

CIRCUITOS A MEDIR, CIRCUITOS EN MEDICIÓN

Y CIRCUITOS EQUIVALENTES

Esta nota de aplicación supone que quien las lee y realiza conoce la Ley de Ohm, las Leyes de Kirchoff y el cálculo de las resistencias serie, paralelo y serie- paralelo de un circuito. A partir de ellas se supone también que se ha verificado que, en un circuito analizado como circuito serie, la tensión en cada resistencia, o conjunto de resistencias en paralelo, resulta directamente proporcional al valor de esta resistencia o, en su caso, al valor de la resistencia equivalente al paralelo. También supone que se conoce el concepto y los valores prácticos de la resistencia interna de un voltímetro.

Descripción general de la aplicación

Siempre que se mide un circuito eléctrico utilizando instrumentos que se conectan en él, se está modificando el circuito que se quiere medir. Esta modificación puede ser más o menos importante según las características del circuito y según el principio de funcionamiento y especificaciones del instrumento de medición. Es decir que las modificaciones dependen de las relaciones entre circuito e instrumento y no solo de cada uno de ellos tomado en forma aislada: un mismo instrumento de medición puede producir modificaciones importantes en un dado circuito y despreciables en otro circuito con características distintas. De igual manera un mismo circuito puede resultar muy modificado por un dado instrumento y muy poco modificado por otro instrumento de diferentes características. Los resultados de la medición dependen por tanto de la interacción entre un circuito y el o los instrumentos con los que se mide al circuito. En otras palabras el instrumento no ofrece un valor independiente de su interacción con el circuito, sino que este valor podría ser otro si, por ejemplo, se cambia el tipo de instrumento con que se realiza la lectura, o las relaciones entre el valor de la resistencia interna del voltímetro y el de las resistencias sobre las que se mide..

En la aplicación descrita inicialmente en el párrafo anterior resulta provechoso distinguir entre **circuito a medir** y **circuito en medición**. Por **circuito a medir** entenderemos aquel circuito que está constituido solo por sus componentes, sin incluir ningún instrumento de medición. Por **circuito en medición** entenderemos aquel circuito que está constituido tanto por sus componentes como por los instrumentos con los que se realiza la medición requerida. Esta distinción hace evidente que se trata de dos circuitos distintos y que por tanto, si queremos determinar los valores que caracterizan a nuestro circuito cuando no está siendo medido, deberemos efectuar correcciones en las lecturas obtenidas, correcciones que solo podremos verificar indirectamente, por otras mediciones (que presentarán la misma situación hasta aquí planteada) o por cálculo.

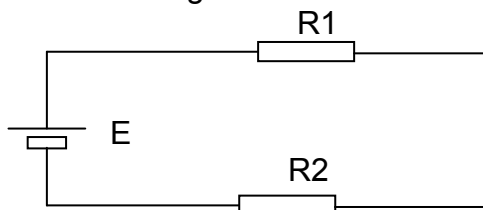
Sintetizando lo hasta aquí presentado en forma verbal, podemos decir que un circuito a medir es un circuito totalmente opaco para quien lo observa (en el sentido que no hace visible sus parámetros característicos); este circuito sólo podría ser calculado analíticamente, si se conocen las relaciones entre sus parámetros característicos y los valores de sus componentes. Por otro lado un circuito en medición si bien resulta transparente en cuanto nos indica los

valores de los parámetros que deseamos medir, no es ya el mismo circuito que el que se quiere medir, y por lo tanto requerirá que los valores obtenidos sean corregidos para eliminar analíticamente los efectos de la introducción de los instrumentos o, si resultara aceptable, que se desprecien las diferencias de valores producidos por la introducción de los instrumentos.

