

บทที่ 3 วงจรไฟฟ้า

วัตถุประสงค์

ในการศึกษาเรื่องวงจรไฟฟ้า มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. ให้นักศึกษาเข้าใจเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า และสามารถอธิบายพร้อมทั้งเขียนรูปวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ๆ ได้
2. ศึกษากล่าวได้ว่า วงจรชนิดใดเป็นวงจรเปิด และวงจรชนิดใดเป็นวงจรปิด
3. ศึกษากล่าวได้ว่าไฟฟ้ากระแสตรงต่างกับไฟฟ้ากระแสสลับได้
4. ศึกษากล่าวอธิบายความแตกต่างของการต่อแบบอนุกรมและการต่อแบบขนานได้

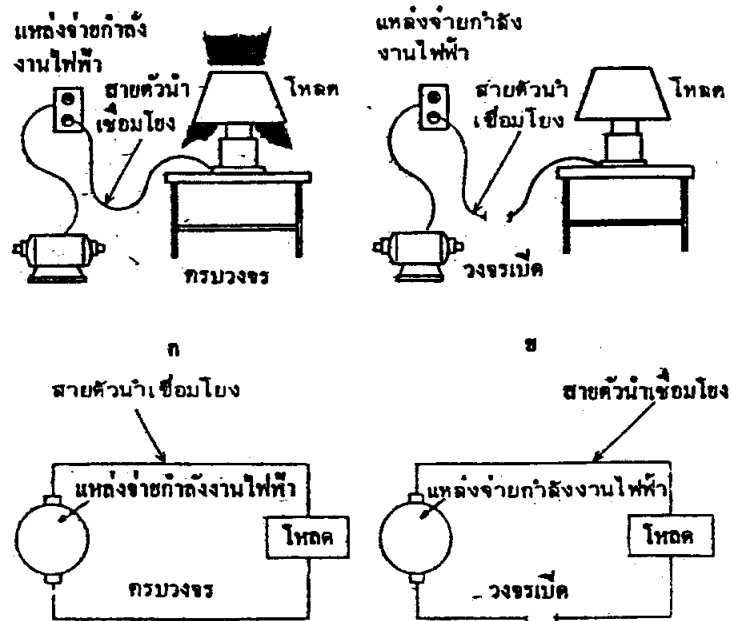
ไฟฟ้าจัดเป็นปรากฏการณ์ตามธรรมชาติอย่างหนึ่ง มนุษย์ได้พยายามหาวิธีการต่าง ๆ ที่จะนำไฟฟ้ามาใช้ประโยชน์ ก็จะต้องควบคุมไฟฟ้าได้ ทั้งยังสามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานในรูปอื่น ๆ เช่น พลังงานกลที่ทำให้เกิดแรงหมุนเครื่องจักร พลังงานแสงสว่าง พลังงานความร้อน ฯลฯ ได้อีกด้วย ฉะนั้นวิธีที่จะเปลี่ยนไฟฟ้าจากเดิมซึ่งเป็นปรากฏการณ์อย่างหนึ่งไปเป็นใช้งานที่เกิดประโยชน์ได้ ก็จะต้องผ่านกรรมวิธีอย่างหนึ่ง กรรมวิธีนั้นคือ วงจรไฟฟ้า (electric circuit)

โดยพื้นฐานแล้ว วงจรไฟฟ้าประกอบด้วย

1. แหล่งจ่ายกำลังงานไฟฟ้า
2. สายตัวนำเชื่อมโยง
3. อุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าให้เกิดประโยชน์ตามที่ต้องการ ซึ่งเรียกว่า โหลด (load) หรือ ภาระทางไฟฟ้า

กระแสจะไหลในวงจรได้ก็ต่อเมื่อครบวงจร ดังรูปที่ 3.1 (ก) กระแสไฟฟ้าจะไหลออกจากขั้วบวกของแหล่งจ่ายกำลังงานไฟฟ้าผ่านสายตัวนำเชื่อมโยงไปยังโหลดผ่านสายตัวนำ

