

Fundamentos De Los Circuitos Electrónicos

Teoremas de Circuitos en Análisis de CA

Realizado por: Calvache, Germán; Campaña, Josue;

Resumen

En los circuitos de corriente alterna es evidente que la corriente y el voltaje alternativos están continuamente cambiando de magnitud. Hay que hacer notar que la corriente sigue su ciclo al mismo tiempo que el voltaje sigue el suyo, se dice entonces que están en fase o que tienen la misma fase (las dos ondas parten de cero y crecen simultáneamente alcanzando cada una su máximo en el mismo instante, descienden a la vez, pasan por cero y cambian su polaridad al mismo tiempo y decrecen hasta cero para completar sus ciclos juntas

- **Introducción**

El teorema de Thévenin establece que en un circuito de corriente alterna con dos terminales se puede sustituir por otro sencillo que consta de un generador de corriente alterna VTH y una impedancia en serie ZTH. Su utilidad consiste en que cuando se hacen cálculos repetitivos se ahorra mucho tiempo y la ventaja es tanto mayor cuanto más complicado es el sistema eléctrico.

El teorema de Norton establece que se puede sustituir el circuito o una Intensidad y una impedancia.

En contraste con el teorema de Thevenin, el teorema de Norton reemplaza la parte del teorema de Thevenin 's circuito con un circuito equivalente que constituye una fuente de corriente y una resistencia paralela. Este teorema es una extensión del teorema de Thevenin, propuesto por EL Norton en 1926. Similar al teorema de Thevenin,

también se usa para calcular variables de carga tales como voltaje de carga, corriente de carga y potencia de carga con cálculos simples sobre otras técnicas de reducción de circuitos. Por lo tanto, este teorema también se llama como el doble del teorema de Thevenin. En la mayoría de los casos, la elección de la resistencia a la carga para transferir la potencia máxima a la carga la deciden los teoremas de Thevenin 's o de Norton.

- **Teorema de Thevenin en CA**

Se puede sustituir cualquier combinación de fuentes sinusoidales de AC (corriente alterna) e impedancias entre dos puntos (terminales), por una simple fuente de voltaje e y una simple impedancia en serie z . El valor de e es el voltaje entre los dos puntos en circuito abierto, y el valor de z es e dividido por la corriente

que circula con los dos puntos en cortocircuito. En este ejemplo, esa evaluación de la impedancia está formada por una combinación serie-paralelo.

Voltaje Thevenin

El voltaje Thevenin es usado en el teorema de Thevenin es una fuente de voltaje ideal, igual al voltaje en los terminales con circuito abierto. En el ejemplo de abajo, la resistencia R2 no afecta a este voltaje y las resistencias R1 y R3 forman un divisor de voltaje, dando

Resistencia Thevenin/Norton

La resistencia Thevenin r usada en el teorema de Thevenin es la resistencia medida en los terminales A y B con todas las fuentes de voltaje reemplazadas por cortocircuitos y todas las fuentes de corriente reemplazadas por circuitos abiertos. También se puede calcular dividiendo el voltaje en circuito abierto, por la corriente entre A y B., pero el método previo es preferible normalmente y da

$$r = R_2 + R_1 \parallel R_3 = R_2 + \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3}$$

La misma resistencia se usa en el Equivalente Norton.

Pasos para aplicar el teorema de thevenin en CA

- 1.- Abrir las dos terminales entre las que se desea determinar el circuito de Thevenin. Esto se logra retirando el componente desde donde se va a ver el circuito.
- 2.- Determinar el voltaje entre las dos terminales abiertas.

3.- Determinar la impedancia vista desde las dos terminales abiertas con las fuentes de voltaje ideales habiendo sido reemplazadas por cortos y las fuentes de corriente ideales reemplazadas con aberturas (ajustadas a cero).

4.- Conectar V_{th} y Z_{th} en serie para producir el circuito equivalente de Thevenin completo.

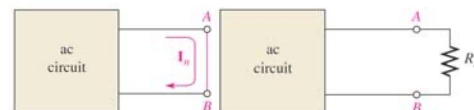
• Teorema de Norton en CA

El teorema de Norton establece que un circuito lineal de dos terminales puede sustituirse por un circuito equivalente formado por una fuente de corriente I_N en paralelo con una resistencia R_N . Es decir, el teorema de Norton proporciona una técnica para sustituir la parte fija por un circuito equivalente sencillo.

Cualquier red de CA Lineal de dos terminales puede ser reemplazada por un circuito equivalente compuesto de un fuente AC (I_N) en paralelo con una impedancia (Z_{Th}).

Corriente de Norton I_N

Es la Corriente en corto circuito.



Método Particular. Válido sólo para fuentes Independientes

El Método General, válido para fuentes Independientes y dependientes consiste en calcular la V_{Th} , la I_N y haciendo el cociente se obtiene: $Z_{Th} = V_{Th}/I_N$.

Pasos para aplicar el teorema de Norton en ca

- 1.- Reemplazar la carga conectada a las dos terminales entre las cuales se va a determinar el circuito de Norton con un corto.
- 2.- Determinar la corriente a través del corto. Ésta es I_n .
- 3.- Abrir las terminales y determinar la impedancia entre las dos terminales abiertas y con todas las fuentes reemplazadas por sus impedancias internas. Ésta es Z_n .
- 4.- Conectar I_n y Z_n en paralelo.

