



## Errores más comunes

### Ley de Ohm

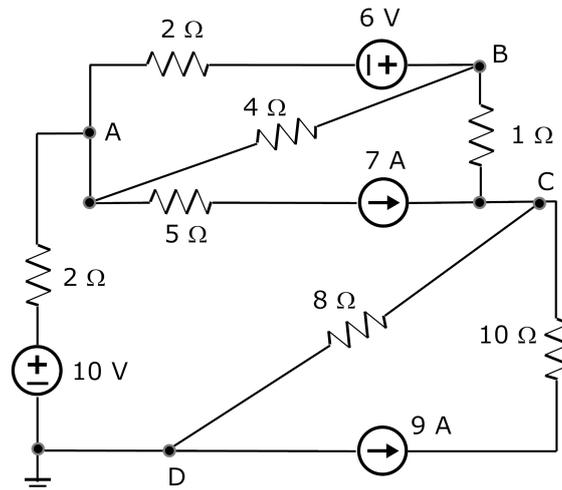
*La tensión en la Ley de Ohm se toma sistemáticamente mal. Esa tensión es la tensión de una resistencia cuando por ella circula una corriente.*

La tensión en una resistencia depende del valor de dicha resistencia y de la corriente que circula por ella pero en muchos casos, cuando se quiere averiguar la corriente, se toma erróneamente como valor de tensión el de la fuente más cercana atentando contra la segunda Ley de Kirchhoff.

Por ejemplo, en el ejercicio de continua del examen del 15 junio de 2017, en algunos casos se calculó la intensidad que circulaba por la fuente de 10 V como:

$$I_{10} = \frac{10}{2} = 5 \text{ A}$$

olvidando que la tensión en la resistencia de  $2 \Omega$  no se conoce y desde luego no es la de la fuente. Habría que aplicar la segunda Ley de Kirchhoff correctamente incluyendo las resistencias de  $5 \Omega$  y  $8 \Omega$  y la tensión en la fuente de 7 A.



## Fuentes de corriente

*Considerar que la tensión en una fuente de corriente es cero es un error muy grave.*

Las fuentes de corriente son elementos activos y como tales, pueden consumir o generar potencia, por ello la tensión en sus extremos no es necesariamente cero. Al aplicar la segunda Ley de Kirchhoff a una rama del circuito con una fuente de corriente, hay que tener en cuenta la tensión que tiene esa fuente. Por ejemplo, en el mismo ejercicio de continua del examen del 15 junio de 2017, un error muy común fue considerar que la tensión del punto  $C$  era  $\pm 90$  V, al multiplicar la corriente de 9 A por la resistencia de  $10 \Omega$ , cuando en realidad sería:

$$V_C = V_I - 90$$

donde  $V_I$  es la tensión de la fuente de corriente con el punto de menos tensión en tierra.

## Equivalente Thévenin

*Para saber si una rama entre los puntos en lo que se calcula el Thévenin se quita o no, hay que identificar si esa rama tiene elementos de carga o no.*

La gran duda que surge a la hora de calcular el equivalente Thévenin entre dos puntos del circuito es qué hacer con los elementos que hay en una rama que une esos dos puntos. Por ejemplo, en el circuito de la Figura anterior hay una resistencia entre los puntos B y C, ¿qué se hace con esa resistencia? La duda no debería existir si se tiene claro qué es lo que se pretende hacer con el cálculo del equivalente Thévenin:

- ¿Se va a conectar otro elemento a los puntos B y C del que se quiere conocer algún parámetro eléctrico?
- ¿Es necesario conocer algún parámetro eléctrico de los elementos que hay en la rama que une los puntos B y C?

En el primer caso, el equivalente se calcula incluyendo la resistencia entre los puntos B y C porque forma parte del circuito. Se obtendrá una fuente de tensión equivalente con una impedancia en serie y a ese circuito equivalente se le conectará una impedancia, generalmente llamada impedancia de carga, de la que se querrá averiguar algún parámetro eléctrico como tensión, corriente o potencia.

