



LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS

RESPONSABLE DR. OSCAR MANUEL LÓPEZ YZA

NOMBRE: _____ MATRÍCULA: _____

E.E: _____

EQUIPO O BRIGADA No. _____ DÍA: _____ HORA: _____

PRÁCTICA No. 4 FECHA: _____

NOMBRE DE LA PRÁCTICA

LEYES DE VOLTAJE Y CORRIENTES DE KIRCHHOFF

OBJETIVOS

- Hallar una relación entre la suma de las caídas de voltajes en resistores conectados en serie y el voltaje aplicado.
- Verificar con experimentos la relación que se establece en el objetivo 1.

INFORMACIÓN BÁSICA

La ley de voltajes de Kirchhoff se utiliza para analizar circuitos eléctricos complejos. Esta ley, así denominada en honor a Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887), el físico que la formuló, es la base del análisis moderno del circuito.

LEY DE VOLTAJES

En el circuito de la figura 1, los resistores en serie R_1 , R_2 , R_3 y R_4 se pueden remplazar por una resistencia total o equivalente, R_T , donde:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \quad (1)$$

Emplear R_T no afectará la corriente total, I_T . La relación entre I_T , R_T y la fuente de voltaje, V , está dada por la ley de Ohm.

$$V = I_T \times R_T \quad (2)$$

Al sustituir la fórmula (1) en (2) se tiene:

$$V = (R_1 + R_2 + R_3 + R_4)$$

Así que, después de efectuar la multiplicación se convierte en:

$$V = I_T R_1 + I_T R_2 + I_T R_3 + I_T R_4 \quad (3)$$

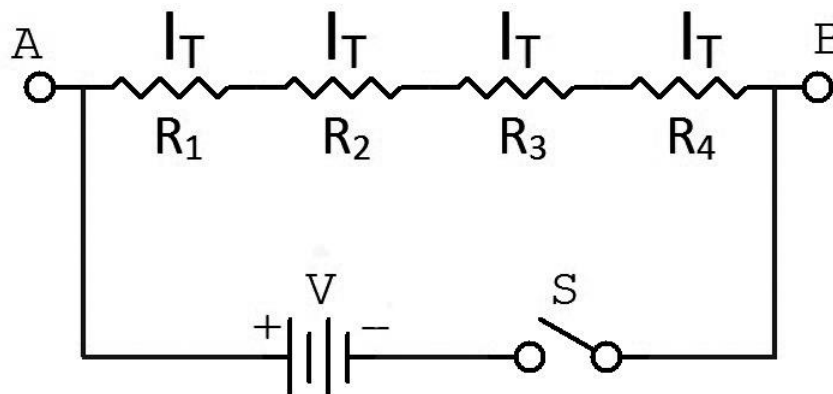


Figura 1. Voltajes en los resistores en un circuito en serie.

Dado que la ley de Ohm se aplica a cualquier parte de un circuito y al circuito completo, la fórmula (3) muestra que

$$\begin{aligned} I_T R_1 &= \text{caída de voltaje en } R_1 = V_1 \\ I_T R_2 &= \text{caída de voltaje en } R_2 = V_2 \\ I_T R_3 &= \text{caída de voltaje en } R_3 = V_3 \\ I_T R_4 &= \text{caída de voltaje en } R_4 = V_4 \end{aligned}$$

Ahora la fórmula (3) puede reescribirse como:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 \quad (4)$$

La fórmula (4) es la expresión matemática de la ley de voltajes en Kirchhoff.

Esta fórmula se puede generalizar para los circuitos con uno o más resistores conectados en serie, y también se aplica a circuitos serie-paralelo (figura 2). Aquí $V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5$, donde V_1 , V_3 y V_5 son, en este orden, las caídas de voltaje en R_1 , R_4 y R_3 y V_2 y V_4 las caídas en los circuitos en paralelo entre A y B y entre C y D, respectivamente.

