



LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS

RESPONSABLE DR. OSCAR MANUEL LÓPEZ YZA

NOMBRE: _____ MATRÍCULA: _____

E.E: _____

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

PRÁCTICA No. 7 FECHA: _____

NOMBRE DE LA PRÁCTICA

TEOREMA DE THÉVENIN

OBJETIVOS.

- Determinar el voltaje (VTH) y la resistencia (RTH) equivalentes de Thévenin en un circuito c-d con una sola fuente de voltaje.
- Verificar con experimentos los valores de VTH y RTH al analizar un circuito serie-paralelo.

INFORMACIÓN BÁSICA

El teorema de Thévenin es otra herramienta matemática de gran utilidad en la solución de problemas de circuitos lineales complejos. El teorema hace posible determinar el voltaje o la corriente en cualquier parte de un circuito. La técnica empleada implica reducir el circuito complejo a un circuito simple equivalente.

TREOREMA DE THÉVENIN

El teorema de Thévenin establece que cualquier red lineal de dos terminales se puede reemplazar por un circuito simple equivalente que consta de una fuente de voltaje de Thévenin, VTH, en serie con una resistencia interna RTH que hace fluir corriente a través de la carga. Así, el equivalente de Thévenin del circuito de la figura 1 a) que alimenta la carga R_L es el circuito de la figura 1 d). Si se supiera cómo calcular los valores de VTH y RTH, el proceso de hallar la corriente I_L por R_L sería

la simple aplicación de la ley de Ohm.

Las reglas para determinar VTH y RTH son las siguientes:

1. El voltaje VTH es el voltaje “que se ve” en las terminales de la carga de la red original con la resistencia de la carga retirada (voltaje de circuito abierto); es decir, es el voltaje que se mediría si en la figura 1 a) se colocara un voltímetro entre A y B con la resistencia de la carga suprimida.
2. La resistencia RTH es la resistencia que se ve desde las terminales de la carga abierta, mirando hacia la red original cuando las fuentes de voltaje se han cortocircuitado y reemplazado por su resistencia interna.

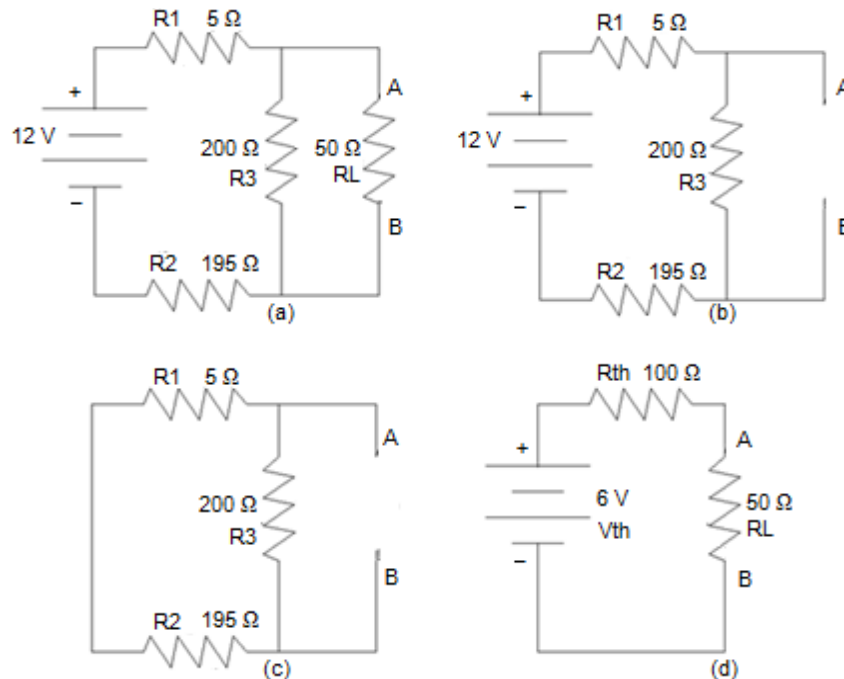


Figura 1

El desarrollo del circuito equivalente de Thévenin de la figura 1 a) es como sigue:

1. (Figura 1b) Se suprimió la resistencia de carga R_L y se calculó el voltaje en R_3 es la mitad del voltaje de la fuente, V , dado que R_3 es la mitad de la resistencia total del circuito en serie que consta de V , R_1 (que se supone es la resistencia interna de la fuente de voltaje V), R_2 y R_3 . El voltaje de Thévenin equivalente es $V_{TH} = 6 V$.
2. (Figura 1c) La fuente de voltaje V se cortocircuita y en el circuito sólo queda su resistencia interna. Ahora se calcula la resistencia equivalente del circuito paralelo entre A y B.