En el segundo caso, la resistencia se quita porque es precisamente de quien se quiere conocer la tensión, corriente o potencia. Esa resistencia es la de carga, en consecuencia todo el circuito se ha diseñado para dar potencia a esa resistencia. El equivalente tendrá una tensión y una impedancia en serie y conectadas a ellas, la resistencia que se ha quitado previamente. El cálculo

de los parámetros eléctricos es mucho más sencillo en este circuito que en el original y, si la resistencia de carga varía, no es necesario rehacer los cálculos en el circuito original, basta con hacerlos en el equivalente Thévenin.

### Intensidad de cortocircuito

*La intensidad de cortocircuito NO es la intensidad que circula en el equivalente Thévenin cuando se le conecta la impedancia de carga.*

La intensidad de cortocircuito se define como la intensidad que circula cuando se unen los dos puntos del circuito en los que se ha calculado el equivalente. La tensión de esos dos puntos pasa a ser la misma porque están unidos por un conductor de impedancia cero. La intensidad de cortocircuito que se calcula, se puede utilizar como fuente de corriente en el equivalente Norton y para calcular la impedancia de Thévenin (o de Norton) si se ha calculado previamente la tensión de Thévenin.

Una vez que se ha calculado el equivalente Thévenin, se tiene una fuente de tensión ideal y una impedancia en serie. A ese circuito, normalmente, se le conecta la impedancia de carga para calcular los parámetros eléctricos que se le aplican, entre ellos, la intensidad.

$$\mathbf{I} = \frac{\mathbf{V}_{th}}{\mathbf{Z}_{th} + \mathbf{Z}_C}$$

Como inicialmente el circuito estaba abierto, al cerrarlo con la impedancia de carga, se hace una asociación errónea entre la intensidad que circula por la carga y la intensidad de cortocircuito. Es un error grave de concepto, la intensidad de cortocircuito sería la intensidad que circula cuando se unen los extremos del equivalente con un cortocircuito, no con una impedancia de carga.

$$\mathbf{I}_N = \frac{\mathbf{V}_{th}}{\mathbf{Z}_{th}}$$

### Impedancia de Thévenin

*En alterna, la notación de la impedancia de Thévenin es  $\mathbf{Z}_{th}$  ya NO es  $R_{th}$  como se ponía en continua.*

### Impedancia de Thévenin con fuentes dependientes

*Si el circuito tiene una fuente dependiente, la impedancia de Thévenin no se puede calcular pasivando el circuito.*

Una de las maneras de calcular la impedancia de Thévenin es mediante la asociación en serie, paralelo y transformaciones estrella-triángulo de los circuitos pasivos entre los dos puntos entre los que se calcula el equivalente.

Para ello es necesario eliminar las fuentes independientes y ver cómo se comporta la red pasiva. Sin embargo, si un circuito tiene fuentes dependientes, su comportamiento al eliminar las fuentes independientes no es el mismo que tendría el circuito pasivo. Por ello, es necesario poner una fuente de prueba entre los puntos entre los que se calcula el equivalente y excitar al circuito para que actúe la fuente dependiente y se pueda tener en cuenta.

El cálculo de la impedancia de Thévenin en el caso de que el circuito tenga fuentes dependientes se puede hacer de dos maneras:

- Dividiendo la tensión de Thévenin entre la intensidad de cortocircuito.
- Eliminando fuentes independientes y conectar una fuente de prueba de valor conocido. Si la fuente es de tensión, por ejemplo 1 V, la impedancia de Thévenin será esa tensión dividida entre la intensidad que da la fuente:

$$Z_{th} = \frac{1\angle 0^\circ}{\mathbf{I}} \quad (1)$$

Si la fuente de prueba es de corriente, por ejemplo 1 A, la impedancia de Thévenin es la tensión que tiene esa fuente dividido entre la corriente que da:

$$Z_{th} = \frac{\mathbf{V}}{1\angle 0^\circ} \quad (2)$$

### Cálculo de potencia a partir de la tensión

*Hay que tener especial cuidado si se calcula la potencia en una carga monofásica utilizando la tensión al cuadrado.*

En continua, está claro que la potencia en una resistencia se puede calcular como la tensión en esa resistencia al cuadrado dividida entre la resistencia.

$$P = \frac{V_R^2}{R} \quad (3)$$

En alterna, también se puede utilizar esa ecuación cuando la impedancia es una resistencia pura utilizando el valor eficaz de la onda de tensión. Ahora bien, si es una impedancia,  $Z = R + jX$ , y la tensión  $\mathbf{V}$  que se tiene es la de la impedancia, la potencia activa no se puede calcular como:

$$P = \frac{V^2}{R}$$

Esa ecuación es válida si se pone el valor eficaz de la tensión que cae en la resistencia y no la tensión eficaz que cae en toda la carga, con lo que volveríamos a la ecuación (3).

