บทที่ 1

1.1 หน่วยในระบบ SI (SI- Unit)

Length	m	Meter	
Mass	g	Gram	
Charge	C	Coulomb	
Time	sec	Second	
Electric Current	A	Ampere (Coulomb.Second^{-1})	
Temperature	K	Kelvin	
Illumination Intensity	cd	Candela	
Velocity (Linear)	m.s^{-1}	meter/second	
Frequency	Hz	Hertz	
Acceleration	m.s^{-2}	Meter/sec^{2}	
Force	N	Newton Kg.m.sec^{-1}	
Pressure	Pa	Pascal	N.m^{-2}
Density	g.m^{-3}	Gram/meter^{3}	
Energy	J	Joul	N.m.
Power	W	Watt	Joul/second
Electric Potential	V	Volt	Joul/Coulomb
Electric Resistance	Ω	Ohm	
Electric Capacitance	F	Farad	Coulomb/Volt
Inductance	H	Henry	Weber/Ampere
Magnetic Flux	Wb	Weber	Volt.second

1.2 คำจำกัดความ ค่าท่าไฟฟ้า

1.2.1 กระแสไฟฟ้า (Electric Current) คืออัตราการไหลของประจุไฟฟ้า(Electric Charge : Q) ผ่านจุด ๆ หนึ่งในเวลา 1 วินาที หรือ

$$i = \frac{dQ}{dt}$$

เมื่อ i คือกระแสไฟฟ้ามีหน่วยเป็น คูลอมบ์/วินาที หรือ แอมแปร์

Q คือประจุไฟฟ้ามีหน่วยเป็น คูลอมบ์ (C)

t คือเวลา มีหน่วยเป็นวินาที

เช่นถ้ามีประจุไฟฟ้า 1 คูลอมบ์ไหลผ่านจุด ๆ หนึ่งบนตัวนำในเวลา 1 วินาที เรียกว่ามีกระแสไหลผ่านจุดนั้นบนตัวนำ 1 แอมแปร์ ซึ่งหน่วยจริงของกระแสไฟฟ้าคือ คูลอมบ์/ วินาที แต่เพื่อให้เกียรติแก่ Andre' – Marie Ampere จึงเรียกหน่วยของกระแสไฟฟ้าเป็น แอมแปร์

อิเล็กตรอน 1 ตัวมีประจุ -1.602×10^{-19} คูลอมบ์

หรือประจุ - 1 คูลอมบ์ มีอิเล็กตรอนจำนวน $\frac{10^{19}}{1.602} \approx 6.24 \times 10^{18}$ ตัว

1.2.2 แรงดันไฟฟ้า (Voltage)

แรงดันไฟฟ้าคือค่าของพลังงานที่ต้องการในการเคลื่อนประจุไฟฟ้าจากจุด ๆ หนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ความแตกต่างของจำนวนประจุไฟฟ้าระหว่างจุดสองจุด จะทำให้เกิดความแตกต่างของพลังงานศักย์ขึ้น ซึ่งวัดค่าออกมาในหน่าย โวลต์ (เพื่อให้เกียรติแก่ Alessandro Volta (1745–1827), นักวิทยาศาสตร์ชาวอิตาลี) เขียนเป็นสมการจะได้

$$V = \frac{Work}{Unit \quad Ch\arg e} = \frac{Joul}{Coulomb} \text{ หรือ โวลต์}$$

1.2.3 กำลังไฟฟ้า (Electric Power :P) คือผลคูณของกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้า

$$P = VI = \frac{Joul}{Coulomb} \cdot \frac{Coulomb}{Second} = \frac{Coulomb}{Second}$$

เพื่อให้เกียรติแก่ James Watt นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ จึงเรียกหน่วยกำลังไฟฟ้า เป็น Watt

1.2.4 กฎของโอห์ม (Ohm's Law)