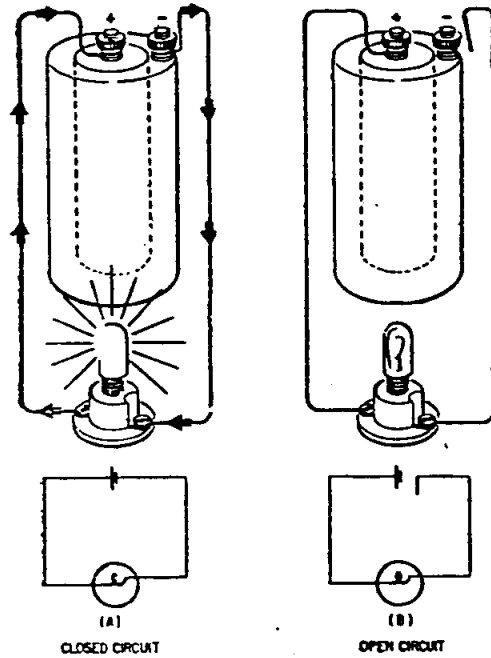
กลับเข้ามาที่ขั้วลบของแหล่งจ่ายกำลังงานไฟฟ้าอีกครั้งหนึ่ง ถ้าที่ใดที่หนึ่งของวงจรมอเตอร์หรือ วงจรเปิดหรือโหนดเสียหาย เป็นต้น กระแสจะหยุดไหลดังรูปที่ 3.1 (ข)



รูปที่ 3.1 วงจรไฟฟ้าที่ต่อจริง ๆ กับการใช้ไออะแกรมแทน

3.1 วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย (Simple electric circuit)

วงจรไฟฟ้า ก็คือ ทางเดินของตัวนำอย่างสมบูรณ์ ประกอบขึ้นด้วยไม่แต่เพียงตัวนำ เท่านั้น แต่ยังรวมถึงทางเดินผ่านแหล่งแรงดันไฟฟ้า กระแสจะไหลจากปลายขั้วบวกผ่าน แหล่งไปยังปลายขั้วลบ ตัวอย่างเช่น ดวงไฟดวงหนึ่งต่อด้วยลวดตัวนำกรอมเซลล์ชนิดแห้ง (ถ่านไฟฉายหรือเรียกว่าแบตเตอรี่) ทำให้เกิดวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ดังรูปที่ 3.2



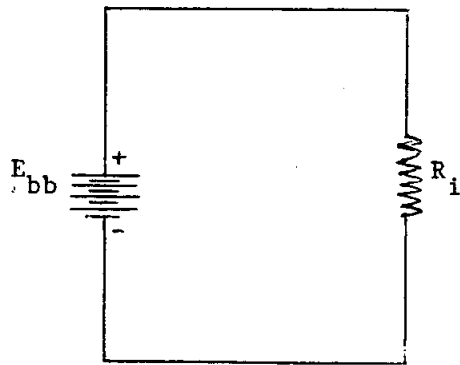
รูปที่ 3.2 A. วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย (ปิด)
 B. วงไฟฟ้าอย่างง่าย (เปิด)

กระแสไฟจะไหลจากขั้วปลายลบของแบตเตอรี่ผ่านดวงไฟไปยังขั้วบวกของแบตเตอรี่ และไหลเรื่อยไปผ่านแบตเตอรี่จากขั้วบวกไปยังขั้วลบ นานเท่าไรก็ตามถ้าไม่ถูกตัดทาง ก็จะเป็นวงจรปิด (closed circuit) และกระแสก็จะไหล อย่างไรก็ตามถ้าทางเดินถูกตัดที่จุดใด ๆ ก็จะเป็นวงจรเปิด (open circuit) และจะไม่มีกระแสไหลเลย ดูรูปที่ 3.2 (B)