$$R_{TH} = \frac{(R_1 + R_2) \times R_3}{(R_1 + R_2) \times R_3} = \frac{(5\Omega + 195\Omega) \times 200\Omega}{(5\Omega + 195\Omega) \times 200\Omega} = 100\Omega$$

3. (Figura 1d) El voltaje y la resistencia equivalentes de Thévenin se conectan en serie con la resistencia de carga R_L para formar un circuito en serie simple. Ahora se puede encontrar la corriente de carga, mediante la ley de Ohm.

$$I_L = \frac{V_{TH}}{R_L + R_{TH}} = \frac{6V}{50\Omega + 100\Omega} = \frac{6V}{150\Omega}$$

$$I_L = 40 \text{ mA}$$

Podría parecer que el método de Thévenin añade trabajo innecesario al análisis de un circuito y que las leyes de Ohm y Kirchhoff podrían resolver el problema en forma más rápida y fácil. Por supuesto, aun un circuito sencillo permite probar lo útil que resulta este método. Suponga que fuera necesario hallar I_L , para una gama de 10 valores de R_L mientras el resto del circuito permaneciera sin cambios. Sería un exceso laborioso aplicar 10 veces las leyes de Ohm y de Kirchhoff para calcular cada valor. Sólo con un cálculo del circuito equivalente de Thévenin se puede hallar con rapidez la corriente I_L para cualquier valor de R_L mediante una sola aplicación de la ley de Ohm.

ANÁLISIS DE UN CIRCUITO PUENTE NO BALANCEADO SEGÚN EL TEOREMA DE THÉVENIN

La figura 2 a) es un circuito puente no balanceado y se requiere hallar la corriente I por R_5 . El teorema de Thévenin se presta para resolver este problema.

Para este ejercicio, considere R_5 como la carga. El problema, entonces, es transformar el circuito en su equivalente de Thévenin que suministra corriente a R_5 .

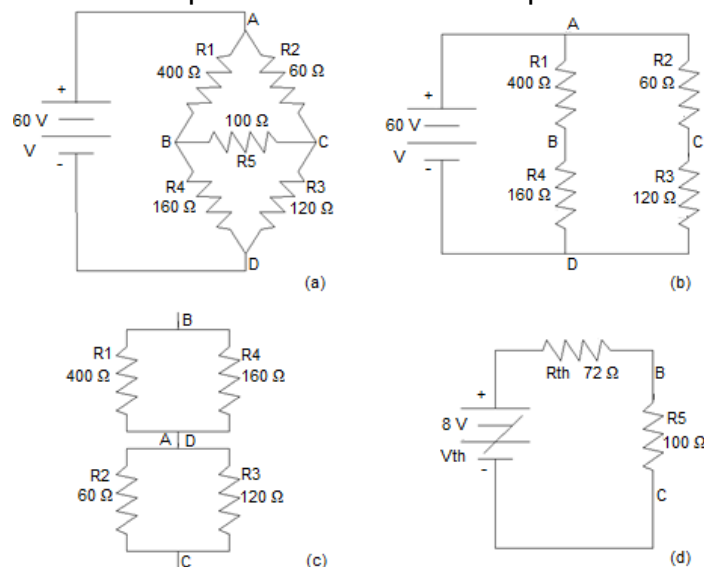


Figura 2

El voltaje de Thévenin, V_{TH} se halla retirando R_5 del circuito y determinado VBC en la figura 2 b) la diferencia de voltaje entre BD y CD será VBC. Los voltajes de VBD y VCD, se pueden encontrar en forma directa con cocientes de resistencias.

$$V_{BD} = \frac{R_4}{(R_1 + R_4)} \times V = \frac{160\Omega}{200\Omega} \times 60 V = 48 V$$

$$V_{CD} = \frac{R_3}{(R_2 + R_3)} \times V = \frac{120\Omega}{180\Omega} \times 60 V = 40 V$$

$$V_{BD} - V_{CD} = V_{BC} = 48 V - 40 V = 8 V = V_{TH}$$

La resistencia de Thévenin, R_{TH} , se halla poniendo en cortocircuito la fuente de voltaje y sustituyéndola por su resistencia interna. En este caso se supone que V es una fuente de voltaje ideal, por lo que su resistencia interna es cero. Así, AD está, en efecto, en cortocircuito.

La resistencia entre B y C (la resistencia equivalente de Thévenin) puede verse con facilidad si el circuito de la figura 2 b) se vuelve a dibujar con AD en cortocircuito. La figura 2 c) muestra BC con más claridad lo que facilita encontrar RBC.