Mediciones y representaciones propuestas

Todo lo hasta aquí dicho verbalmente puede ser verificado y comprendido operando con circuitos concretos y con las respectivas representaciones gráficas y analíticas, tanto de los circuitos como de sus mediciones. Para esto resultará útil trabajar con un tercer tipo de circuito: los **circuitos equivalentes** que son circuitos que pueden reemplazar a otro (del que sería considerado su equivalente) a efectos prácticos o de cálculo, utilizando, en general, menos componentes. Para realizarlo se debe reemplazar dos o más de sus componentes por uno sólo de modo tal que el circuito continúe funcionando en forma similar a su equivalente (aunque desaparezcan algunas de las corrientes o tensiones que se podrían reconocer en el circuito original).

Veamos el siguiente circuito



En el cual:

$$E = 10 \text{ V}$$

$$R1 = 1 \text{ M}\Omega$$

$$R2 = 500 \text{ K}\Omega$$

Este circuito, en cuanto no tiene ningún instrumento de medición puede ser considerado un circuito a medir. Si antes de medir calculamos los valores previsibles de tensión en cada una de sus resistencias podríamos decir que:

$$E = V_{r1} + V_{r2} = 2 V_{r2} + V_{r2} = 3 V_{r2} = 10 \text{ V}$$

De donde

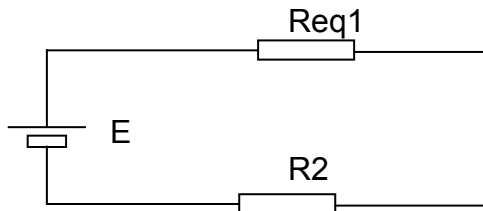
$$V_{r2} = 10/3 \text{ V} = 3,33 \text{ V}$$

y por tanto

$$V_{r1} = E - V_{r2} = 10 \text{ V} - 3,33 \text{ V} = 6,67 \text{ V}$$

Sin embargo si utilizamos un voltímetro con una resistencia interna de $1 \text{ M}\Omega$ para medir V_{r1} nos encontraremos con que la lectura obtenida es aproximadamente de 5 V , es decir la mitad de la tensión de la fuente y no las dos terceras partes de la misma como había surgido del cálculo previo. ¿ Qué ha ocurrido?

El voltímetro utilizado ha modificado el circuito y ahora tenemos un circuito en medición, no un circuito a medir. La resistencia interna del voltímetro está en paralelo con la R1 y el valor de este paralelo ahora será de 500 KΩ, igual al de R2, mientras que en el circuito a medir tenía sólo la R1 de 1 MΩ, en ambos casos en serie con R2 de 500 KΩ. El circuito equivalente al circuito en medición sería:



En este nuevo circuito la Req1, es la resistencia equivalente al paralelo de R1 con la resistencia interna del voltímetro, como ambas valen 1 MΩ la resistencia equivalente tendrá un valor de 500 KΩ. Esto explica por qué medimos casi 5 V sobre esta resistencia.

Si en nuestro circuito aplicáramos las relaciones conocidas entre la tensión de la fuente de alimentación y la tensión en cada resistencia:

$$E = V_{r1} + V_{r2}$$

Podríamos suponer que si en R1 hemos medido 5 V en R2 deberíamos medir los restantes 5 V. Sin embargo si efectuamos la medición con el mismo voltímetro nos encontraremos que indica aproximadamente 2,5 V: ¿cómo podemos explicar este valor?. La respuesta es similar a la encontrada en el caso anterior: la resistencia interna del voltímetro que vale 1 MΩ en paralelo con R2 que vale 500 KΩ representan una resistencia paralelo equivalente de aproximadamente 333 KΩ, en serie con R1 de 1 MΩ, por tanto la tensión en ella será tres veces menor que la tensión en R1.

Nótese que si sumamos la tensión medida en R1 que fue de aproximadamente 5 V con la tensión medida en R2 que fue aproximadamente de 2,5 V, el valor resultante es de 7,5 V, mucho menor que la tensión de fuente de 10 V.