กระแสไหลในวงจรภายนอก คือการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในทิศทางที่แสดงด้วยลูกศร (จากปลายขั้วลบผ่านดวงไฟไปยังปลายขั้วบวก) ดูรูปที่ 3.2 (A) กระแสไหลในวงจรแบตเตอรี่ภายในก็คือการเคลื่อนที่ในทิศทางตรงข้ามของไอออนบวก ไปยังขั้วปลายบวกของแบตเตอรี่และไอออนลบจะไปยังขั้วลบ

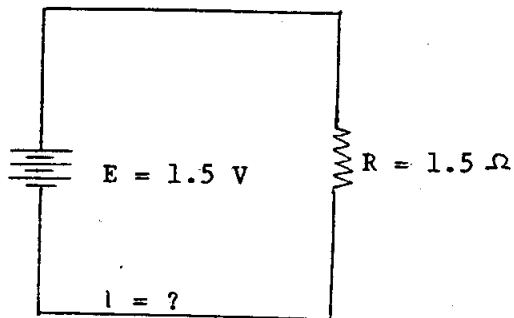
หรือเราอาจกล่าวได้ว่า วงจรไฟฟ้าก็คือ ทางเดินสมบูรณ์ซึ่งอิเล็กตรอนไหลจากขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟผ่านลวดที่ต่อหรือตัวนำ ผ่านโหลดต่างๆ แล้วกลับมายังขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟ

แผนทางไฟของวงจรพื้นฐาน ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.3 ในรูปมี แบตเตอรี่เขียนแทนด้วย E_{bb} และดวงไฟในวงจรแทนด้วย R_i เพราะว่าในดวงไฟจะมีขดลวดความต้านทาน แบตเตอรี่ในวงจรเป็นแหล่งกำเนิดแรงดัน ซึ่งผลักดันให้กระแสไหลในวงจร ดวงไฟในวงจรนี้ทำหน้าที่เป็นโหลด (load) ซึ่งจะให้แสงสว่างออกมาเมื่อมีกระแสไหลผ่าน



รูปที่ 3.3 แผนทางไฟของวงจรมาตรฐาน

ตัวอย่าง วงจรมีความต้านทาน 1.5 โอห์ม และมีแรงดันไฟฟ้า 1.5 โวลต์ จะมีกระแสไหลในวงจรเท่าไร



ค่าที่กำหนดให้	E	$=$	1.5	V
	R	$=$	1.5	Ω
หา	I	$=$	$?$	
จาก	I	$=$	$\frac{E}{R}$	
		$=$	$\frac{1.5}{1.5}$	
		$=$	1	A