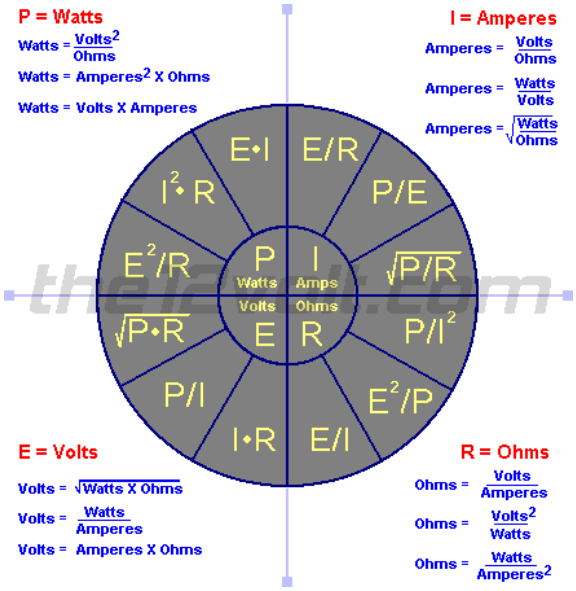
กฎของโอห์มเกิดจากความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดันไฟฟ้า กับกระแสไฟฟ้า บนตัวนำในอุดมคติ ความสัมพันธ์ นี้กำหนดว่า ความต่างศักย์ไฟฟ้า บนตัวนำในอุดมคติ แปรผันตรงกับกระแสที่ไหลผ่าน ค่าคงที่ของความสัมพันธ์นี้เรียกว่า "ความต้านทาน" ใช้สัญลักษณ์ R กฎของโอห์มกำหนดให้

$$V = I R$$

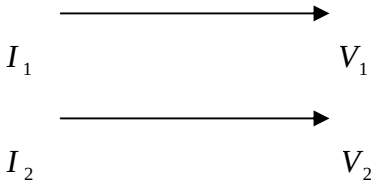
เมื่อ V คือความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุด 2 จุดบนความต้านทาน R

I คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน ความต้านทาน

ความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า หาได้จาก ตารางความสัมพันธ์ของแรงดันและกระแสไฟฟ้า (Voltage and Current Relations : VCR)



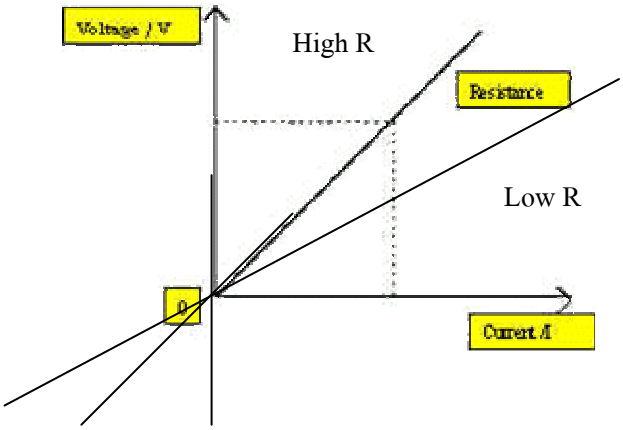
ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทางที่มีความเป็นเชิงเส้น (Linear Resistance) จะเป็นเชิงเส้น (Linear) คือ



$$I_1 + I_2 \longrightarrow V_1 + V_2$$

และ $$kI_1 \longrightarrow kV_1$$

จากความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถเขียนในรูปกราฟได้ดังนี้



1.2.5 กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchoff's Voltage Law) ให้นิยามไว้ว่า "At any instant of time, the algebraic sum of the voltage rises around any closed path is zero"

หรือผลรวมทางพีชคณิตของแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในวงจรปิด(Closed Path) ใด ๆ มีค่าเท่ากับศูนย์ หรือ

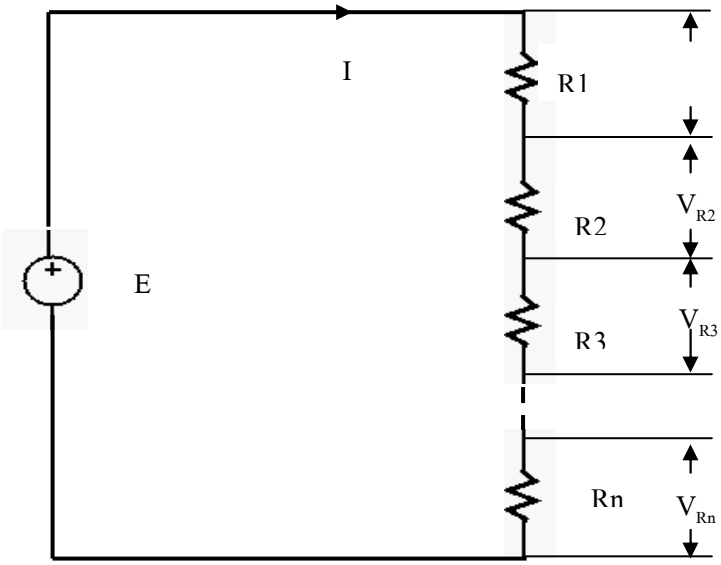
$$\sum V = 0$$

1.2.6 กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchoff's Current Law) ให้นิยามไว้ว่า "At nay instant of time, the algebraic sum of all currents directed into any node is zero"

หรือผลรวมทางพีชคณิตของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านที่จุดต่อไฟฟ้า(โหนด) ใด ๆ มีค่าเท่ากับศูนย์ หรือ

$$\sum I = 0$$

1.2.7 วงจรอนุกรมและตัวแบ่งแรงดัน (Series Circuit and Voltage Divider)



จากวงจรใช้กฎแรงดันไฟฟ้าของ Kirchoff (KVL) จะได้

$$\sum V = 0$$

หรือ $$-E + VR_1 + VR_2 + VR_3 + \ldots + VR_n = 0 \qquad (1.1)$$

เมื่อ E เรียกว่า Source Voltage หรือ ตัวจ่ายแรงดันไฟฟ้า

และ $VR_1, VR_2, VR_3, \ldots VR_n$ เรียกว่า Sink Voltage หรือ ตัวรับแรงดันไฟฟ้า

ซึ่งแรงดันทั้ง 2 แบบนี้จะมีทิศทางตรงกันข้ามกันเสมอดังนั้นจาก จากสมการ (1.1) จัดใหม่ให้ค่าคงที่อยู่ด้านขวามือของสมการจะได้

$$VR_1 + VR_2 + VR_3 + \ldots + VR_n = E \qquad (1.2)$$

จากสมการ(2) ใช้กฎของโอห์มจะได้

$$\begin{aligned} VR_1 &= IR_1 \\ VR_2 &= IR_2 \\ VR_3 &= IR_3 \\ &\vdots \\ VR_n &= IR_n \end{aligned} \qquad (1.3)$$

แทนค่าจากสมการที่ (1.3) ในสมการที่ (1.2) จะได้

$$IR_1 + IR_2 + IR_3 + \ldots + IR_n = E$$

เอา I หารตลอดสมการ(2) จะได้

$$R_1 + R_2 + R_3 + \ldots + R_n = \frac{E}{I}$$

แต่จาก กฎของโอห์ม $R = \frac{E}{I}$ ในที่นี้กำหนดให้เป็น R_S
ดังนั้นค่าความต้านทานรวมในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม หาได้จาก

$$R_S = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots + R_n$$

หรือ $$R_S = \sum_{i=1}^{n} R_i \qquad (1.4)$$

ดังนั้นจากสมการที่ (1.4) จะได้สมการของกระแสไฟฟ้าในวงจรคือ

$$I = \frac{E}{\sum R}$$

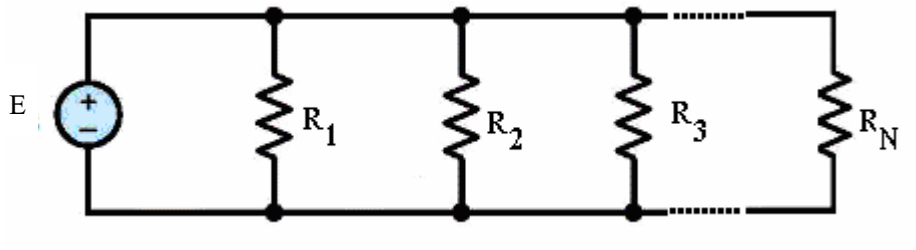
ถ้าให้ V_i คือแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม(Voltage Drop) ที่ R_i

$$V_i = IR_i = \frac{E}{R_T} R_i = \frac{R_i E}{\sum R_i}$$

หรือ $$V_i = \frac{R_i E}{R_1 + R_2 + R_3 + \ldots + R_n} \qquad (1.5)$$

สมการที่ (1.5) เรียกว่าสมการแบ่งแรงดัน (Voltage Divider)

1.2.8 วงจรขนานและตัวแบ่งกระแส (Parallel Circuit and Current Divider)



จากวงจรกำหนดให้จุด A เป็นจุดต่อทางไฟฟ้า (Node) จะเห็นว่าตัวต้านทาน $R_1, R_2, R_3 \ldots R_n$ ต่อร่วมกันที่จุดนี้ กำหนดให้กระแสที่ไหลในแต่ละสาขา(Brach) เป็น $I_1, I_2, I_3 \ldots I_n$ ตามลำดับ

จากวงจรใช้กฎแสไฟฟ้าของ Kirchoff's Current Law (KCL)

$$\sum I = 0$$

จะได้ $-I_T + I_1 + I_2 + I_3 + \ldots + I_n = 0$

หรือ $+I_1 + I_2 + I_3 + \ldots + I_n = I_T$ (1.6)