## Asociación de bobinas acopladas

*Las bobinas acopladas no se pueden asociar en serie o paralelo cuando se está calculando la impedancia entre dos puntos (impedancia de Thévenin) o cuando se está reduciendo el circuito pasivo.*

Una bobina es un elemento pasivo que reacciona al paso de una corriente variable en el tiempo. Según la Ley de Ampère, esa corriente crea un campo magnético que también varía en el tiempo y, por la Ley de Faraday, se induce una tensión en los extremos de la bobina que se opone a la variación de la corriente. Por eso, una bobina autoinducida se comporta como una impedancia.

Si además de tener inducción propia, está acoplada a una o varias bobinas más, la tensión que aparece en sus extremos depende de variaciones de corriente de otras ramas del circuito. Aunque no circule corriente por una de las bobinas acopladas, es posible que aparezca una tensión inducida por lo que se podría considerar como un elemento activo. Si se quiere calcular la impedancia de Thévenin pasivando el circuito eliminando las fuentes independientes, hay que tener en cuenta que las bobinas acopladas son elementos activos cuyo equivalente es una impedancia propia ( $jL\omega$ ), pasiva y una fuente de tensión dependiente de corriente ( $jM\omega\mathbf{I}_2$ ), activa.

$$V_L = jL\omega\mathbf{I}_1 \pm jM\omega\mathbf{I}_2$$

No se pueden asociar y hay que poner una fuente exploradora que excite la parte activa para tener en cuenta el acoplamiento.

## Operaciones con complejos

*Operación de sumas o restas de impedancias, potencias complejas y fasores de corriente y de tensión en los que se utiliza el módulo en lugar del complejo.*

La potencia compleja es precisamente eso, un número complejo. Por eso, cuando se aplica el teorema de Boucherot (balance de potencias activas y reactivas) se debe operar con números complejos:

$$\mathcal{S}_G = \mathcal{S}_L + \mathcal{S}_1.$$

Donde  $\mathcal{S}_G$  es la potencia de un generador,  $\mathcal{S}_L$  la potencia consumida por la línea y  $\mathcal{S}_1$  la potencia consumida por una carga.

Es un error muy grave suponer que el módulo de la potencia compleja del generador es la suma de los módulos complejos de línea y de la carga:

$$S_G \neq S_L + S_1.$$

Lo mismo ocurre con los fasores, que también son números complejos. Al sumar dos corrientes, por ejemplo, hay que sumar los fasores correspondientes y no sus valores eficaces:

$$\mathbf{I} = \mathbf{I}_1 + \mathbf{I}_2$$

Por ello, también es un error muy grave suponer que:

$$I = I_1 + I_2$$

a menos que vayan en fase.

## Potencia en alterna

*La potencia se calcula utilizando valores eficaces de tensión y corriente.*

La potencia activa y la potencia reactiva son números reales. No se pueden utilizar fasores para el cálculo de la potencia activa o reactiva. Es un error de concepto grave utilizar cualquiera de estas ecuaciones:

$$\begin{aligned} P &= 3\mathbf{V}_F\mathbf{I}_F \cos \varphi \\ P &= \sqrt{3}\mathbf{V}_L\mathbf{I}_L \cos \varphi \\ P &= 3\mathbf{I}_F^2 R \end{aligned}$$

Y lo mismo para la potencia reactiva.