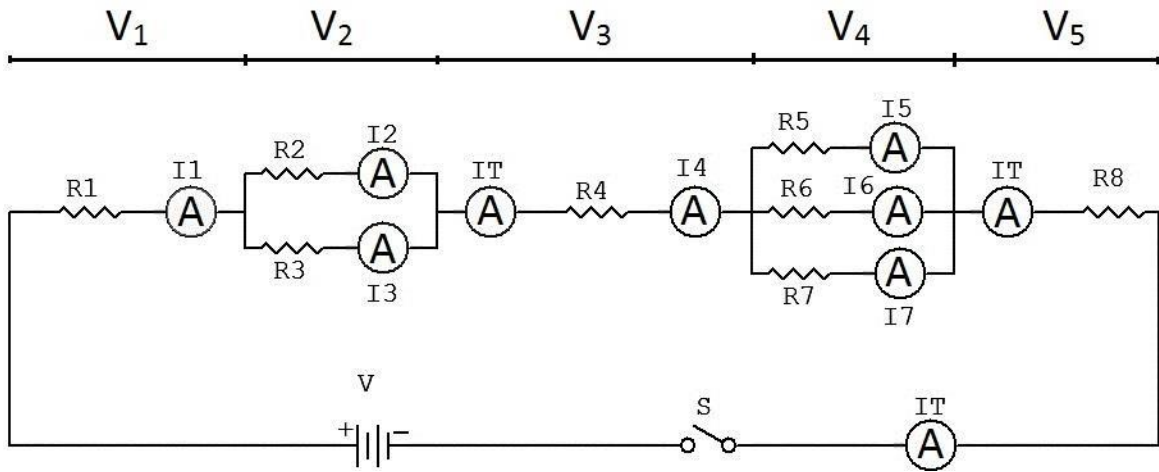


Figura 2. Voltajes en los resistores en un circuito en serie-paralelo.

Expresada en palabras la fórmula (4) establece que es un circuito o lazo cerrado, el voltaje aplicado es igual a la suma de las caídas de voltaje en el circuito.

Al resolver problemas de circuitos eléctricos, es útil emplear signos algebraicos que representan la polaridad. El circuito de la figura 3 ilustra la convención empleada al asignar un signo + o un signo - al voltaje de un circuito. En el caso de la corriente de flujo de electrones, estos se mueven del potencial negativo al positivo. La flecha de la figura 3 muestra el sentido de la corriente y los signos - y + indicando lo siguiente: el punto A es negativo respecto al punto B; B es negativo con respecto al punto C; C es negativo respecto a D, y D es negativo con respecto a E. Lo anterior es consistente con la suposición de una corriente de flujo de electrones en el circuito. Con respecto a la fuente de voltaje, el punto E es positivo con respecto a A, lo que indica una elevación de voltaje.

Para establecer el signo algebraico de los voltajes en el circuito cerrado, se sigue el sentido supuesto de la corriente. Se considera positiva cualquier fuente o caída de voltaje a cuya terminal + (positivo) se llega primero y negativa a cualquier fuente de voltaje o caída a cuya terminal - (negativa) se llega primero. Si se inicia en el punto A de la figura 3 y se sigue el sentido de la corriente, se tiene $-V_1$, $-V_2$, $-V_3$, $-V_4$ y V . Con este acuerdo en mente, la ley de voltajes de Kirchhoff puede generalizarse como sigue:

La suma algebraica de los voltajes en un circuito cerrado es igual a cero.