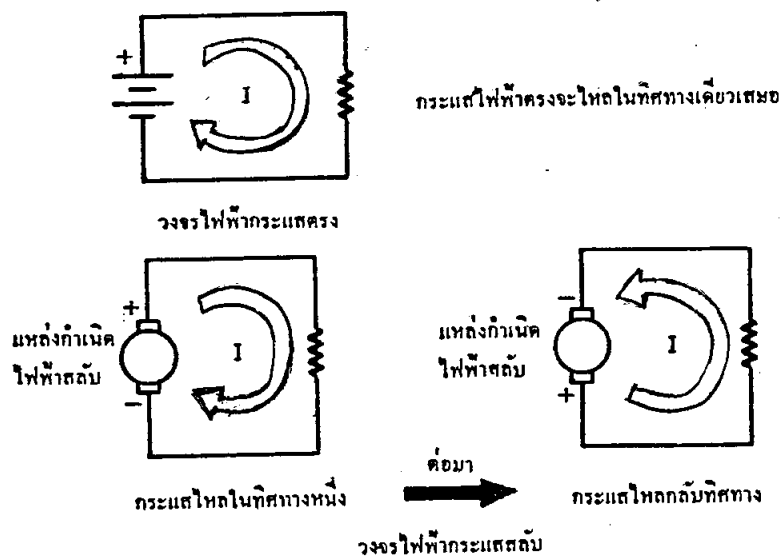
จะมีกระแสไหลในวงจร 1 แอมแปร์

3.2 ไฟฟ้ากระแสตรง ไฟฟ้ากระแสสลับและไฟฟ้าในบ้าน

กระแสไฟฟ้าที่เราใช้ประโยชน์กันอยู่ทุกวันนี้มี 2 ชนิด ด้วยกัน คือ

3.2.1 ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct current) หรือไฟ D.C. เป็นไฟฟ้ากระแสที่มีทิศทางไหลเวียนไปทางเดียวกันเสมอ มีคุณสมบัติ คือ ขั้วของแรงดันไฟฟ้าไม่เปลี่ยนแปลง เช่น กระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการแยกสารละลาย ใช้ในการควบคุมของวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

3.2.2 ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating current) หรือไฟ A.C. เป็นกระแสไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ กระแสจะไหลสลับทิศทาง กล่าวคือ ตอนแรกไหลในทิศทางหนึ่ง เวลาต่อมาจะไหลสวนทางกับตอนแรก กระแสไหลสลับได้ก็เพราะเราเปลี่ยนขั้วของแหล่งจ่ายของมัน เราเปลี่ยนขั้วของแหล่งจ่าย กระแสก็จะเปลี่ยนทางไหล



รูปที่ 3.4 แสดงการเปรียบเทียบ

สำหรับไฟฟ้าในบ้านนั้นเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 50 เฮิร์ตซ์ ระบบ 1 เฟส แรงดัน 220 โวลต์ ซึ่งเป็นไฟฟ้าที่ใช้ตามอาคารบ้านเรือนในปัจจุบัน เกิดจากการเหนี่ยวนำของอำนาจแม่เหล็กโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ส่วนไฟฟ้าที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมก็เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 50 เฮิร์ตซ์ เช่นกัน แต่ระบบ 3 เฟส แรงดัน 380 โวลต์

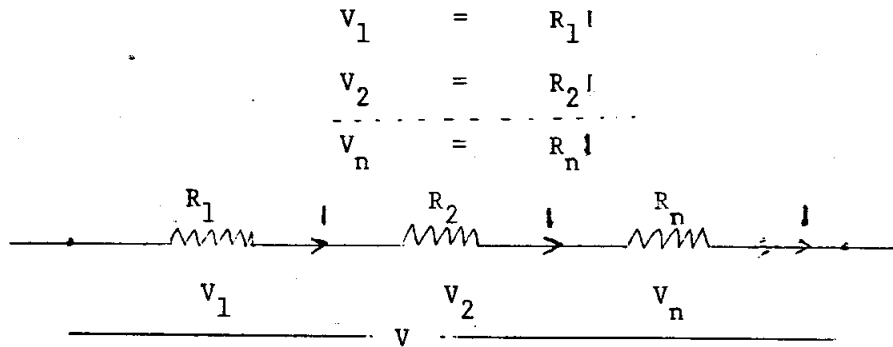
ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ หมายความว่า ใน 1 วินาทีจะมีการหมุนครบรอบของขั้วแม่เหล็กเหนือและขั้วแม่เหล็กใต้ 50 ครั้ง ตัดผ่านขดลวดตัวนำบนสเตเตอร์ ในกรณีที่โรเตอร์มีขั้ว

แม่เหล็ก 2 ขั้ว ความเร็วรอบของโรเตอร์จะหมุน 50 รอบต่อวินาที แต่ถ้ามีขั้วแม่เหล็ก 4 ขั้ว ความเร็วรอบจะลดลงเหลือเพียง 25 รอบต่อวินาที

3.3 การต่อความต้านทานและเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน

การรวมความต้านทานทำได้ 2 วิธี คือ แบบอนุกรมและแบบขนาน

1. การต่อความต้านทานแบบอนุกรม จะได้ว่า ความต้านทานทุกตัวจะมีกระแสจำนวนเดียวกันผ่านตลอดจึงมีกระแสเท่ากันหมด ศักย์ไฟฟ้าที่ลดลงเมื่อผ่านความต้านทานแต่ละตัว คำนวณได้จากกฎของโอห์ม คือ