Ante tanta diversidad de valores podríamos proponernos ahora medir simultáneamente la tensión en R1 y en R2, usando dos voltímetros que tengan resistencias internas iguales. Nos encontraremos ahora con un nuevo par de valores de Vr1 y Vr2 ambos diferentes a los obtenidos en las mediciones anteriores. Ellos serán ahora aproximadamente de 6 V en R1 y de 4V en R2. Los valores se justifican si se realiza el circuito equivalente al circuito en medición reemplazando R1 por el equivalente a su valor en paralelo con la resistencia interna del voltímetro, es decir 500 KΩ (puesto que tanto R1 como la resistencia interna del voltímetro valen 1 MΩ cada una) y a R2 por el equivalente a su valor en paralelo con la resistencia interna del voltímetro, es decir aproximadamente 333 KΩ. Se puede apreciar que ahora la tensión en R1 será aproximadamente 1,5 veces mayor que la tensión en R2 y de ahí los valores obtenidos. Nótese que en este caso la suma de ambos valores medidos coincide casi exactamente con la tensión de alimentación, pero cada valor es distinto al que se obtuvo midiendo en una resistencia por vez.

De las verificaciones realizadas podemos concluir:

- 1.- Que las tensiones medidas no responden a los valores calculables sobre el circuito a medir. Esto se debe a que el circuito a medir es modificado al insertarse en él los instrumentos de medición, lo cual puede verificarse calculando el circuito equivalente al circuito en medición.
- 2.- Que las tensiones medidas en forma secuencial (primero en una resistencia y luego en la otra) sobre las resistencias no cumplen con la relación esperada: que su suma sea igual a la tensión de alimentación.
- 3.- Que las tensiones medidas en forma simultánea en ambas resistencias tienen valores distintos a las medidas en forma secuencial y en este caso sí se verifica que su suma es igual a la tensión de alimentación.
- 4.- Que ninguna de las tensiones indicadas por los voltímetros coincide con las calculadas para el circuito a medir.
- 5.- Que si se trabaja con los circuitos equivalentes a los circuitos en medición los cálculos resultan coincidentes y coherentes con las mediciones obtenidas.

Para comprender más acabadamente por qué se ha planteado que las lecturas obtenidas con los instrumentos responden a la interacción entre estos y el circuito y no expresan valores que dependan sólo del circuito, podemos ahora proponer repetir las mediciones realizadas, utilizando el mismo voltímetro pero en un circuito en el cual

$$R1 = 100 \Omega \quad \text{y} \quad R2 = 50 \Omega$$

Realizando las mediciones se puede verificar que los resultados son muy distintos a los obtenidos en el caso anterior, pero sin embargo si se dibujan los circuitos equivalentes a este nuevo circuito en medición, la explicación de los valores ahora obtenidos se hará evidente, y será totalmente coherente con la realizada anteriormente.

Ejercicios complementarios propuestos

Como ejercicio complementario se propone lograr, con los valores comerciales que se dispongan, obtener resistencias que estén en el orden del 1 % de los valores propuestos en este análisis. Por otra parte se propone repetir la aplicación utilizando voltímetros analógicos que tengan distintos valores de resistencia interna (valor que para estos instrumentos puede depender también de la escala utilizada).

Además se propone reestructurar la información y experiencias aquí propuestas, distinguiendo, en una nueva aplicación concreta, las siguientes representaciones:

- a) el circuito a medir.
- b) el circuito en medición.
- c) El circuito equivalente al circuito en medición
- d) El registro de los valores medidos en cada componente, en forma secuencial y en forma simultánea.
- e) Las expresiones analíticas que relacionan los valores medidos.
- f) Las representaciones gráficas en diagramas cartesianos V-R y V-I del circuito en medición y V- R del circuito a medir en las cuales se identifiquen los componentes del circuito, los parámetros eléctricos medidos y sus relaciones.
- g) Una conclusión escrita de lo realizado y verificado.