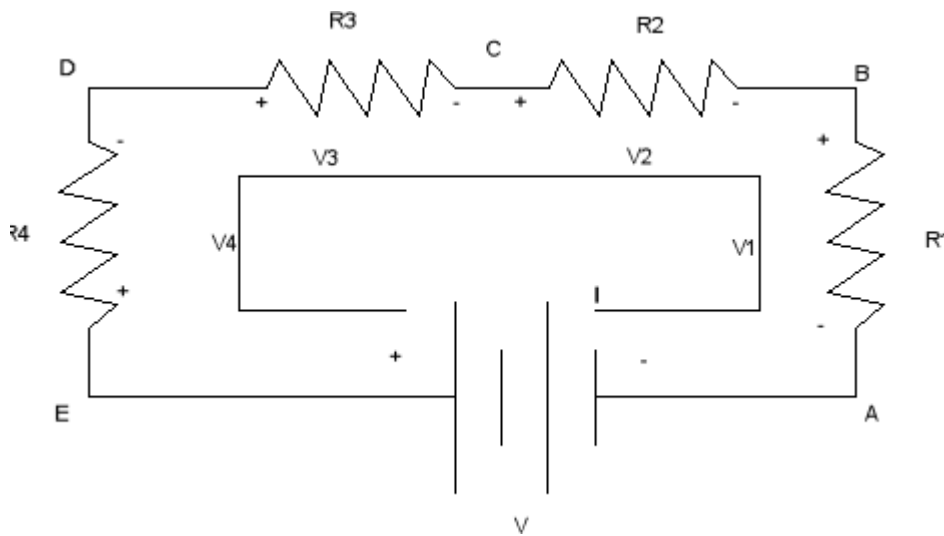


Figura 3. Convección para asignar la polaridad a los voltajes en un circuito.

Al aplicar la convención de signos y la ley de Kirchhoff al circuito cerrado de la figura 3 e iniciando en el punto A se puede escribir lo siguiente:

$$-V_1 - V_2 - V_3 - V_4 + V = 0 \quad (5)$$

¿Esta fórmula es consistente con la (4)? Sí porque al pasar al lado izquierdo los términos del lado derecho de la ecuación (4) se obtiene $V - V_1 - V_2 - V_3 - V_4 = 0$, un resultado idéntico al de la ecuación (5).

La ley de voltajes de Kirchhoff (LVK) es una poderosa valiosa herramienta cuando se analizan o resuelven diversos tipos de circuitos, así como en la localización de las fallas en ellos.

RESUMEN

La ley de voltajes de Kirchhoff puede expresarse de dos maneras.

1. En un circuito cerrado, la suma de las caídas de voltaje es igual al voltaje aplicado.
2. En un circuito cerrado, la suma algebraica de los voltajes es igual a cero.

MATERIAL NECESARIO

Fuente de alimentación.

EMS 8821

Módulo de fuente de energía (0-120 Vc-d).

INSTRUMENTOS

Modulo de resistencias.

EMS 8311

Multímetros.

OTROS

Interruptor de 1 polo un tiro

PROCEDIMIENTOS

1. Mida cada uno de los resistores y registre su valor en la tabla 1.
2. Con $V_{FA} = 100\text{ V}$ y los valores nominales de cada resistor calcule la caída de voltaje en R_1 (V_1), R_2 (V_2), R_3 (V_3) y R_4 (V_4) de la figura 4. Registre los valores calculados en la tabla 2, así como V_{FA} y la suma de los voltajes calculados.

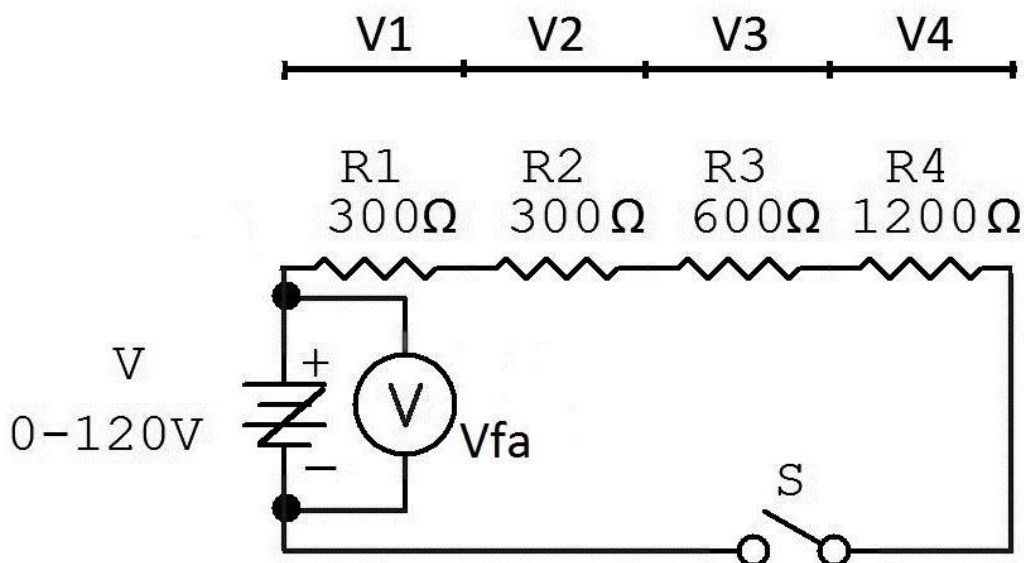


Figura 4. Circuito para el paso dos del procedimiento.

