

Circuitos de Corriente Continua

Circuitería Básica , Leyes de Kirchhoff y Equivalente Thévenin**1. OBJETIVOS**

- Estudiar las asociaciones básicas de elementos resistivos en corriente continua: conexiones en serie y en paralelo.
- Comprobar experimentalmente las leyes de Kirchhoff.
- Determinación experimental del Equivalente Thévenin.

2. MATERIAL

- Fuente de alimentación (c.c.)
- Resistencias
- Polímetro.
- Cables de conexión.

3. FUNDAMENTO TEÓRICO

Conexión de resistencias en serie.- Se dice que un conjunto de resistencias están *conectadas en serie* cuando presentan un trayecto único del paso de la corriente (fig. 1). La misma intensidad de corriente I circula a través de cada una de las resistencias conectadas en serie, pero entre los extremos de cada resistencia hay una caída de potencial diferente. Si entre los puntos a y b de la fig. 1 se aplica una d.d.p. V , las caídas de potencial en cada resistencia son proporcionales a sus resistencias respectivas: $V_1 = I R_1$; $V_2 = I R_2$; $V_3 = I R_3$

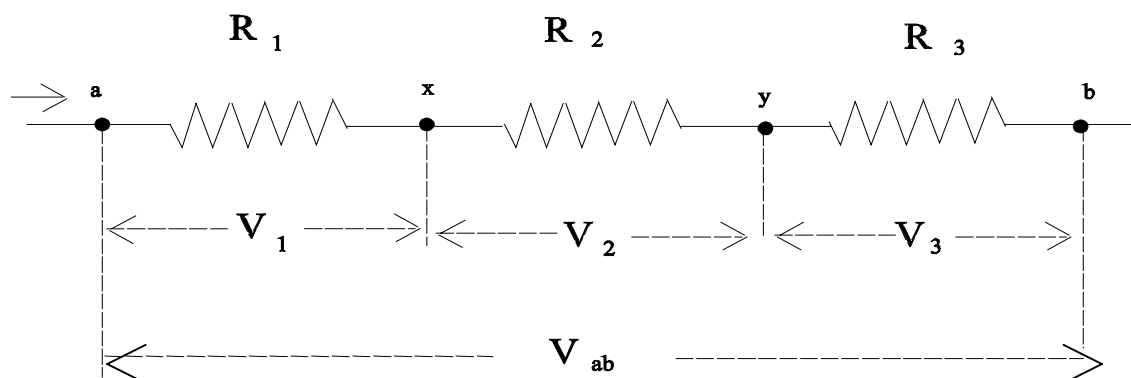


Figura 1

Como

$$V_{ab} = V_1 + V_2 + V_3 \quad (1)$$

se debe cumplir

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \quad (2)$$

de modo que la resistencia equivalente de varios conductores dispuestos en serie es igual a la suma de sus resistencias.

Conexión de resistencias en paralelo.- Se dice que varios conductores están *conectados en paralelo o derivación* cuando todos parten de un mismo punto a y terminan en un mismo punto b, como se muestra en la fig. 2. La misma d.d.p. existe entre los extremos de cada uno de los conductores conectados en paralelo, pero cada uno estará atravesado por una corriente diferente. Si entre los puntos a y b de la fig. 2 se aplica una d.d.p. V_{ab} , la intensidad que circulará por cada conductor será inversamente proporcional a su resistencia respectiva.

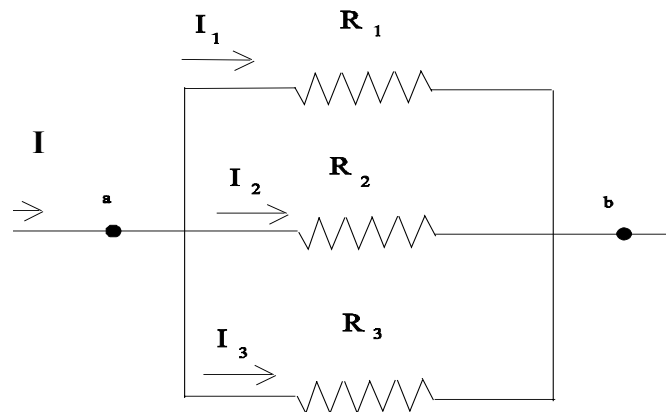


Figura 2

$$V_{ab} = I_1 R_1 = I_2 R_2 = I_3 R_3 \quad (3)$$

Como

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \quad (4)$$

se debe cumplir

$$\frac{I}{R} = \frac{I}{R} + \frac{I}{R_2} + \frac{I}{R_3} \quad (5)$$

de modo que la suma de los valores recíprocos de cada uno de los resistores conectados en paralelo es igual al valor recíproco de la resistencia equivalente de la agrupación.