I_T เป็นกระแสที่จ่ายให้วงจร(Source Current) และ $I_1, I_2, I_3, \ldots I_n$ เป็นกระแสที่วงจรได้รับ (Sink Current) ใช้กฎของโอห์มเพื่อหาการะแสไฟฟ้าในแต่ละสาขาวงจร

$$I_T = \frac{E}{R_P} : I_1 = \frac{E}{R_1} : I_2 = \frac{E}{R_2} : I_3 = \frac{E}{R_3} : I_n = \frac{E}{R_n}$$

นำกระแสในแต่ละสาขาแทนค่าในสมการที่ (1.6) จะได้

$$\frac{E}{R_P} + \frac{E}{R_1} + \frac{E}{R_2} + \frac{E}{R_3} + \ldots + \frac{E}{R_n} \quad (1.7)$$

จากสมการที่ (1.7) เอา E หารตลอดสมการจะได้

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots + \frac{1}{R_n} = \frac{1}{R_P}$$

หรือ $$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots + \frac{1}{R_n} \quad (1.8)$$

จากสมการที่ (1.8) จะเห็นว่า ค่า $\frac{1}{R}$ คือส่วนกลับของค่าความต้านทาน เรียกว่าค่าความนำ (Conductance) มีหน่วยเป็น ซีเมน (Siemen : s) ในที่นี้จะใช้ สัญลักษณ์ G หรือ $G=\frac{1}{R}$; $R=\frac{1}{G}$

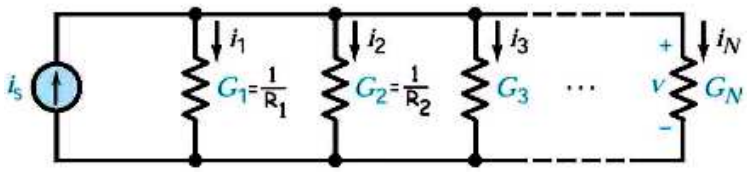
ดังนั้นสมการที่ (1.8) จะอยู่ในรูป

$$G_s = G_1 + G_2 + G_3 + \ldots + G_n \qquad (1.9)$$

หรือ $G_s = \sum G$

จะได้ $R_P = \frac{1}{G_s}\ \Omega$

พิจารณาวงจรต่อไปนี้



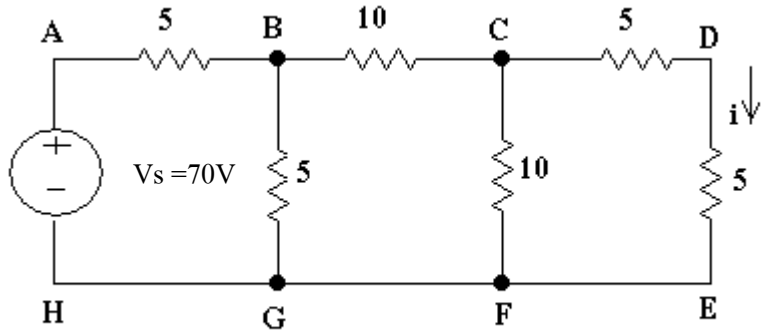
รูปที่ 8 รูปวงจรความต้านทาน n ตัวต่อขนานกับแหล่งจ่ายกระแส

ถ้าให้ $I_i = \frac{E}{R_i}$ เมื่อ $i = 1,2,3\ldots n$

จะได้ $I_i = EG_i = \frac{I}{G_s}\cdot G_i = \frac{IG_i}{\sum G}$ (1.10)

สมการที่ (1.10) เรียกว่า สมการแบ่งกระแส (Current Divider)

ตัวอย่าง จงหากระแสในทุก ๆ สาขา และรงดันไฟฟ้าตกคร่อม ตัวต้านทานทุกตัว



จากวงจร เป็นวงจรผสม เรียกวงจรแบบนี้ว่า “วงจรขั้นบันได” (Ladder Circuit) การวิเคราะห์วงจรชนิดนี้ ทำได้ 2 วิธีคือ 1) วิธียุบวงจร 2) วิธีขั้นบันได (Ladder Method) ในที่นี้จะแสดงให้เห็นเฉพาะวิธีขั้นบันได เท่านั้น