3. Con la alimentación **apagada** y el interruptor S_1 **abierto**, arme el circuito de la figura 4. **Encienda** la alimentación y ajuste la fuente a $V_{FA} = 100\text{ V}$.
4. **Cierre** S_1 . Mide el voltaje en R_1 (V_1), R_2 (V_2), R_3 (V_3) y R_4 (V_4) y registre los valores en la tabla 2. Calcule la suma de los voltajes V_1 , V_2 , V_3 y V_4 y anote sus respuestas en la misma tabla. **Abra** S_1 y **apague** la alimentación.
5. Con $V_{FA} = 100\text{ V}$ y a partir de la figura 5, calcule las caídas de voltaje V_1 , V_2 , V_3 ,

V_4 y V_5 . Registre los valores en la tabla 2, así como la suma de los voltajes calculados.

6. Arme el circuito de la figura 5. Encienda la alimentación a $V_{FA} = 100\text{ V}$

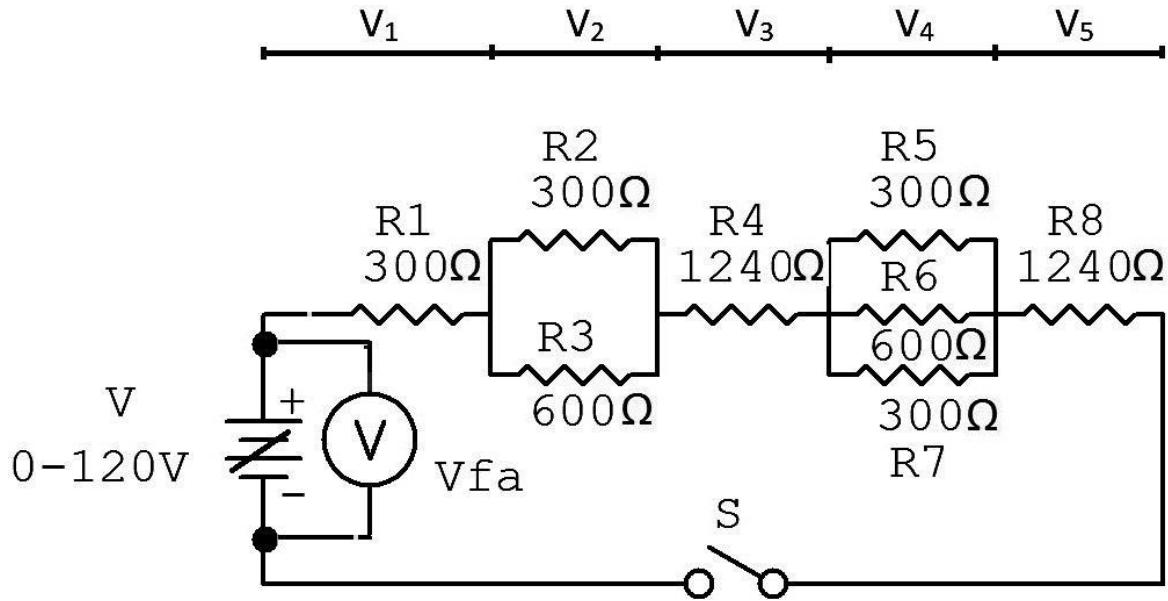


Figura 5. Circuito para el paso 5 del procedimiento.

7. **Cierre** S1. Mida los voltajes de V_1 , V_2 , V_3 , V_4 y V_5 , como ilustra la figura 5. Registre los valores en la tabla 2. Calcule la suma de los voltajes anteriores y escriba su respuesta en la tabla 2. **Abra** S1 y apague la alimentación.