Conexión de resistencias en serie-paralelo.- La fig. 3 representa una asociación serie-paralelo de resistencias. En este circuito, R_1 está en serie con R_2 y equivalen a una resistencia $R_{12} = R_1 + R_2$, que a su vez está en paralelo con R_3 , y equivale a una resistencia $R_{12,3}$ tal que y esta resistencia equivalente $R_{12,3}$ está en serie con la R_4 , de modo que la resistencia equivalente de toda la asociación es

$$R_{(12,3)4} = R_{12,3} + R_4.$$

Naturalmente, las propiedades de las asociaciones en serie y en paralelo lo serán también de cada una de las "subasociaciones" de la asociación serie-paralelo.

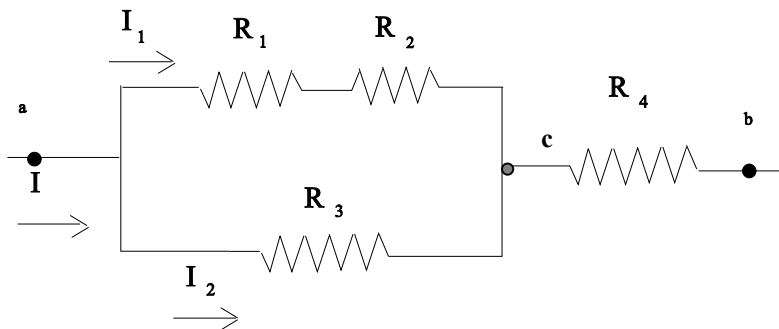
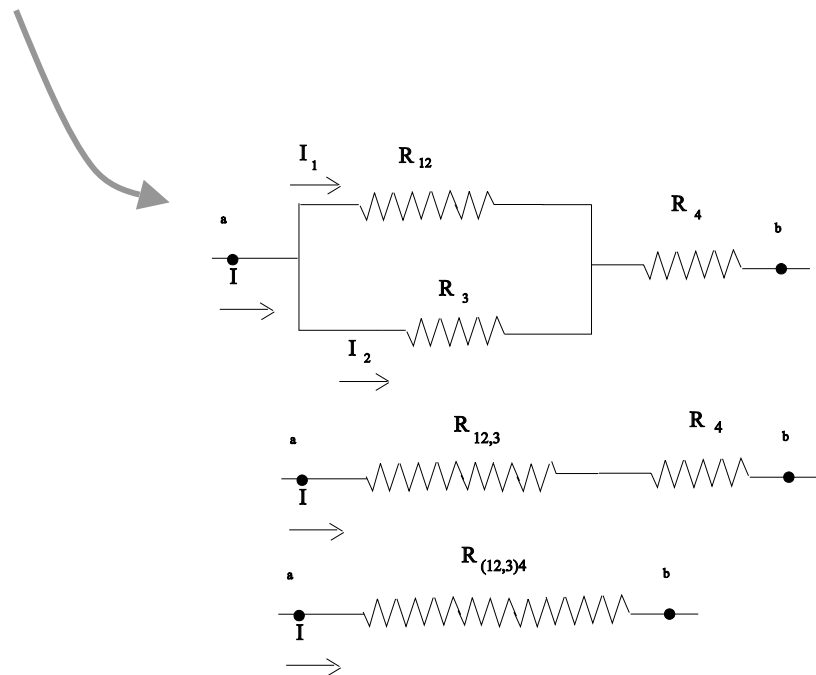


Figura 3



Leyes de Kirchhoff.- Para averiguar como se distribuyen las corrientes en una red de conductores se recurre a las leyes de Kirchhoff. Antes de enunciarlas recordaremos lo que se entiende por nudo, rama y malla en una red.

En una red, se llama **nudo** a todo punto donde convergen tres o más conductores. Constituyen una **rama** todos los elementos (resistencias, generadores, ...) comprendidos entre dos nudos adyacentes. Constituye una **mall**a todo circuito (cerrado) que pueda ser recorrido volviendo al punto de partida sin pasar dos veces por un mismo elemento. Evidentemente, la intensidad de la corriente será la misma en cada uno de los elementos que integran una rama. Para los nudos y las mallas tenemos las siguientes leyes:

Primera ley de Kirchhoff (ley de los nudos).- Si consideramos positivas las intensidades de corriente que se dirigen hacia un nudo y negativas las que parten del mismo, se cumple que

$$\sum I = 0$$

es decir, la suma algebraica de las intensidades de las corrientes que convergen en un nudo es cero. Esta ley expresa simplemente que, en régimen estacionario de corriente, la carga eléctrica no se acumula en ningún nudo de la red.

