

LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS
RESPONSABLE DR. OSCAR MANUEL LÓPEZ YZA

NOMBRE: _____ MATRÍCULA: _____

E.E: _____

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

PRÁCTICA No. 8 FECHA: _____

NOMBRE DE LA PRÁCTICA

TEOREMA DE NORTON

OBJETIVOS.

- Determinar los valores de la fuente de corriente constante de Norton, I_N , y la resistencia de la fuente de corriente de Norton, R_N , en un circuito de cd con una o dos fuentes de voltaje.
- Verificar con experimentos los valores de I_N y R_N en el análisis de redes complejas de c-d con dos fuentes de voltaje.

EXPOSICIÓN

El teorema de Thévenin simplifica el análisis de redes complejas al reducir el circuito original a un circuito simple equivalente con una fuente de voltaje constante, V_{TH} , en serie con una resistencia interna R_{TH} . El teorema de Norton utiliza una técnica similar de simplificaciones; sin embargo, la fuente de Norton suministra corriente constante.

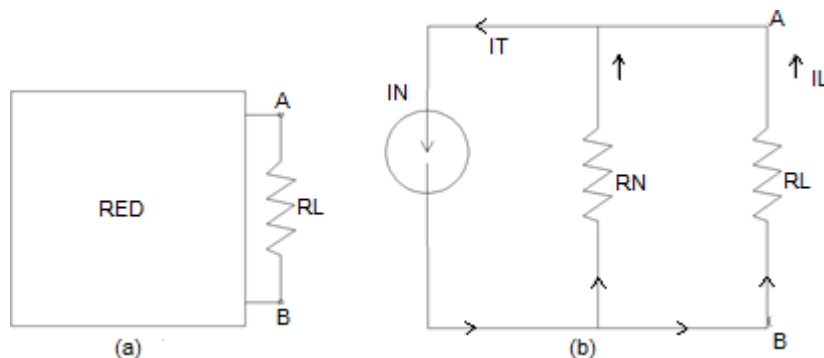


Figura 1

El teorema de Norton establece que cualquier red lineal de dos terminales se puede sustituir por un circuito simple equivalente que conste de una fuente de corriente constante, I_N , en paralelo con una resistencia interna, R_N . La figura 1 a) ilustra una red real que termina en una resistencia de carga, R_L ; la figura 1 b) muestra el circuito equivalente de Norton. La corriente de Norton, I_N , se distribuye entre la resistencia, R_N , y la carga R_L .

Respecto a la figura 1 a), las reglas para determinar las constantes en el circuito equivalente de Norton son las siguientes:

1. La corriente constante, I_N , es la que fluiría por AB si la resistencia de carga entre A y B se reemplazara por un cortocircuito.
2. La resistencia de Norton, R_N , es la que se ve desde las terminales AB con la carga retirada y las fuentes de voltaje en cortocircuito reemplazadas por su resistencia interna. Así, R_N se define exactamente igual a la resistencia de Thévenin, R_{TH} . Por lo tanto, $R_N = R_{TH}$.

APLICACIONES

Con base en el circuito de la figura 2 a) se desea hallar la corriente I_L por R_L mediante el teorema de Norton. (Por su puesto, este circuito también se puede analizar con las leyes de Ohm y de Kirchhoff, así como por los métodos de malla y de Thévenin).