Tabla 1. Valores del código de colores de los resistores del experimento.

| | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 |
|------------------------|-----|-----|-----|-------|-------|-----|-----|-------|
| Valor nominal Ω | 300 | 300 | 600 | 1.2 k | 1.2 k | 600 | 300 | 2.4 k |
| Valor medido Ω | | | | | | | | |

Tabla 2. Verificación de la ley de voltajes de Kirchoff.

| Paso | V_{FA} , V | V_1 , V | V_2 , V | V_3 , V | V_4 , V | V_5 , V | Suma de los V, V |
|------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------|
| 2 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | |

LEY DE CORRIENTES DE KIRCHHOFF

OBJETIVOS

- Hallar una relación entre la suma de las corrientes que entran en cualquier nodo de un circuito eléctrico y la corriente que sale de dicho nodo.
- Verificar con experimentos la relación plantada en el objetivo anterior.

LEY DE CORRIENTES

La ley de corrientes de Kirchhoff establece que:

La corriente que entra en cualquier nodo de un circuito eléctrico es igual a la corriente que sale de ese nodo.

En el circuito serie-paralelo de la figura 6, la corriente total es I_T , que entra al nodo A en el sentido que indica la flecha. Las corrientes que salen del nodo A son I_1 , I_2 e I_3 , como se muestra. Así las corrientes I_1 , I_2 e I_3 entran al nodo B e I_T sale del mismo. ¿Cuál es la relación entre I_T , I_1 , I_2 e I_3 ?

El voltaje en el circuito en paralelo puede hallarse mediante la ley de Ohm:

$$V_{AB} = I_1 \times R_1 = I_2 \times R_2 = I_3 \times R_3$$

La red en paralelo puede sustituirse por su resistencia equivalente R_T , en cuyo caso la figura 6 se transforma en un simple circuito en serie y $V_{AB} = I_T \times R_T$. Por consiguiente, se tiene que:

$$I_T \times R_T = I_1 \times R_1 = I_2 \times R_2 = I_3 \times R_3 \quad (6)$$

La fórmula (6) puede escribirse como:

$$\begin{aligned} I_1 &= I_T \times \frac{R_T}{R_1} \\ I_2 &= I_T \times \frac{R_T}{R_2} \\ I_3 &= I_T \times \frac{R_T}{R_3} \end{aligned} \quad (7)$$

En ocasiones la fórmula (7) se denomina regla del divisor de corriente. Al sumar I_1 , I_2 e I_3 se obtiene:

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_T \times \frac{R_T}{R_1} + I_T \times \frac{R_T}{R_2} + I_T \times \frac{R_T}{R_3}$$

$$\qquad\qquad\qquad 1 \qquad\qquad 1 \qquad\qquad 1$$

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_T \times \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

Pero:

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_T}$$

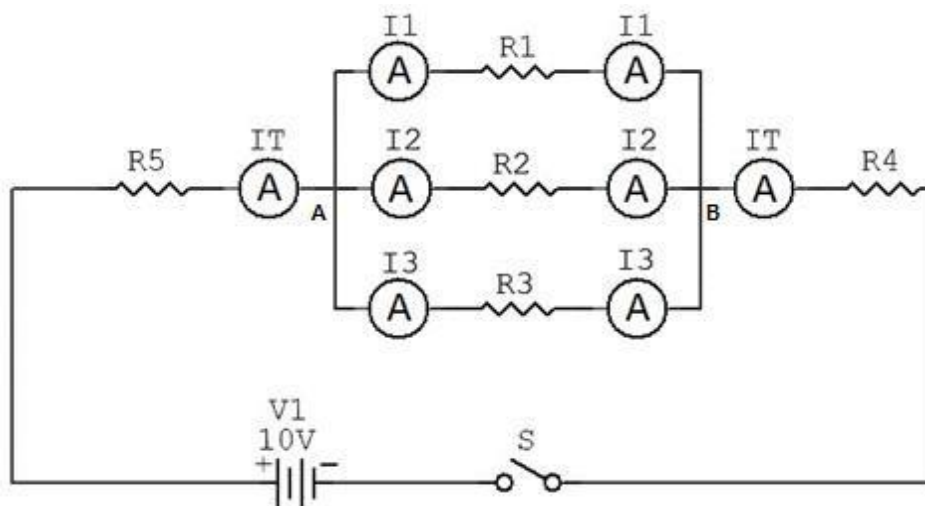


Figura 6. La corriente total o a través de la fuente es la suma de las corrientes en cada una de las ramas.