Segunda ley de Kirchhoff (ley de las mallas).- La suma algebraica de las f.e.m. en una malla cualquiera de una red es igual a la suma algebraica de los productos IR en la misma malla, es decir

$$\sum E = \sum I R$$

o, en otras palabras, la suma algebraica de las f.e.m. es igual a la suma algebraica de las caídas de tensión en los elementos de una malla. Para aplicar esta 2ª ley, será preciso asignar un sentido convencional de circulación positiva para cada malla, y considerar positivas las intensidades y f.e.m. que concuerdan con dicho sentido convencional, y negativas las que no concuerdan.

La aplicación de las leyes de Kirchhoff a una red de conductores y generadores se facilita utilizando las siguientes reglas prácticas:

1.- Si hay n nudos en la red, se aplica la ley de los nudos a n - 1 de estos nudos, pudiéndose elegir cualesquiera de ellos.

2.- Si es r el número de ramas en la red (que será el número de intensidades a determinar) y n el número de nudos, el número de mallas independientes es $m = r - (n-1)$. Se aplica m veces la ley de mallas dispondremos así de $m + (n-1) = r$ ecuaciones independientes que nos permitirán determinar las r intensidades desconocidas.

Equivalente Thévenin.- El teorema de Thévenin establece que cualquier circuito, visto desde dos terminales cualesquiera A y B, puede ser sustituido por un circuito equivalente, llamado equivalente Thévenin, que está formado por una fuente de tensión

ideal (f.e.m Thévenin) y una impedancia conectada en serie, Z_T , impedancia Thévenin (figura 3). En general, a los terminales AB se conectarán distintos elementos que denominaremos cargas y el problema se resolverá sustituyendo el circuito inicial por uno mas sencillo, en el que parte del mismo se ha sustituido por un circuito equivalente. Cuando las cargas no están conectadas a los terminales AB diremos que estos terminales están en circuito abierto.

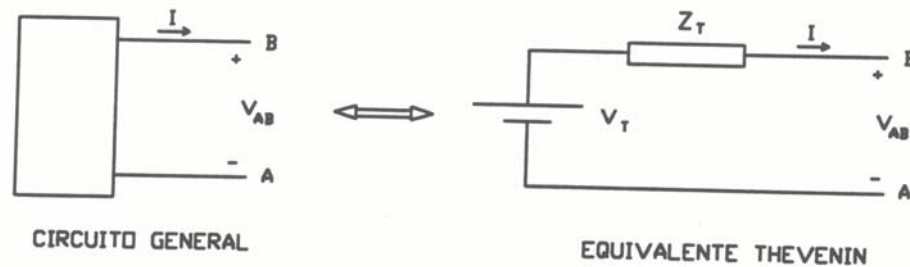


Figura 4

Por simple inspección del circuito equivalente de la figura 4 se deduce que la tensión en los terminales es

$$V_{AB} = V_T - I Z_T \quad (6)$$

Para determinar experimentalmente la tensión Thévenin bastará medir la tensión entre los terminales AB en circuito abierto, ya que en este caso, I es cero y, según la ecuación (6), se cumple $V_{AB} = V_T$. Por lo que respecta a la impedancia Thévenin, se conectará una impedancia variable, potenciómetro, entre los terminales A y B, se conectará el polímetro entre dichos terminales, en disposición de medir V_{AB} y se variará el valor del potenciómetro hasta que V sea justamente $V_T / 2$. En este momento el valor de la resistencia del potenciómetro será precisamente Z_T y una simple medida de la resistencia del potenciómetro con el polímetro, **previa desconexión del potenciómetro** del resto del circuito, permitirá su determinación experimental.

4. REALIZACIÓN PRÁCTICA

Circuitos Básicos

- Anotar los códigos de colores de los resistores que se indican en la tabla 0 y medir su resistencia con el óhmetro anotando los resultados.

Nota: Dichas resistencias son indicativas. Pueden elegirse los valores indicados u otros de similar orden.