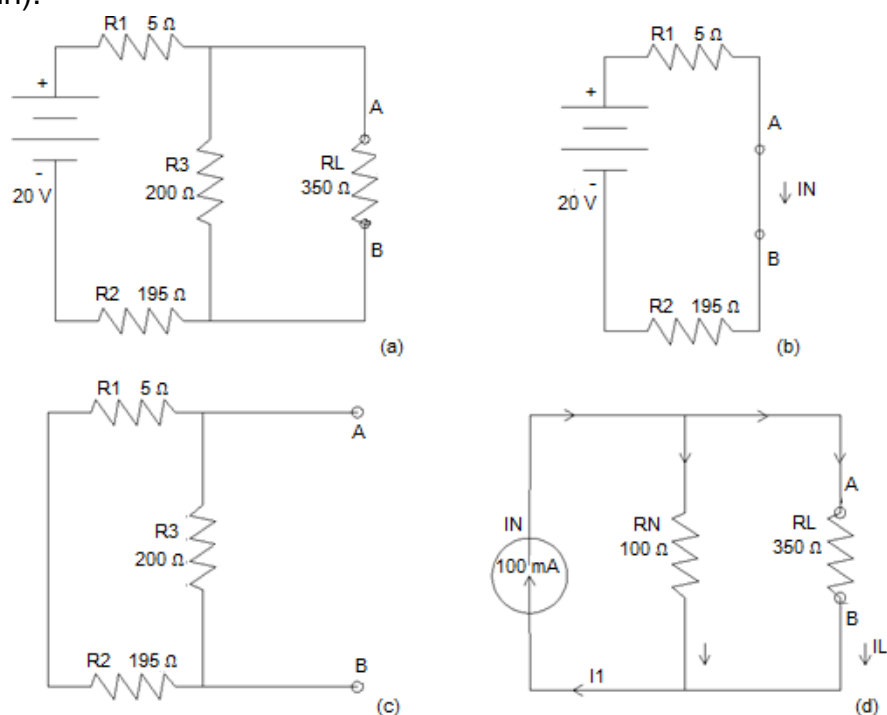


Figura 2

El desarrollo del circuito equivalente de Norton de la figura 2 a) puede observarse en las figuras b), c) y d).

1. (Figura 2 b) El resistor de carga, R_L , se pone en cortocircuito, cortocircuitando así a R_3 . La corriente que V_T produce es I_N .

$$I_N = \frac{V}{R_1 + R_2} = \frac{20V}{5\Omega + 195\Omega} = \frac{20V}{200\Omega} \quad I_N = 100mA$$

2. (Figura 2 c) La fuente de voltaje, V , se pone en cortocircuito y se reemplaza por su resistencia interna. Con R_L retirada, entre A y B se calcula la resistencia. La resistencia es R_N .

$$R_N = \frac{(R_1 + R_2)(R_3)}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{(5\Omega + 195\Omega)(200\Omega)}{5\Omega + 195\Omega + 200\Omega} \quad R_N = \frac{40k\Omega}{400} = 100\Omega$$

3. (Figura 2 d) El circuito original se sustituye por la fuente de corriente constante de Norton, $I_N = 100 mA$ en paralelo con la resistencia de Norton $R_N = 100 \Omega$. La resistencia de carga, R_L , se conecta al circuito equivalente de Norton.

Ahora se puede calcular el valor de I_L , según la regla del divisor de corriente.

$$I_L = \frac{I_N \times R_N}{R_L + R_N} = \frac{(100 mA)(100 \Omega)}{350 \Omega + 100 \Omega} = \frac{10 V}{450 \Omega}$$

Como en el caso del teorema de Thévenin, el teorema de Norton es útil en aplicaciones en las que es necesario calcular la corriente de carga conforme la resistencia de carga varía en un amplio intervalo de valores.

ANÁLISIS DE UNA RED DE CD CON DOS FUENTES DE VOLTAJE

Para analizar redes complejas de c-d con dos o más fuentes de voltaje se pueden utilizar cualquiera de los métodos examinados en éste y en experimentos anteriores.

Para resolver el siguiente problema se emplea en teorema de Norton.

Problema: Desarrollar una fórmula para hallar la corriente de carga en el circuito de la figura 3 a) para una gama de diferentes resistores de carga. Con esta fórmula encontrar I_L para $R_L = 100 \Omega$, 500Ω , y $1 \text{ k}\Omega$. Suponer que V_1 y V_2 son fuentes de voltaje constante.