Por lo tanto:

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_T \times R_T \times \frac{1}{R_T} = I_T$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 \qquad (8)$$

La fórmula (8) es una expresión matemática de la ley de Kirchhoff, aplicada al circuito de la figura 6. En general, si I_T es la corriente que entra a un nodo de un circuito eléctrico, e $I_1, I_2, I_3 \dots I_n$ las que salen del nodo, entonces:

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n \qquad (9)$$

Esto es también válido si I_T es la corriente que sale del nodo e $I_1, I_2, I_3 \dots I_n$

las que entran al nodo.

Con frecuencia, la ley de corrientes de Kirchhoff se enuncia de otra forma:

La suma algebraica de las corrientes que entran y salen de un nodo es cero.

Recuerde que lo anterior es similar a la formulación de la ley de voltajes de Kirchhoff: La suma algebraica de los voltajes en un trayecto o lazo cerrado es cero.

Así como fue necesario adoptar un convenio de polaridad en los voltajes de un lazo, se requiere un convenio de corriente en los nodos. Si la corriente que entra a un nodo se considera positiva (+) y la que sale como negativa (-), puede mostrarse que el enunciado de que la suma algebraica de las corrientes que entran y salen de un nodo es cero, coincide con la fórmula (9). Considere el circuito de la figura 7. La corriente total, entra al nodo A y se considera +; las corrientes I_1 e I_2 , salen del nodo A y se consideran -; Así:

$$+I_T - I_1 - I_2 = 0 \quad y \quad I_T = I_1 + I_2$$

Es obvio que los dos enunciados de la ley de corrientes de Kirchhoff conducen a la misma fórmula.

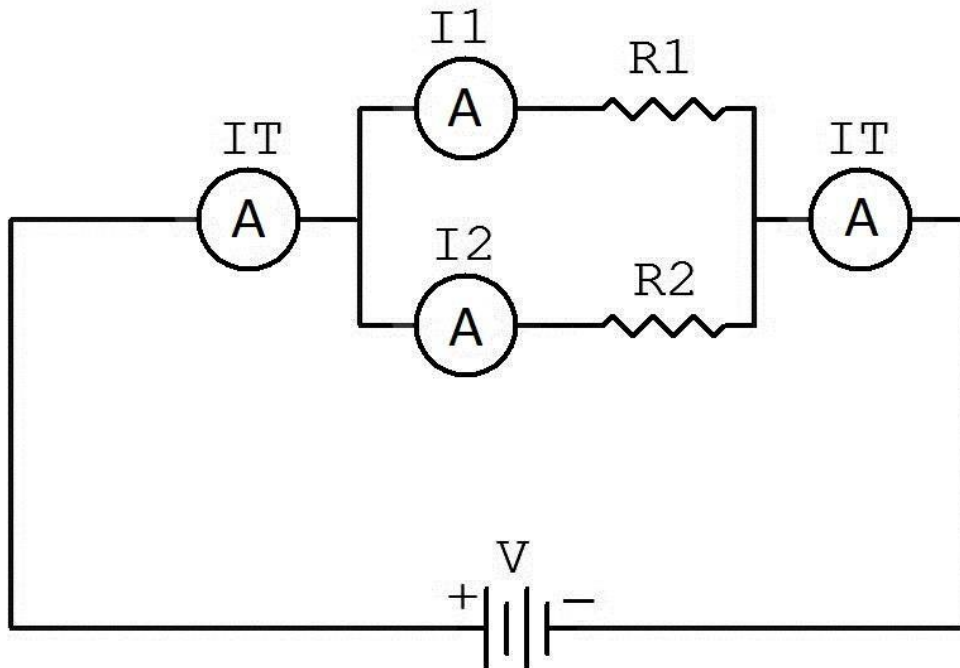


Figura 7. La suma algebraica de las corrientes que entran y salen de un nodo es igual a 0.