รูปที่ 3.5 การต่อความต้านทานแบบอนุกรม

ดังนั้น ความต่างศักย์ทั้งหมด คือ V จะได้

$$\begin{aligned} V &= V_1 + V_2 + \dots + V_n \\ &= (R_1 + R_2 + \dots + R_n) I \end{aligned}$$

ความต้านทานทั้งระบบอาจแทนได้ด้วยความต้านทานตัวเดียวให้ผลเท่ากันมีค่าเป็น R_T และค่าความต่างศักย์ตามสมการ $V = IR_T$ ดังนั้นจะได้ความต้านทานรวมดังนี้

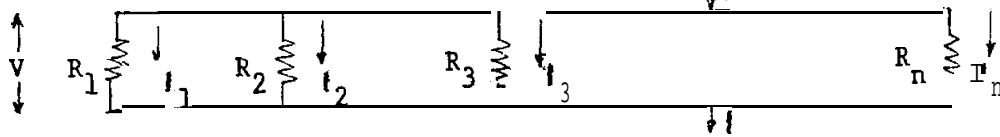
$$R_T = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad \text{----- แบบอนุกรม}$$

2. การต่อความต้านทานแบบขนาน ดูรูป จะเห็นความต้านทานต่อกันในแบบที่มีความต่างศักย์ V ระหว่างปลายทั้งคู่ของความต้านทานแต่ละอันมีค่าเท่ากัน กระแสที่ไหลผ่านความต้านทานแต่ละตัว คำนวณได้จากกฎของโอห์ม ดังนี้

$$\begin{aligned}
 I_1 &= \frac{V}{R_1} \\
 I_2 &= \frac{V}{R_2} \\
 &\dots\dots\dots \\
 I_n &= \frac{V}{R_n}
 \end{aligned}$$

กระแสทั้งหมด คือ I ที่ใช้กับความต้านทานของระบบนี้ คือ

$$\begin{aligned}
 I &= I_1 + I_2 + \dots\dots\dots + I_n \\
 &= \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots\dots\dots + \frac{1}{R_n} \right) V
 \end{aligned}$$



รูปที่ 3.6 การต่อความต้านทานแบบขนาน

ความต้านทานระบบนี้แทนได้ด้วยความต้านทาน R_T ตัวเดียวที่ให้ผลตามสมการ $I = \frac{V}{R_T}$ ดังนั้น จะให้ความต้านทานรวมต่อแบบขนาน ดังนี้

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots\dots\dots + \frac{1}{R_n} \quad \text{แบบขนาน}$$

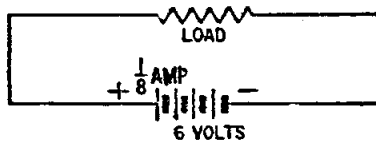
เซลล์ไฟฟ้า (Electric cell) เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าชนิดหนึ่งซึ่งให้กำลังไฟฟ้าด้วยปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์ ไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์ไฟฟ้าเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ถ้าต้องแรงดันหรือกระแสสูงจะต้องนำเซลล์ไฟฟ้าหลาย ๆ เซลล์ต่อกันเข้า เซลล์หลาย ๆ เซลล์ที่ต่อกันเรียกว่า แบตเตอรี่ (Battery) บางคนเข้าใจผิดเรียกเซลล์ไฟฟ้าเซลล์เดี่ยวว่าแบตเตอรี่ ซึ่งไม่ถูกต้อง สำหรับเซลล์ไฟฟ้ามักมีการรวมเซลล์แบบเดียวกับความต้านทาน คือ ทั้งแบบอนุกรมและแบบขนาน

ในหลายกรณีที่ต้องการพลังงานกระแสไฟฟ้ามักกว่า 1 เซลล์ สิ่งประดิษฐ์ อาจต้องการทั้งแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าหรือกระแสที่มากกว่า และในบางกรณีทั้งสองอย่าง ในสถานะเช่นนี้ จำเป็นต้องรวมเซลล์เข้าด้วยกันหรือต่อเชื่อมระหว่างกัน เซลล์ที่ต่อแบบอนุกรมจะให้แรงดัน