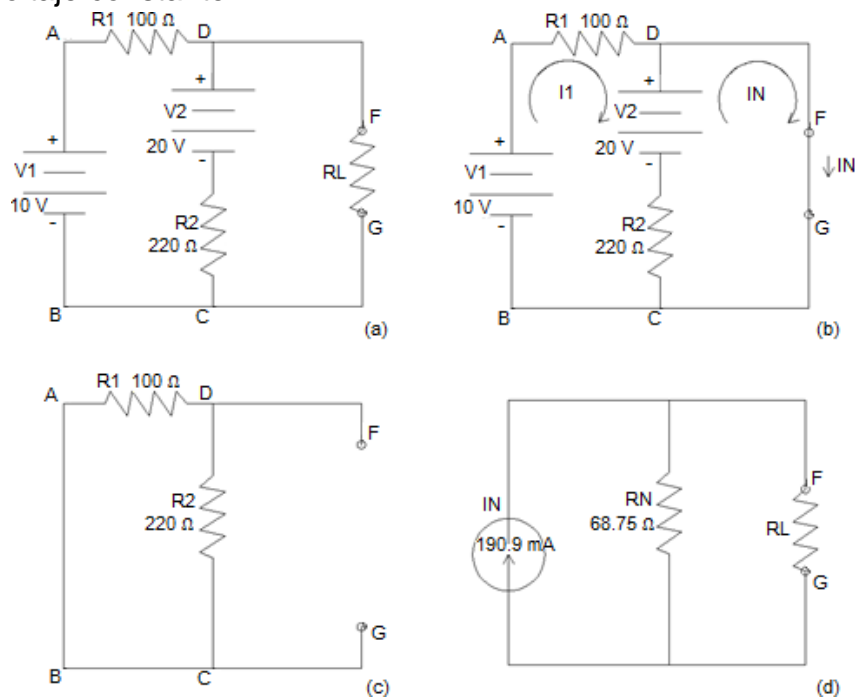


Figura 3

Solución: El primer paso es hallar la fuente de corriente constante de Norton, I_N , reemplazando R_L por un cortocircuito entre F y G y hallando la corriente por FG . Con las corrientes de malla I_1 e I_N (figura 3 b), se tiene:

$$I_1(R_1 + R_2) - I_N R_2 = V_1 - V_2$$

$$320I_1 - 220I_N = -10$$

$$-I_1 R_2 + I_N R_2 = V_2$$

$$-220I_1 + 220I_N = 20$$

Despejando I_N se obtiene:

$$I_N = 190.9_{mA}$$

Aunque I_N sea negativa, lo que interesa es su valor, no su sentido.

La resistencia de Norton, R_N , es la medida entre F y G en la figura 3 c), y es la misma que la resistencia de Thévenin, R_{TH} . Ésta se encuentra poniendo en cortocircuito todas las fuentes de voltaje y sustituyéndolas por su resistencia interna. En este problema se supone que V_1 y V_2 son fuentes de voltaje ideales (es decir, fuentes de voltaje constante), de modo que su resistencia interna es cero. En este caso, la resistencia entre F y G es R_1 en paralelo con R_2 .

$$R_N = \frac{100 \Omega \times 220 \Omega}{100 \Omega + 220 \Omega} = 68.75 \Omega$$

Para hallar I_L se puede usar la fórmula del ejemplo anterior:

$$I_L = \frac{I_N R_N}{R_N + R_L}$$
$$I_L = \frac{190.9_{mA} \times 68.75 \Omega}{68.75 \Omega + R_L}$$
$$I_L = \frac{13.1243}{68.75 + R_L}$$

Ahora se puede calcular los valores de I_L para cada valor de R_L

Para $R_L = 100 \Omega$

$$I_L = \frac{13.1243}{68.75 + 100} = \frac{13.1243}{168.75} = 77.77 \text{ mA}$$

Para $R_L = 500 \Omega$

$$I_L = \frac{13.1243}{68.75 + 500} = \frac{13.1243}{568.75} = 23.07 \text{ mA}$$

Para $R_L = 1 \text{ K}\Omega$

$$I_L = \frac{13.1243}{68.75 + 1000} = \frac{13.1243}{1068.75} = 12.28 \text{ mA}$$