Un ejemplo muestra de cómo puede aplicarse la ley de corrientes de Kirchhoff a la solución de problemas de circuitos. Suponga, en la figura 8, que I_1 e I_2 son las corrientes que entran al nodo A y son en el mismo orden, de +5 A + 3 A. Las corrientes I_3 e I_4 , son, respectivamente, de 2 A y 1 A.

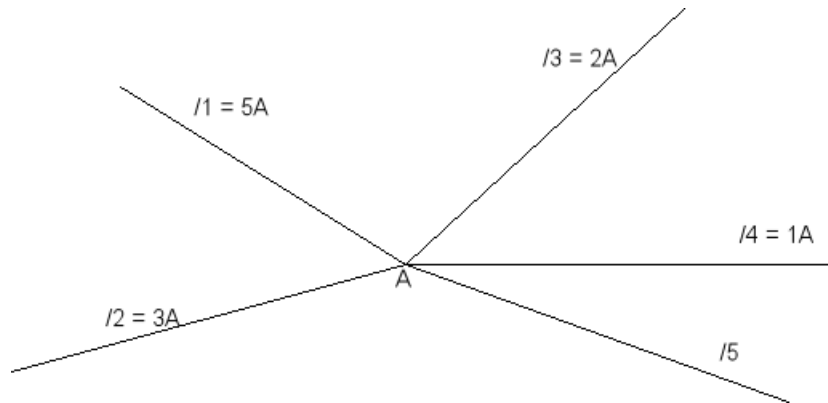


Figura 8. Corrientes que entran y salen del nodo A

¿Cuál es el valor de I_5 ? al aplicar la ley de corrientes de Kirchhoff.

$$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 - I_5 = 0$$

Y sustituyendo los valores conocidos de la corriente se obtiene

$$5 + 3 - 2 - 1 - I_5 = 0$$

$$5 - I_5 = 0$$

$$I_5 = 5A$$

RESUMEN

1. La ley de corrientes de Kirchhoff establece que la corriente entra a cualquier nodo en un circuito eléctrico es igual a la corriente que sale del dicho nodo.
2. Al resolver problemas de circuitos mediante la ley de corrientes de Kirchhoff, se asigna una polaridad a la corriente que entra al nodo (por ejemplo +) y a la que sale del nodo (por ejemplo -).
3. A partir de las polaridades establecidas en dos, la ley de corrientes de Kirchhoff se pueden enunciar como sigue: la suma de las corrientes que entran y salen de un nodo es 0. Así la figura 8 en el nodo A:

$$I_T - I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

MATERIAL NECESARIO

- Módulo de fuente de alimentación 0-120 Vc-d.
- Multímetros.
- Módulo de resistencias.
- Módulo de interruptores.

PROCEDIMIENTOS

Nota: este experimento requiere muchas mediciones de corriente en circuitos serie – paralelo. Si solo se dispone de un amperímetro, es necesario seguir la línea en la que se vaya a medir corriente. Desconecte la alimentación del circuito abriendo S1 cada vez que cambie de posición el amperímetro.