ขั้นตอนในการ วิเคราะห์วงจร โดยวิธีขั้นบันได

1. กำหนดจุดต่อ(Node) ทุกจุดต่อ แทนด้วย อักษร ภาษา อังกฤษ ตัวพิมพ์ใหญ่
2. กำหนดให้กระแสที่ไหลในสาขา(Branch) สุดท้ายขิงวงจรเป็น i
3. ใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์(ทั้งกฎแรงดันไฟฟ้า และ กฎกระแสไฟฟ้า) ร่วมกับกฎของโอห์ม หาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว และกระแสที่ไหลในแต่ละสาขา โดยจะต้องหาตามขั้นบันไดแต่ละขั้น (Ladder Method) จนครบทุกขั้น
4. แทนค่าย้อนกลับ (Back – Substitution) เพื่อหาคำตอบ

วิธีทำ

- หาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่ R_{DE} กำหนดให้เป็น V_{DE} โดยใช้กฎของโอห์ม

  $V_{DE} = iR_{DE} = 5i$ โวลต์
- หาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่ R_{CD} กำหนดให้เป็น V_{CD} โดยใช้กฎของโอห์ม

  $V_{CD} = iR_{CD} = 5i$ โวลต์
- หาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่ R_{CF} กำหนดให้เป็น V_{CF} โดยใช้กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ ในวงจรปิด $CDEFC$ จะได้

  $V_{CF} - V_{CD} - V_{DE} = 0$

  หรือ $V_{CF} = V_{CD} + V_{DE} = 10i$ โวลต์
- หากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_{CF} กำหนดให้เป็น I_{CF} โดยใช้กฎของโอห์ม

  $I_{CF} = \frac{V_{CF}}{R_{CF}} = \frac{10i}{10} = i$ แอมแปร์
- หากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_{BC} กำหนดให้เป็น I_{BC} โดยใช้กฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ที่จุด C

  $I_{BC} - I_{CF} - I_{CD} = 0$

หรือ $I_{BC} = I_{CF} + I_{CD} = i + i = 2i$ แอมแปร์

- หาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่ R_{BC} กำหนดให้เป็น V_{BC} โดยใช้กฎของโอห์ม

$$V_{BC} = I_{BC}R_{BC} = 2i \times 10 = 20i \text{ โวลต์}$$

- หาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่ R_{BG} กำหนดให้เป็น V_{BG} โดยใช้กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ ในวงจรปิด $BCFGB$ จะได้

$$V_{BG} - V_{BC} - V_{CF} = 0$$

หรือ $V_{BG} = V_{BC} + V_{CF} = 10i + 20i = 30i$ โวลต์

- หากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_{BG} กำหนดให้เป็น I_{BG} โดยใช้กฎของโอห์ม

$$I_{BG} = \frac{V_{BG}}{R_{BG}} = \frac{30i}{5} = 6i \text{ แอมแปร์}$$

- หากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_{AB} กำหนดให้เป็น I_{AB} โดยใช้กฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ที่จุด B

$$I_{AB} - I_{BG} - I_{BC} = 0$$

หรือ $I_{AB} = I_{BG} + I_{BC} = 6i + 2i = 8i$ แอมแปร์

- หาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่ R_{AB} กำหนดให้เป็น V_{AB} โดยใช้กฎของโอห์ม

$$V_{AB} = I_{AB}R_{AB} = 8i \times 5 = 40i \text{ โวลต์}$$

- หาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่จุด AH กำหนดให้เป็น V_{AH} โดยใช้กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ ในวงจรปิด $ABGHA$ จะได้

$$V_{AH} - V_{AB} - V_{BG} = 0$$

หรือ $V_{AH} = V_{AB} + V_{BG}$ โวลต์

$$V_{AH} = 40i + 30i = 70i \text{ โวลต์}$$

แต่ $V_{AH} = V_s = 70$ โวลต์

ดังนั้น

$$70i = 70$$

$$i = 1$$

- แทนค่า $i = 1$ เพื่อหาคำตอบ จะได้

$$V_{DE} = 5i = 5 \text{ โวลต์}$$

$$V_{CD} = 5i = 5 \text{ โวลต์}$$

$$V_{CF} = 10i = 10 \text{ โวลต์}$$

$$I_{CF} = i = 1 \text{ แอมแปร์}$$

$I_{BC} = 2i = 2$ แอมแปร์

$V_{BC} = 20i = 20$ โวลต์

$V_{BG} = 30i = 30$ โวลต์

$I_{BG} = 6i = 6$ แอมแปร์

$I_{AB} = 8i = 8$ แอมแปร์

$V_{AB} = 40i = 40$ โวลต์ **ตอบ**