El resistor R_1 en paralelo con R_4 resulta en:

$$\frac{40 \Omega \times 160 \Omega}{40 \Omega + 160 \Omega} = \frac{6.4 k\Omega}{200 \Omega} = 32 \Omega$$

El resistor R_2 en paralelo con R_3 resulta en:

$$\frac{40 \Omega \times 120 \Omega}{60 \Omega + 120 \Omega} = \frac{7.2 k\Omega}{180 \Omega} = 40 \Omega$$

Por lo tanto:

$$R_{BC} = 32 \Omega + 40 \Omega = 72 \Omega = R_{TH}$$

Al sustituir estos valores en el circuito equivalente de Thévenin (figura 2 d) y despegar I, se obtiene:

VERIFICACIÓN EXPERIMENTAL DEL TEOREMA DE THÉVENIN

Por medición es posible determinar los valores de V_{TH} y R_{TH} para una carga R_L en una red específica. Luego, con experimentos, es posible ajustar la salida de una fuente de alimentación regulada en V_{TH} , y conectar un resistor cuyo valor sea R_{TH} en serie con V_{TH} y R_L . En este circuito equivalente se puede medir I. Si el valor medido de I_L en R_L en la red original es igual que la medida en el equivalente de Thévenin, se tiene una

verificación para el teorema de Thévenin. Para una verificación más completa, en este proceso tendría que repetirse muchas veces con circuitos aleatorios.

RESUMEN

1. El teorema de Thévenin establece que cualquier red lineal de dos terminales se puede sustituir por un circuito equivalente simple que actúa como el circuito original con la carga conectada a las dos terminales.
2. El circuito equivalente consta de una fuente de voltaje de Thévenin (V_{TH}) en serie con la resistencia interna de Thévenin (R_{TH}) en serie con las dos terminales de la carga.
3. Para determinar el voltaje de Thévenin, V_{TH} , se abre la carga en las dos terminales de la red original y se calcula el voltaje en ellas; este voltaje de carga abierta es V_{TH} .
4. Para determinar la resistencia de Thévenin, (R_{TH}), en las dos terminales de la red original la carga se mantiene abierta, se cortocircuita la fuente de alimentación original y se reemplaza por su propia resistencia interna. Entonces se calcula la resistencia en las terminales de la carga abierta, mirando hacia el circuito original.
5. El teorema de Thévenin puede utilizarse con un circuito que tenga una o más fuentes de alimentación.
6. Una vez que el circuito equivalente de Thévenin sustituye la red compleja es posible encontrar la corriente en la carga mediante la ley de Ohm.

INSTRUMENTOS Y EQUIPO

Módulo de fuente de alimentación.

Multímetros.

Módulo de resistencias.

Módulo de potenciómetro (resistencia variable).

Módulo de interruptores.

Cables de conexiones.

PROCEDIMIENTO

1. Mida con un óhmetro la resistencia de cada uno de los siete resistores provistos y registre los valores en la tabla 1.

Tabla 1 Valores medios de los resistores.

Resistor	Valor normal	Valor medido Ω
R1	15	
R2	240	
R3	400	
R4	100	

2. Con la fuente **apagada** y S1 y S2 **abiertos** arme el circuito de la figura 3 con $R_L = 100 \Omega$ **Encienda** la fuente; **cierre** S1, ajuste V_{FA} en 60 V. **Cierre** S2 y mida I_L (la corriente en el resistor de carga R_L). Registre este valor en la tabla 2 en el renglón de 100 Ω , columna "Circuito Original". **Abra** S2. S1 debe permanecer **cerrado**.

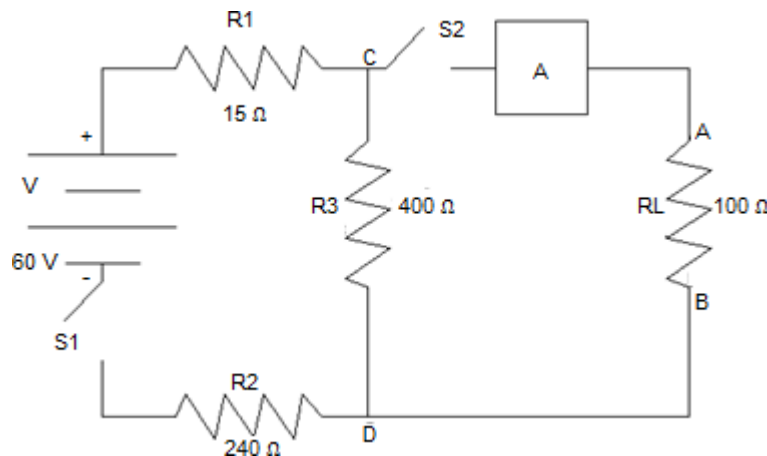


Figura 3

3. Con S1 cerrado y S2 abierto mida el voltaje entre C y D (figura 3). Este es el voltaje V_{TH} , anote el valor en la tabla 2 en el renglón de 100 Ω , columna " V_{TH} medido". Abra S1 y apague su fuente de alimentación.