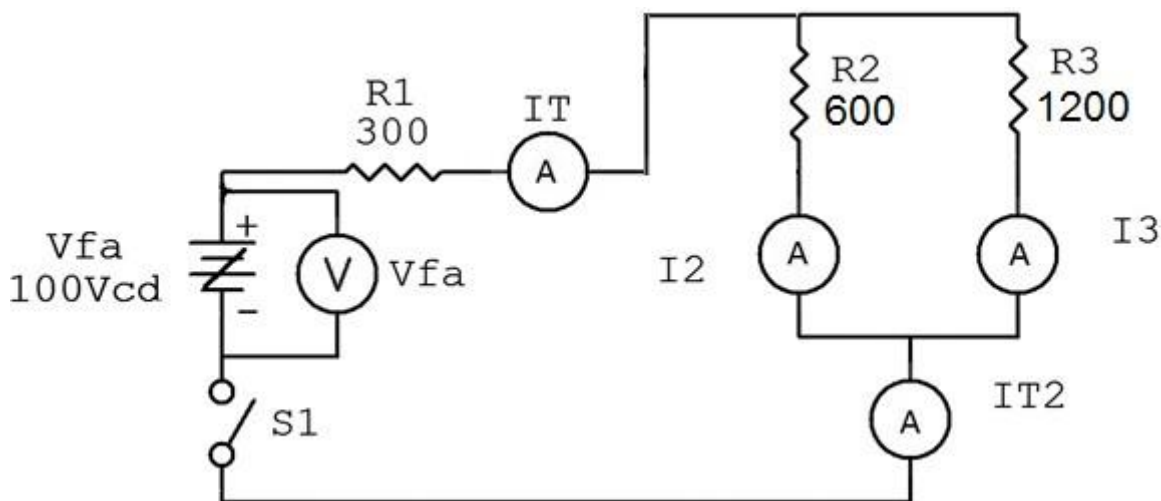


Figura 9. Circuito para el paso 2 del procedimiento.

1. Mida la resistencia de cada uno de los resistores y registre su valor en la tabla 3.
2. Con la alimentación apagada y S1 abierto, arme el circuito de la figura 9. Encienda la alimentación. Ajuste la fuente de alimentación a VFA = 100 V.
3. Cierre S1. Mida las corrientes I_{T1} , I_2 , I_3 e I_{T2} ; Anote los valores en la tabla 4. Calcule la suma de I_2 e I_3 y escriba sus respuestas en la tabla 2. Abra S1 y apague la alimentación.

Tabla 3. Valor medido de los resistores.

| | R1 | R2 | R3 |
|-------------------------|-----|-----|------|
| Valor nominal, Ω | 300 | 600 | 1200 |
| Valor medido, Ω | | | |

Tabla 4. Verificación de la ley de corrientes de Kirchhoff.

| Cálculos | I_{T1} | I_2 | I_3 | I_{T2} |
|----------------|----------|-------|-------|----------|
| Corrientes, mA | | | | |

| Mediciones | I_{T1} | I_2 | I_3 | I_{T2} |
|---------------|----------|-------|-------|----------|
| Corriente, mA | | | | |

AUTOEVALUACIÓN

LEY DE VOLTAJES DE KIRCHHOFF.

1. En la figura 1, $V_1 = 3 V$, $V_2 = 5.5 V$, $V_3 = 6 V$, $V_4 = 12 V$, el voltaje aplicado V_T será igual a _____ V.

Operaciones:

1. En la figura 2, $V_1 = 1.5 V$, $V_2 = 2.0 V$, $V_4 = 2.7 V$, $V_5 = 6.0 V$, $V_T = 1.5$, el voltaje V_3 será igual a _____ V.

Operaciones: _____

2. Enuncia la relación entre las caídas de voltaje en resistores conectados en serie y el voltaje aplicado al circuito.

3. Expresa su respuesta a la pregunta uno como fórmula matemática.

4. ¿Puede ser mayor la caída de voltaje en las resistencias que el voltaje de la fuente?, explique.

5. El voltaje en los nodos, ¿requieren una referencia? Explique:

6. Un nodo, puede tener varios niveles de voltaje una vez escogida la referencia. ¿cierto o falso? Explique:

LEY DE CORRIENTES DE KIRCHHOFF

1. En la figura 6 la corriente que entra al nodo A es de 1.5 A y las corrientes que salen son $I_1 = 0.25 A$, $I_2 = 0.1 A$. Por lo tanto la corriente I_3 debe ser igual a _____A

Operaciones: _____

2. En la figura 6 la corriente que sale del nodo B es de 1.5 A, la suma de las corrientes I_1 , I_2 e I_3 debe ser de _____A

Operaciones: _____

3. Escribe la ecuación que describe la relación entre las corrientes en el nodo A de la figura 6:

4. En la figura 8, $I_2 = 4 A$, $I_3 = 4 A$, $I_4 = 3 A$, $I_5 = 1 A$, entonces, ¿Cuál será el valor de I_1 ? Tome en cuenta que las corrientes I_1 e I_2 entran y las demás corrientes salen del nodo A.

Operaciones:

5. En las siguientes figuras encontrar el valor de la corriente faltante mediante la LCK e indicar la polaridad del voltaje aplicado en las resistencias colocando el signo (+) y (-) a cada una.