## Potencia compleja con magnitudes de línea

*La potencia compleja NO se puede calcular como*

$$S = \sqrt{3}\mathbf{V}_L\mathbf{I}_L^* \quad (4)$$

La potencia compleja se calcula a partir de las magnitudes de fase como:

$$S = 3\mathbf{V}_F\mathbf{I}_F^* \quad (5)$$

De esta manera, el ángulo de la potencia es  $\varphi = \varphi_V - \varphi_I$ . Si se calcula la potencia de una carga, el ángulo coincide con el ángulo de la impedancia y si es la potencia de un generador, coincide con el ángulo de su factor de potencia. El módulo de la potencia aparente calculado a partir de la ecuación anterior es  $S = 3V_F I_F$  y si se cambian las magnitudes de fase por magnitudes de línea,  $S = \sqrt{3}V_L I_L$ . Ahora, si bien es cierto que el módulo de la potencia compleja se puede calcular a partir del módulo de las magnitudes de línea, no es correcto extender esa deducción al cálculo del complejo de la potencia aparente.

Efectivamente, si se calcula el ángulo de la Ecuación (4) suponiendo el origen de ángulos en la tensión simple de la fase  $a$ , sería  $30 - \varphi_I = 30 + \varphi$  en lugar de  $\varphi$ . Por esa razón, la Ecuación (4) da un resultado incorrecto en su argumento y, en consecuencia, es un error grave calcular la potencia compleja de esa manera.

## En trifásica hay tres fases

*La potencia calculada en trifásica, ya sea activa, pasiva o aparente, tiene un 3 o un  $\sqrt{3}$  multiplicando a la tensión y a la intensidad.*

Es muy usual olvidarse de que las potencias en trifásica son tres veces mayores que las potencias en los sistemas monofásicos, por eso llevan un 3 delante:

$$\begin{aligned}P &= 3V_F I_F \cos \varphi \\Q &= 3V_F I_F \sin \varphi \\S &= 3V_F I_F\end{aligned}\tag{6}$$

Además, si se ponen magnitudes de línea, en lugar del 3 será un  $\sqrt{3}$ .

$$\begin{aligned}P &= \sqrt{3}V_L I_L \cos \varphi \\Q &= \sqrt{3}V_L I_L \sin \varphi \\S &= \sqrt{3}V_L I_L\end{aligned}\tag{7}$$

## El circuito monofásico equivalente en estrella

*La tensión del generador y de las cargas en el circuito monofásico equivalente en estrella es la tensión de fase en estrella o tensión simple.*

Es una mala costumbre utilizar tensiones de línea en los circuitos monofásicos equivalentes en estrella. Todos los elementos que aparecen en este circuito provienen del equivalente en estrella de los elementos originales en el circuito trifásico: los generadores tendrán tensiones simples y las impedancias de las cargas serán las impedancias por fase de la estrella equivalente.

## No hay una impedancia trifásica

*Las cargas trifásicas tienen tres impedancias por fase. No se pueden asociar para dar una sola impedancia.*

Cuando se da la impedancia de una carga trifásica, siempre se refiere a una impedancia por fase, ya sea en estrella o en triángulo. En consecuencia, una carga trifásica siempre tiene tres impedancias. No se pueden asociar para dar una impedancia total de la carga trifásica que sea, por ejemplo, tres veces la impedancia monofásica. No existe el concepto de impedancia trifásica.

## Pérdidas en la línea

*Las pérdidas en la línea son las potencias activas y reactivas que se consumen en la impedancia de la línea trifásica. No se pueden calcular utilizando las ecuaciones de potencia con magnitudes de línea.*

La tensión de línea se define como la tensión que hay entre dos fases de un sistema trifásico.

$$\mathbf{V}_{ab} = \mathbf{V}_a - \mathbf{V}_b$$

En ocasiones, cuando se quieren calcular las pérdidas en la línea se utilizan las ecuaciones basadas en las magnitudes de línea (7). En ese caso, la intensidad de línea que se utiliza es la que circula por la impedancia de la línea y la tensión de línea que se toma es la caída de tensión en la línea es decir  $\mathbf{V}_L = \mathbf{I}_L \cdot \mathcal{Z}_L$ . Esto es un error grave de concepto porque esa tensión no es una tensión de línea como se ha definido al inicio, es una caída de tensión en la línea.



Autor: Guillermo Robles (grobles@ing.uc3m.es).