

LEYES DE KIRCHHOFF – LEY DE VOLTAJE.

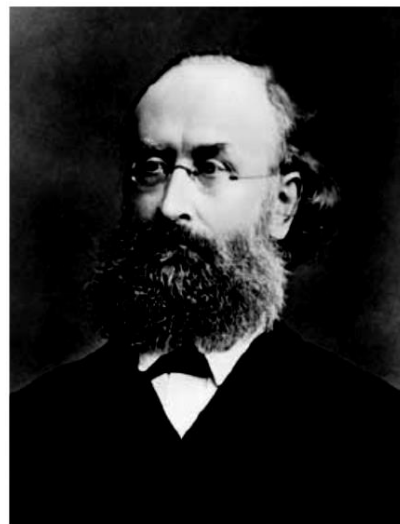
Gustav Robert Kirchhoff

KIRCHHOFF FUE UN FÍSICO ALEMÁN nacido el 12 de marzo de 1824 en Königsberg, Prusia. Su primera investigación fue sobre la conducción de la electricidad, la cual lo llevó a la presentación de sus leyes de circuitos eléctricos cerrados en 1845. La ley de corriente de Kirchhoff y la ley de voltaje se aplican a todos los circuitos eléctricos y, por ello, son fundamentales para entender la operación de un circuito. Kirchhoff fue el primero en verificar que un impulso eléctrico viaja a la velocidad de la luz.

Aunque dichos descubrimientos han inmortalizado el nombre de Kirchhoff en la ciencia eléctrica, es mejor conocido por su trabajo con R. W. Bunsen, con quien hizo grandes contribución en el estudio de la espectroscopia y avanzó la investigación en la radiación del cuerpo negro.

Kirchhoff murió en Berlín el 17 de octubre de 1887. ■

PERSPECTIVA HISTÓRICA



5-2 Ley de voltaje de Kirchhoff



Después de la ley de Ohm, una de las más importantes leyes de la electricidad es la ley de voltaje de Kirchhoff (LVK), que establece lo siguiente:

La sumatoria de las elevaciones y caídas de voltaje alrededor de un lazo cerrado es igual a cero. Este enunciado se puede escribir de forma simbólica como:

$$\sum V = 0 \quad \text{para un lazo cerrado} \quad (5-1)$$

En la expresión simbólica anterior, la letra griega mayúscula sigma Σ representa la sumatoria y V las elevaciones y caídas de voltaje. Un **lazo cerrado** se define como cualquier trayectoria que se origina en un punto, viaja alrededor de un circuito y retorna al punto original sin repetir ningún segmento.

Otra forma de establecer la ley de voltaje de Kirchhoff es la siguiente:

La sumatoria de las elevaciones de voltaje es igual a la sumatoria de las caídas de voltaje alrededor de un lazo cerrado.

$$\sum E_{\text{elevaciones}} = \sum V_{\text{caídas}} \quad \text{en un lazo cerrado} \quad (5-2)$$

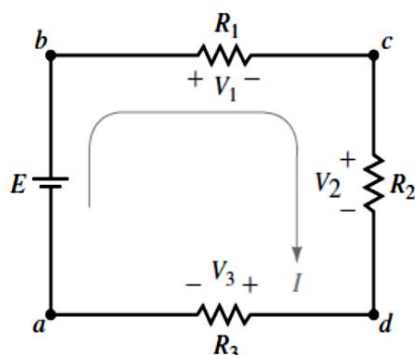


FIGURA 5-7 Ley de voltaje de Kirchhoff.

Si se considera el circuito de la figura 5-7, se puede empezar en el punto a en la esquina inferior izquierda. Si se sigue arbitrariamente la dirección de la corriente I , nos movemos a través de la fuente de voltaje, que representa una elevación en potencial del punto a al punto b . En seguida, al movernos del punto b al punto c , se pasa por el resistor R_1 , el cual presenta una caída de potencia de V_1 . Continuando a través de los resistores R_2 y R_3 , se tienen caídas adicionales de V_2 y V_3 , respectivamente. Al aplicar la ley de voltaje de Kirchhoff alrededor del lazo cerrado, se llega a la siguiente expresión matemática para el circuito:

$$E - V_1 - V_2 - V_3 = 0$$

Aunque se determinó seguir la dirección de la corriente al plantear la ecuación de la ley de voltaje de Kirchhoff, también es correcto moverse alrededor del circuito en la dirección opuesta. En este caso la ecuación aparecería como:

$$V_3 + V_2 + V_1 - E = 0$$

Por simple manipulación, es simple demostrar que las dos ecuaciones son idénticas.