ไฟฟ้าสูงกว่า ในขณะที่เซลล์ที่ต่อแบบขนานจะให้ความจุกระแสที่สูงกว่าเพื่อที่จะให้ได้กำลังที่เพียงพอเมื่อต้องการทั้งแรงดันไฟฟ้า และกระแสที่มาก

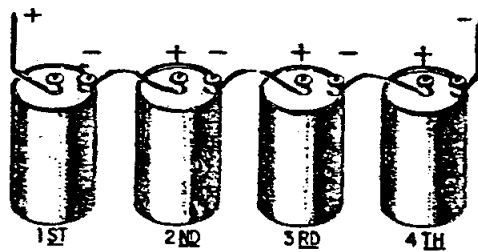
1. เซลล์ที่ต่อแบบอนุกรม

สมมติว่าโหลดต้องการกำลังจ่ายซึ่งมีความต่างศักย์ 6 โวลต์ และความจุกระแส $\frac{1}{8}$ แอมแปร์ เนื่องจากปกติเซลล์หนึ่ง ๆ จะให้ศักย์เพียง 1.5 โวลต์เท่านั้น เพื่อที่จะได้ศักย์ที่สูงกว่า จึงต้องต่อแบบอนุกรม ดังรูป



รูปที่ 3.7 แผนภาพการต่อแบบอนุกรม

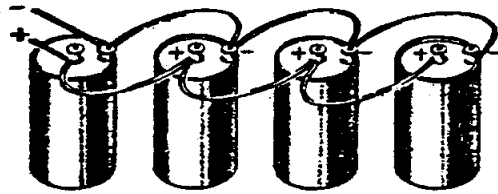
ในการต่อแบบอนุกรม ขั้วลบของเซลล์แรกจะต่อกับขั้วบวกของเซลล์ที่สอง ขั้วลบของเซลล์ที่สองจะต่อกับขั้วบวกของเซลล์ที่สาม เช่นนี้เรื่อย ๆ ไป ขั้วบวกของเซลล์แรกและขั้วลบของเซลล์สุดท้าย จะเป็นขั้วปลายสายต่อออกของแบตเตอรี่ โดยวิธีนี้ศักย์ของแต่ละเซลล์เป็น 1.5 โวลต์ มีทั้งหมด 4 เซลล์ แรงดันไฟฟ้าขั้วปลายเข้าพุทจะเป็น $1.5 \times 4 = 6$ โวลต์ เมื่อต่อเข้ากับโหลด กระแส $\frac{1}{8}$ แอมแปร์จะไหลผ่านโหลดและแต่ละเซลล์ของแบตเตอรี่



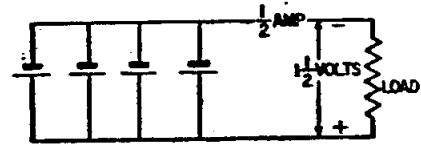
รูปที่ 3.8 เซลล์ที่ต่อแบบอนุกรม

2. เซลล์ที่ต่อแบบขนาน

ในกรณีนี้สมมติโหลดทางไฟฟ้าต้องการมีเพียง 1.5 โวลต์ แต่จะดึงกระแส แอมแปร์ (สมมติว่าเซลล์หนึ่ง ๆ จะให้กระแส $\frac{1}{8}$ แอมแปร์) เพื่อจะให้ได้ตามความต้องการนี้จะต่อเซลล์แบบขนาน ดังรูป