Tabla 2 Mediciones para verificar el teorema de Thévenin.

R_L, Ω	V_{TH}, V		R_{TH}, Ω		I_L, mA		
	Medido	Calculado	Medida	Calculada	Medida		Calculada
					Circuito Original	Circuito equivalente de Thévenin	
100							

4. Cortocircuite la corriente
5. Con S2 aún abierto conecte un óhmetro entre C y D para medir la resistencia entre esos puntos, R_{TH} . Registre el valor en la tabla 2 en el renglón de 100 Ω ,

- columna "RTH medida".
6. **Desconecte** el resistor de carga de $100\ \Omega$, S2 y el amperímetro del circuito de la figura 3 y conéctelos como indica la figura 4. Con S2 **abierto** y la fuente encendida, verifique si $V_{FA} = V_{TH}$.
 7. Ajuste la fuente de alimentación hasta que $V_{FA} = V_{TH}$. Conecte el óhmetro al potenciómetro y ajuste la resistencia hasta que sea igual a R_{TH} .
 8. Cierre S2, mida I_L y anote el valor en la tabla 2 en el renglón de $100\ \Omega$, columna "Circuito equivalente de Thévenin, medida". Abra S2 y apague la fuente.
 9. Con los valores medidos de V_{FA} , R1, R2 y R3 (tabla 1) calcule V_{TH} en el circuito de la figura 3. Registre su respuesta en la tabla 2 en el renglón de $100\ \Omega$, columna "VTH calculado".

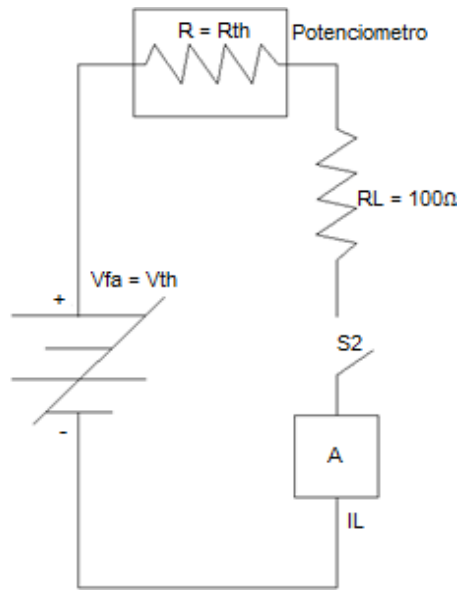


Figura 4

Cálculos: _____

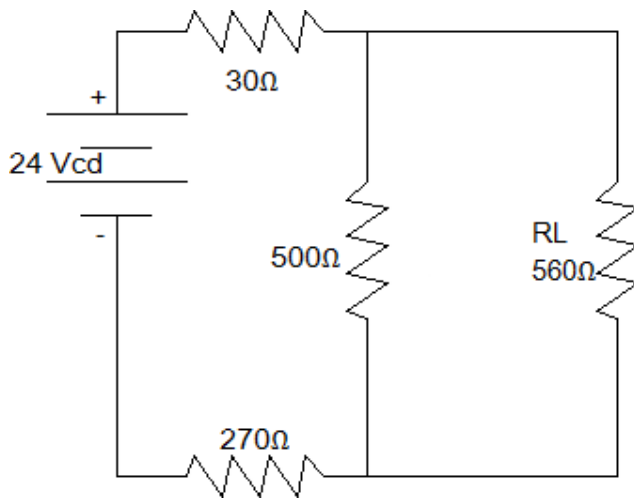
10. Calcule R_{TH} en la figura 3 con los valores medidos de R1, R2 y R3. (Las fuentes de alimentación de voltaje regulado en general tienen resistencia despreciable.) Registre su respuesta en la tabla 2 en el renglón de $100\ \Omega$, columna "RTH, calculada".

Cálculos: _____

11. Con los voltajes de V_{TH} y R_{TH} calculados en los pasos 10 y 11 que aparecen en la tabla 7-2, calcule I_L . Registre su respuesta en la tabla 2 en el renglón de 100Ω , columna " I_L , calculada".

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS

1. En el siguiente circuito suponga que la resistencia interna de la fuente es cero. Halle los valores para V_{TH} e I_L y dibuje el circuito equivalente de Thévenin.



2. Para el siguiente circuito suponga una fuente de alimentación regulada. Encuentre los valores de V_{TH} , R_{TH} y dibuje el circuito equivalente de Thévenin.