LEY DE CORRIENTE DE KIRCHHOFF

Recuerde que la ley de voltaje de Kirchhoff fue muy útil para entender la operación del circuito serie. De manera similar, la ley de corriente de Kirchhoff es el principio esencial que se usa para explicar la operación de un circuito en paralelo. La ley de corriente de Kirchhoff establece lo siguiente:

La suma de corrientes que entran en un nodo es igual a la suma de corrientes que salen de él.

Una analogía que ayuda a entender el principio de la ley de corriente de Kirchhoff es el flujo de agua. Cuando el agua fluye en una tubería cerrada, la cantidad de agua que entra en un punto particular del tubo es exactamente igual a la cantidad de agua que sale, ya que no hay pérdidas. En forma matemática, la ley de corriente de Kirchhoff se establece como sigue:

$$\Sigma I_{\text{entran al nodo}} = \Sigma I_{\text{salen del nodo}} \quad (6-1)$$

La figura 6-5 ilustra la ley de corriente de Kirchhoff. Aquí se observa que el nodo tiene dos corrientes que entran, $I_1 = 5 \text{ A}$ e $I_5 = 3 \text{ A}$, y tres corrientes que salen, $I_2 = 2 \text{ A}$, $I_3 = 4 \text{ A}$ e $I_4 = 2 \text{ A}$. Ahora se puede ver que la ecuación 6-1 se aplica en la ilustración, a saber,

$$\begin{aligned} \Sigma I_{\text{ent}} &= \Sigma I_{\text{sal}} \\ 5 \text{ A} + 3 \text{ A} &= 2 \text{ A} + 4 \text{ A} + 2 \text{ A} \\ 8 \text{ A} &= 8 \text{ A} \text{ (¡coincide!)} \end{aligned}$$

Compruebe que la ley de corriente de Kirchhoff se aplica al nodo que se muestra en la figura 6-6.

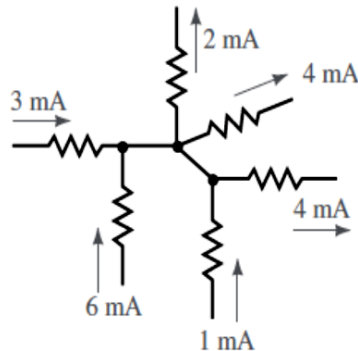


FIGURA 6-6

Respuesta

$$3 \text{ mA} + 6 \text{ mA} + 1 \text{ mA} = 2 \text{ mA} + 4 \text{ mA} + 4 \text{ mA}$$

Con frecuencia, cuando se analiza un determinado circuito, no se está seguro de la dirección de la corriente a través de un elemento dentro del circuito. En tales casos se supone una dirección de referencia y se basan los cálculos posteriores en esta presunción, si es incorrecta, los cálculos mostrarán que la corriente tiene un signo negativo, lo cual simplemente indica que la dirección de la corriente es opuesta a la que se seleccionó como referencia. El siguiente ejemplo ilustra este concepto muy importante.

6-2 Ley de corriente de Kirchhoff

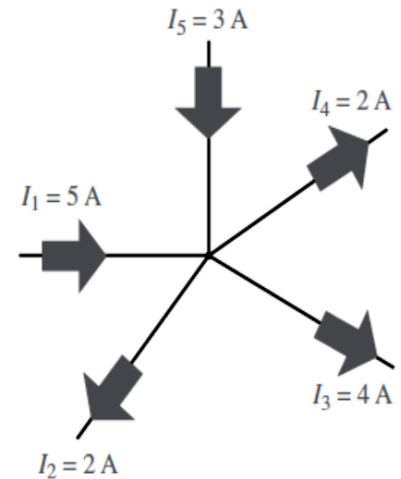


FIGURA 6-5 Ley de corriente de Kirchhoff.