รูปที่ 3.9 เซลล์ที่ต่อแบบขนาน



รูปที่ 3.10 แผนภาพการต่อแบบขนาน

ในการต่อแบบขนาน ขั้วบวกจะต่อรวมกันเข้าเป็นสายเดียว และขั้วลบจะต่อรวมกันเข้าเป็นสายเดียวกันอีกสายหนึ่ง ดังนั้นศักย์ระหว่างสายก็จะเหมือนกับ 1 เซลล์หรือ 1.5 โวลต์ อย่างไรก็ตามก็ดีเซลล์แต่ละเซลล์อาจให้กระแสสูงสุด $\frac{1}{8}$ แอมแปร์ ถ้ามี 4 เซลล์ กระแสในสายทั้งหมดจะเป็น $\frac{1}{8} \times 4 = \frac{1}{2}$ แอมแปร์ ดังนั้น 4 เซลล์ที่ต่อแบบขนานจะมีความจุที่จ่ายไปยังโหลดที่ต้องการ $\frac{1}{2}$ แอมแปร์ที่ 1.5 โวลต์

สรุป

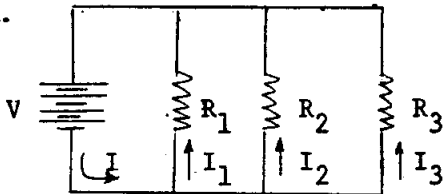
วงจรไฟฟ้าต้องประกอบด้วยแหล่งจ่ายกำลังงานไฟฟ้า สายตัวนำเชื่อมโยงและอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าหรือเรียกว่า โหลด (load) หรืออาจกล่าวได้อีกแบบหนึ่งว่า วงจรไฟฟ้าก็คือทางเดินของอิเล็กตรอนซึ่งไหลจากขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟผ่านลวดที่ต่อหรือตัวนำและผ่านโหลดต่าง ๆ แล้วกลับมายังขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟ เมื่อต่อครบวงจร และกระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านวงจรได้ตลอด วงจรนั้นเรียกว่า วงจรปิด (closed circuit) ถ้าที่ใดที่หนึ่งของวงจรขาดจากกัน กระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านตลอดไปเป็นวงบรรจบรอบได้ วงจรแบบนี้เรียกว่า วงจรเปิด (open circuit) ไฟฟ้ากระแสตรง คือไฟฟ้าที่ไหลในทิศทางเดิมเสมอ มันอาจมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณได้ในเวลาต่าง ๆ แต่จะต้องไม่เปลี่ยนทิศทาง เนื่องจากประจุไฟฟ้าไหลในทิศทางเดียว ส่วนไฟฟ้ากระแสสลับนั้นเป็นกระแสไฟฟ้าที่ไหลสลับทิศทาง และไฟฟ้าที่ใช้ตามอาคารบ้านเรือนและในอุตสาหกรรมก็เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 50 เฮิร์ตซ์ เหตุที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับเนื่องจากสามารถส่งไปได้ระยะไกล ๆ และราคาถูกกว่ามาก การต่อความต้านทานและเซลล์ไฟฟ้าสามารถต่อได้ทั้งแบบอนุกรมและแบบขนาน กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชิ้นในวงจรอนุกรมหรือการต่อแบบอนุกรมจะมีค่าเท่ากันหมด ในขณะที่ความต่างศักย์ที่ขั้วทั้งสองของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่อแบบขนาน หรือวงจรที่ต่อแบบขนานจะมีค่าเท่ากัน

แบบฝึกหัดบทที่ 3

1. ในวงจรพื้นฐาน เราไม่ต้องแสดงอะไร

1. แหล่งจ่ายไฟ 2. สายตัวนำเชื่อม 3. โหลด 4. สวิตช์

2.



ในรูปนี้เป็นการต่อวงจร มีอะไรเป็นโหลด

1. เซลล์ไฟฟ้า 2. ความต้านทาน 3. กระแส

3. ในรูปของข้อ 2 การต่อวงจรแบบนี้เป็นแบบใด

1. อนุกรม 2. ขนาน

4. จากรูป จะมีค่ารวมเท่าใด

1. $R_1 + R_2 + R_3$

2. $\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

3. $\frac{1}{R_1 + R_2 + R_3}$

4. $\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$

5. $\frac{V}{R_1 + R_2 + R_3}$