I) Circuito serie

- Conectar en serie los resistores de la tabla I, de forma similar a la indicada en la fig. 1 (no aplicar potencia a este montaje). Medir y anotar la resistencia entre los extremos a y b, del montaje en serie.

- Aplicar una diferencia de potencial no superior a 12 V (en c.c.) entre los extremos, a y b del montaje en serie. Medir y anotar dicha tensión, así como la tensión existente entre los extremos de cada uno de los resistores.

- Medir la intensidad de la corriente que circula por el circuito, intercalando el miliamperímetro en varios puntos, **sucesivamente**. Abriendo el circuito en el punto a, intercalar ahí el amperímetro para volver a cerrar. Anotar la intensidad. A continuación, intercalar el amperímetro en el punto x y anotar la intensidad leída. Proceder igual para los puntos restantes (punto y y punto b).

II) Circuito paralelo

- Conectar los resistores de la tabla II en paralelo, de forma similar a la indicada en la fig. 2 (no aplicar potencia a este montaje). Medir y anotar la resistencia entre los extremos, a y b, del montaje en paralelo.

- Aplicar una tensión de c.c. de unos 12 V entre los puntos a y b. Medir y anotar dicha tensión, así como la existente entre los extremos de cada resistencia.

- Medir la intensidad de la corriente que circula por cada una de las resistencias (intercalar el amperímetro en cada una de las ramas). Anotar los resultados.

III) Circuito serie-paralelo

- Montar el circuito de la fig. 3, utilizando los resistores indicados en la tabla III. No aplicar potencial al montaje.

- Medir y anotar la resistencia R_{12} de la rama superior (hay que abrir la rama inferior). Medir y anotar la resistencia $R_{12,3}$ comprendida entre los puntos a y c. Medir y anotar la resistencia total $R_{(12,3)4}$ entre los puntos a y b.

- Aplicar una tensión de c.c. de unos 12 V entre los puntos a y b. Medir y anotar dicha tensión, así como la existente entre los extremos de cada resistor y agrupación de resistores.

- Medir y anotar la intensidad de corriente que circula por las ramas superior e inferior, así como la intensidad total.

Leyes de Kirchhoff

- Montar el circuito representado en la fig. 5, utilizando las resistencias indicadas en la tabla IV. (Cualquier conector o cable de conexión puede servir como interruptor.)

- Mantener todos los interruptores abiertos (desconectados) y proceder a medir con el voltímetro la tensión en los bornes de cada generador. Dichas tensiones representan, aproximadamente, los valores de las f.e.m. Anotar los resultados.

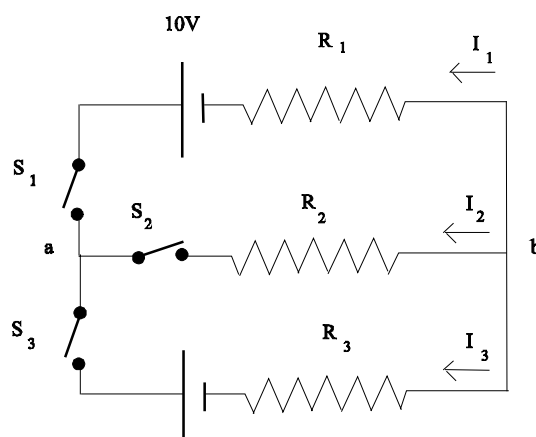


Figura 5

- Cerrar los interruptores. Abrir el interruptor S_1 y conectar el miliamperímetro en serie en esa primera rama para medir la intensidad de corriente. Anotar el resultado (con su signo, de acuerdo con el sentido indicado en la fig. 5).

- Repetir la operación anterior en cada una de las ramas (todos los interruptores estarán cerrados salvo el de la rama en cuestión).

- Cerrar todos los interruptores. Medir y anotar la caída de tensión en cada uno de los resistores, así como la tensión entre los puntos a y b.

- Volver a dibujar la fig. 5, indicando ahora los sentidos correctos de las intensidades de corriente y la polaridad en los extremos de cada resistor.

Equivalente Thèvenin

Se quiere conocer la caída de tensión a través de la resistencia de carga R_c de la figura 6 cuando ésta es sustituida por tres resistencias de carga diferentes R_6 , R_7 y R_8 sucesivamente. Con el fin de no resolver tres veces el mismo problema, determinaremos el circuito equivalente desde los terminales AB y entonces evaluaremos de forma inmediata la tensión para el circuito equivalente al que se le conecta la resistencia de carga R_c .