PROBLEMAS PRÁCTICOS 1

EJEMPLO 6-1

Determine la magnitud y dirección correcta de las corrientes I_3 e I_5 para la red de la figura 6-7.

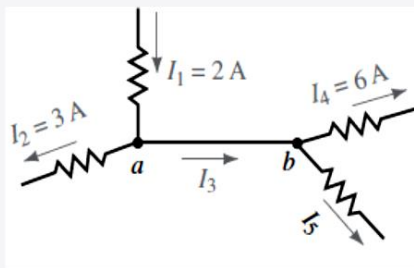


FIGURA 6-7

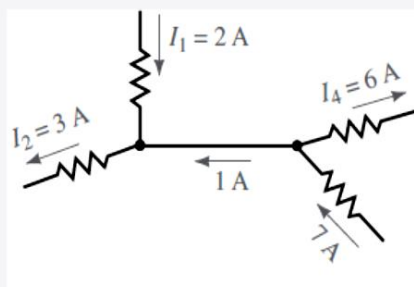


FIGURA 6-8

Solución Aunque los puntos a y b son de hecho el mismo nodo, se analizarán como dos nodos separados con 0Ω de resistencia entre ellos.

Ya que la ley de corriente de Kirchhoff debe ser válida en el punto a , se tiene la siguiente expresión para este nodo:

$$I_1 = I_2 + I_3$$

y así

$$\begin{aligned} I_3 &= I_1 - I_2 \\ &= 2 \text{ A} - 3 \text{ A} = -1 \text{ A} \end{aligned}$$

Observe que la dirección de referencia de la corriente I_3 se supuso que iba de a hacia b ; el signo negativo indica que la corriente va de b hacia a .

De manera similar, se usa la ley de corriente de Kirchhoff en el punto b para obtener

$$I_3 = I_4 + I_5$$

la cual da la corriente I_5 como

$$\begin{aligned} I_5 &= I_3 - I_4 \\ &= -1 \text{ A} - 6 \text{ A} = -7 \text{ A} \end{aligned}$$

El signo negativo indica que la corriente I_5 va en realidad hacia el nodo b en lugar de salir de él. Las direcciones y magnitudes reales de las corrientes se ilustran en la figura 6-8.

EJEMPLO 6-2

Determine las magnitudes de las corrientes desconocidas en el circuito de la figura 6-9.

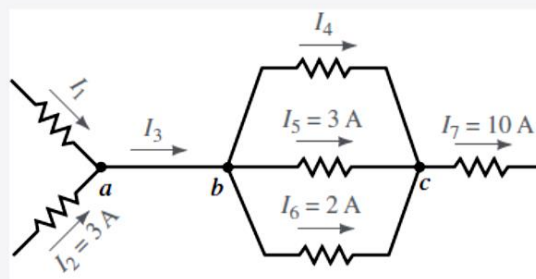


FIGURA 6-9

Solución: Si se considera el punto a , se observa que hay dos corrientes desconocidas, I_1 e I_3 . Ya que no hay forma de calcular estos valores, se examinan las corrientes en el punto b , donde de nuevo se tienen dos corrientes desconocidas I_3 e I_4 . Finalmente se observa que en el punto c hay sólo una corriente desconocida, I_4 .

Se usa la ley de corriente de Kirchhoff para calcular la corriente desconocida como sigue:

$$I_4 + 3 \text{ A} + 2 \text{ A} = 10 \text{ A}$$

Por tanto

$$I_4 = 10 \text{ A} - 3 \text{ A} - 2 \text{ A} = 5 \text{ A}$$

Ahora se observa que en el punto b la corriente que entra es

$$I_3 = 5 \text{ A} + 3 \text{ A} + 2 \text{ A} = 10 \text{ A}$$

Por último, al aplicar la ley de corriente de Kirchhoff en el punto a , se determina que la corriente I_1 es

$$I_1 = 10 \text{ A} - 3 \text{ A} = 7 \text{ A}$$