RESUMEN

1. El teorema de Norton ofrece otro método para analizar circuito lineales complejos. Así, permite sustituir una red compleja de dos terminales por circuito equivalente simple que actúa como el circuito original en la carga conectada a las dos terminales.
2. El teorema de Norton se aplica a un circuito lineal con una o más fuentes de alimentación.
3. El circuito equivalente consta de una fuente de corriente constante, I_N , en paralelo con la resistencia interna de la fuente, R_N , a la cual se conecta la carga, R_L . De esta forma, la corriente, I_N , se divide entre R_N y R_L . La figura 1 b) muestra la fuente de corriente Norton y su carga.
4. Para determinar la corriente de Norton, I_N , se pone en cortocircuito la carga y se calcula la corriente por éste en el circuito original. Esta corriente de cortocircuito es I_N . Para calcular I_N es posible que se requieran las leyes de Ohm y Kirchhoff.
5. Para determinar la corriente de Norton, R_N , que actúa en paralelo con la corriente de Norton, se aplica la misma técnica que para hallar la resistencia de Thévenin en el experimento anterior. El procedimiento es el siguiente: en las dos terminales en cuestión de la red original se abre la carga; todas las fuentes de voltaje se cortocircuitan y se sustituyen por sus resistencias internas. Entonces se calcula R_N , la resistencia en las terminales de carga abiertas, mirando hacia el circuito.
6. Una vez que la red compleja se reemplaza por el circuito equivalente de Norton, la corriente, I_L , en la carga se puede hallar con la fórmula:

$$I_L = \frac{I_N \times R_N}{R_N + R_L}$$

MATERIAL NECESARIO

Fuentes (120 Vc-d y 0-120 Vc-d).

Multímetros.

Módulo de resistencias.

Módulo con potenciómetro (resistencia variable).

Módulo de interruptores.

Cables de conexión.

PROCEDIMIENTO

A. Determinación de I_N y R_N

A1. Con la alimentación **apagada** en la fuente, S_3 **abierto** y los interruptores S_1 y S_2 en la posición A, arme el circuito de la figura 4.

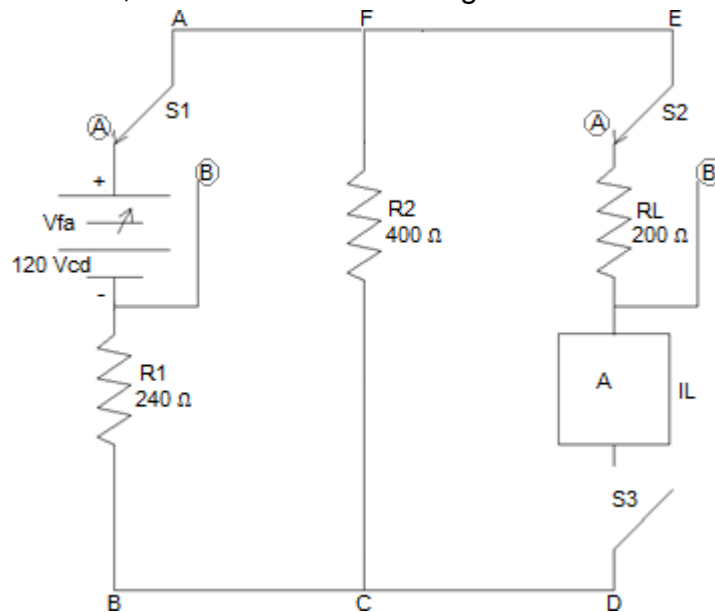


Figura 4

- A2. **Encendida** VFA. Ajuste el voltaje de la fuente de modo que $V_{FA} = 120$ V. (Observe con cuidado la polaridad correcta de las conexiones.) Mantenga este voltaje durante el primer experimento. **Cierre** S_3 . Mida I_L por R_L y registre los resultados en la tabla 1, en el renglón de 200Ω , columna " I_L , medida, circuito original"
- A3. Reemplace R_L por resistores de 240Ω , 400Ω y 600Ω . En cada caso mida I_L y anote los valores en la columna " I_L , medida, circuito original"
- A4. **Mueva** S_2 a la posición B, con lo que R_L se reemplazará por un cortocircuito. La corriente medida es la de cortocircuito del generador equivalente de Norton, I_N . Escriba el valor en la tabla 1 en el renglón de 200Ω , columna " I_N , medida".
- A5. **Apague** la fuente. Cambie S_1 y S_2 a la posición B y abra S_3 , con lo que la fuente de voltaje se reemplazan por un cortocircuito y abra el circuito de carga entre D y E (Se considera que las fuentes de alimentación reguladas tienen resistencia despreciable).

R_L Ω	I_N , mA		R_N , Ω		I_L , mA		
	Medida	Calculada	Medida	Calculada	Medida		Calculada
					Circuito Original	Circuito equivalente Norton	
200							
240							
400							
600							

Tabla 1

A6. Mida un Óhmetro la resistencia entre C y F. Ésta es la resistencia en paralelo con el generador equivalente de Norton, R_N . Registre este valor en la tabla 1 en el renglón de 200 Ω , columna " R_N , medida".

