์ แร่ทอง. (2549). หน่วยในระบบหน่วยสากล. (ออนไลน์) สืบค้นเมื่อ วันที่ 1 กันยายน 2559. จาก <http://www.nextproject.net/contents/print.aspx?00063>.
- ชาญณรงค์ เพ็ญโนนยาง. (2555). อุณหภูมิกับการวัด. (ออนไลน์) สืบค้นเมื่อ วันที่ 1 กันยายน 2559. จาก <http://www.tsk2.ac.th/krooaon/lesson3-1.html>.
- ชัต อินทะสี. (2553). วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- ประสิทธิ์ ภูสมมา. (2553). การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- ปาริชาติ เสือโรจน์. (2556). นักวิทยาศาสตร์เคมี. (ออนไลน์) สืบค้นเมื่อ วันที่ 15 มิถุนายน 2559. จาก <http://oillyt.blogspot.com>.
- ปิยดน้อย ภาชนะพรรณณ์. (ม.ป.ป). ระบบหน่วยและมาตรฐานของการวัด. (ออนไลน์) สืบค้นเมื่อ วันที่ 15 มิถุนายน 2559. จาก <http://slidegur.com/doc/7733980/ระบบหน่วยและมาตรฐานของการวัด-system-of-units-andamp%3B-standa>.
- ไผ่ ทิมาศาสตร์. (2560). การวัดและหน่วยวัด. (ออนไลน์) สืบค้นเมื่อวันที่ 26 มิถุนายน 2560. จาก <http://www.scimath.org/lesson-physics/item/7260-2017-06-12-16-08-32>.
- พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. (2546). วงจรไฟฟ้า 2. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.
- วิชัย จิตต์ประสงค์. (ม.ป.ป). กฎของโอห์ม. (ออนไลน์) สืบค้นเมื่อ วันที่ 20 มิถุนายน 2560. จาก <http://www.elecnnet.chandra.ac.th/courses/ELTC1203/electricbasic/ohm.htm>.
- ศักดิ์รินทร์ นัตติลล. (2559). สรุปฟิสิกส์ ม.ปลาย พิชิตทุกสนามสอบ. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- สงวน บุญปัญญารักษ์. (ม.ป.ป). ระบบหน่วยและมาตรฐานของการวัด. (ออนไลน์) สืบค้นเมื่อ วันที่ 9 มกราคม 2560. จาก <http://eestaff.kku.ac.th/~sa-nguan/192%20211/Chapter1.pdf>.
- อภิวัฒน์ อรุโสมณ. (2554). วงจรไฟฟ้า. กรุงเทพฯ : ดวงกลมพัลลภลิขิต.