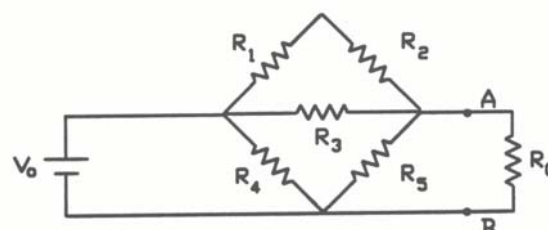


Figura 6

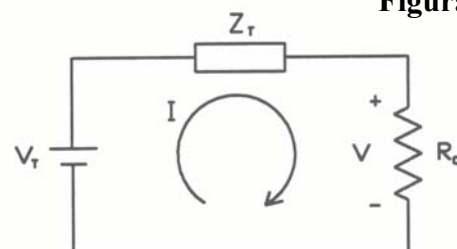


Figura 7

- Móntese el circuito de la figura sin conectar resistencia de carga R_c .

1) Para determinar la tensión Thévenin, médase la tensión AB.

2) Para hallar Z_T conecte entre A y B un potenciómetro y regule el valor del mismo hasta que se cumpla que $V_{AB} = V_T / 2$. Desconecte el potenciómetro del circuito para medir su valor con el polímetro. Este valor es precisamente Z_T .

Teóricamente el circuito de la figura 6 es equivalente al circuito, mas sencillo, de la figura 7 donde R_c es R_6 , R_7 y R_8 sucesivamente. La caída de tensión en la resistencia de carga vendrá dada por:

$$V = (R_c / (R_c + Z_T)) V_T \quad (7)$$

Esta ecuación nos permite predecir un valor teórico para la caída de tensión en la carga R_c . Para hallar un valor experimental, conectar al circuito la resistencia R_6 y medir la caída de tensión entre sus terminales. Compararla con el resultado teórico obtenido mediante la ecuación (7). Sustituir R_6 por R_7 y R_8 sucesivamente y repetir la operación.

5. Resultados

En este apartado se deben comparar los resultados experimentales con las predicciones teóricas.

Tabla de valores de las resistencias

	$R_I = 330$	$R_{II} = 470$	$R_{III} = 1500$	$R_{IV} = 3300$	$R_V = 4700$	$R_{VI} = 10000$
colores						
ohmetro(Ω)						

I) Circuito serie:

	$R_1 = R_I =$	$R_2 = R_{II} =$	$R_3 = R_{IV} =$	$R_{123} = \dots\dots\dots$
Tensión (V)				
$I_a =$ (mA)	$I_x =$	$I_y =$	$I_b =$	

II) Circuito paralelo:

	$R_1 = R_{IV} =$	$R_2 = R_V =$	$R_3 = R_{VI} =$	$R_{1,2,3} = \dots\dots\dots$
Tensión (V)				
$I_1 =$ (mA)	$I_2 =$	$I_3 =$	$I_T =$	

III) Circuito serie-paralelo:

	$R_1=R_{II}=$	$R_2=R_{III}=$	$R_3=R_{IV}=$	$R_4=R_I=$	$R_{12}=$	$R_{12,3}=$	$R_{(12,3)4}=$
Tensión (V)							
$I_1=I_2=$		$I_3=$		$I_4=I_T=$			

IV) leyes de Kirchhoff:

nº del elemento o rama	1	2	3
Resistencia	R_1	R_2	R_3
F.e.m. (V)			
Intensidad (mA)			
ddp en cada resistor (V)			

Tensión entre a y b: $V_{ab} =$

V) Equivalente Thèvenin

V_T	Z_T	V en $R_C = R_6$	V en $R_C = R_7$	V en $R_C = R_7$

6. Cálculos y cuestiones:

- 1) Compruebe las leyes básicas respecto a resistencias equivalentes, intensidades y tensiones (ecuaciones 1, 2, 4 y 5) de los modos de conexión serie y paralelo para los valores experimentales anotados en las tablas I y II.
- 2) Calcule la intensidad para el circuito serie y las tres intensidades de las tres ramas del circuito paralelo. Compare estos cálculos (medida y error) con los valores experimentales.
- 3) Realice los cálculos para el circuito montado según la figura 5, y compare con las medidas obtenidas.
- 4) Determine experimentalmente el circuito equivalente Thevenin desde los terminales A y B del circuito de la figura 5 y utilícelo para predecir la caída de tensión para tres resistencias de carga diferentes conectadas sucesivamente a estos terminales. Compare resultados experimentales y teóricos.