A7. A partir del circuito de la figura 4 calcule el valor de la corriente de Norton, I_N , y regístrelo en la tabla 1 en el renglón de 200 Ω , columna " I_N , calculada".

A8. Con base en el circuito de la figura 4 calcule el valor de la resistencia de derivación de Norton, R_N , y anótelo en la tabla 1 en el renglón de 200 Ω , columna " R_N , calculada".

A9. Con los valores de I_N y R_N de los pasos A7 y A8 calcule la corriente de carga, I_L , para los resistores de carga de 200 Ω , 240 Ω , y 600 Ω de la figura 4. Escriba los valores en la tabla 1 en la columna " I_L , calculada".

B. Empleo del circuito equivalente de Norton

B1. Con la fuente **apagada** y S_1 **abierto** arme el circuito de la figura 5 con $R_L =$

200 Ω . El medidor A1 medirá la corriente de Norton, I_N , y el medidor A2, la corriente de carga I_L . El potenciómetro hará las veces de R_N . Con un óhmetro ajuste el potenciómetro hasta que su resistencia sea igual a la R_N que se encontró en el paso A6.

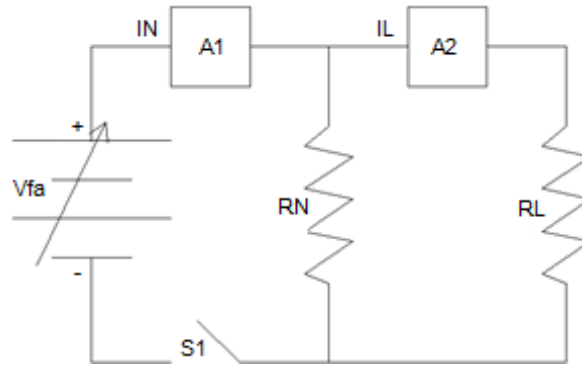
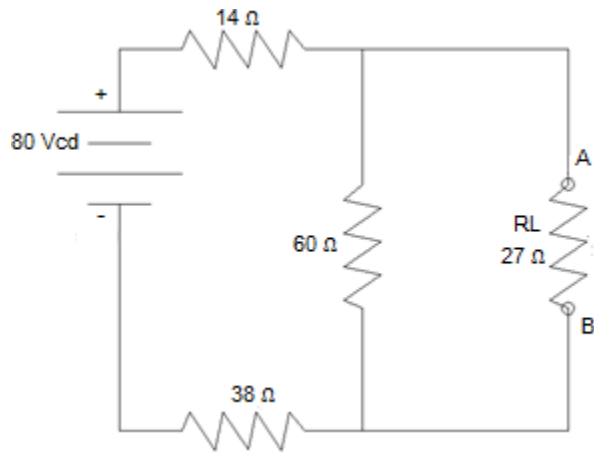


Figura 5

- B2. Ajuste la fuente de la alimentación en su voltaje de salida más bajo. Encienda la fuente y cierre S_1 . Poco a poco aumente la salida de la fuente de alimentación hasta que la corriente que mide el amperímetro A1 sea igual al valor de I_N , que se halló en el paso A4.
- B3. Con el medidor A1 midiendo I_N , anote la corriente de carga I_L , que mide el medidor A2 en la tabla 1, renglón de 200 Ω . Columna " I_L medida, circuito equivalente de Norton". Abra S_1 y **apague** la fuente.
- B4. Con cada uno de los demás resistores de carga de la tabla 1 arme el circuito equivalente de Norton (figura 5) y mida I_L para cada valor de R_L . Registre los valores en la tabla 1 en la columna " I_L medida, circuito equivalente de Norton". **Abra** S_1 y **apague** la fuente.

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS

1. En el siguiente circuito suponga que la resistencia interna de la fuente de voltaje, V , es cero. Encuentre los valores de I_N , R_N , e I_L y dibuje el circuito equivalente de Norton.



2. En el siguiente circuito suponga que la resistencia interna de la fuente de voltaje, V , es cero. Encuentre los valores de I_N , R_N , e I_L , y dibuje el circuito equivalente de Norton.