- **Teorema de superposición en ca**

El teorema de superposición establece que en un circuito lineal con varias fuentes, la corriente y el voltaje de cualquier elemento del circuito es la suma de las corrientes y los voltajes producidos por cada fuente que actúa de forma independiente. El teorema es válido para cualquier circuito lineal. La mejor manera de utilizar la superposición con circuitos de CA es calcular el valor pico o efectivo complejo de la contribución de cada fuente aplicada una a la vez y luego sumar los valores complejos. Esto es mucho más fácil que usar la superposición con funciones de tiempo, donde hay que agregar las funciones de tiempo individuales.

La aplicación del teorema consiste en estimular el circuito con una sola fuente a la vez, calculando los valores de las corrientes y voltajes en todas las ramas del circuito. Luego se realiza el cálculo estimulando el circuito con la siguiente fuente de energía, manteniendo el resto de ellas desactivadas como en el primer caso y así sucesivamente. Finalmente se calculan las corrientes y voltajes en las ramas a partir de la suma algebraica de los valores parciales obtenidos para cada fuente. Para desactivar las fuentes, las de corriente se sustituyen por un

corto circuito y las de voltaje por un circuito abierto.

Pasos del Teorema de Superposición
(Ecured, 2017)

- 1.- Para calcular la contribución de cada fuente de forma independiente, todas las demás fuentes deben eliminarse y reemplazarse sin afectar el resultado final.
- 2.- Al retirar una fuente de voltaje, su voltaje debe establecerse en cero, lo que equivale a reemplazar la fuente de voltaje con un cortocircuito..
- 3.- Al eliminar una fuente de corriente, su corriente debe establecerse en cero, lo que equivale a reemplazar la fuente de corriente con un circuito abierto.

- **Teorema de transferencia de potencia máxima para circuitos de CA**

Este teorema proporciona las condiciones de impedancia en el circuito de CA para la máxima transferencia de potencia a una carga. Establece que en una red de CA activa que consta de una fuente con impedancia interna Z_S que está conectada a una carga Z_L , la transferencia de potencia máxima se produce de una fuente a otra cuando la impedancia de carga es igual al conjugado complejo de la impedancia de fuente Z_S .

El teorema de transferencia de potencia máxima se aplica a Tanto el circuito de corriente continua como el de corriente alterna. La única diferencia es que en el circuito de CA la resistencia se sustituye por la impedancia. El teorema de transferencia de potencia máxima encuentra sus aplicaciones en sistemas de comunicación que reciben una señal

de baja intensidad. También se utiliza en el altavoz para transferir la potencia máxima de un amplificador al altavoz.

Pasos para resolver el teorema de transferencia de potencia máxima

Los siguientes pasos se utilizan para resolver el problema mediante el teorema de transferencia de potencia máxima

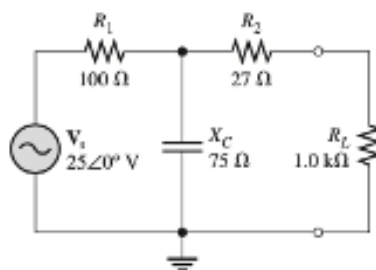
- 1.- Retire la resistencia de carga del circuito.
- 2.- Encuentra la resistencia de Thevenin (RTH) de la red de origen mirando a través de los terminales de carga en circuito abierto.
- 3.- Según el teorema de transferencia de potencia máxima, esta RTH es la resistencia de carga de la red, es decir, $R_L = R_{TH}$ Eso permite la máxima transferencia de potencia.
- 4.- La transferencia de potencia máxima se calcula mediante la ecuación que se muestra a continuación

$$P_{\max} = \frac{V_{TH}^2}{4R_{TH}}$$

• Desarrollo:

- 1) Para el circuito (a) determinar el equivalente de Norton.

I.



II.

Para determinar el equivalente de norton en el circuito necesitamos hallar la fuente equivalente para lo cual usamos la formula:

$$Z = R_1 + \frac{X_C R_2}{X_C + R_2} = 100 \angle 0^\circ \Omega + \frac{(75 \angle -90^\circ \Omega)(27 \angle 0^\circ \Omega)}{27 \Omega - j75 \Omega}$$

Y el resultado obtenido de Z es igual a:

$$Z = 124.22 \angle -3.97^\circ$$

Vamos a de terminar la corriente y la corriente en N

$$I_s = \frac{V_s}{Z} = \frac{25 \angle 0^\circ}{124.22 \angle -3.97^\circ} = 201.25 \angle 3.97^\circ \text{ mA}$$

$$I_n = \left(\frac{X_C}{R_2 + X_C} \right) I_s = \left(\frac{75 \angle -90^\circ}{27 \Omega - j75 \Omega} \right) 201.25 \angle 3.97^\circ \text{ mA} = 189.175 \angle -15.83^\circ \text{ mA}$$

$$I_n = 189.175 \angle -15.83^\circ \text{ mA}$$

Pasamos a resolver la impedancia total y el valor obtenido es:

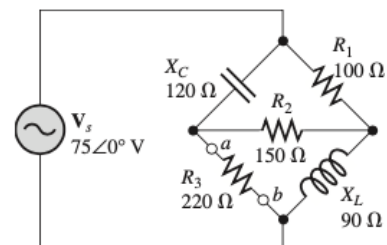
$$Z_n = R_2 + \frac{X_C R_1}{X_C + R_1} = 27 \angle 0^\circ \Omega + \frac{(75 \angle -90^\circ \Omega)(100 \angle 0^\circ \Omega)}{100 \Omega - j75 \Omega}$$

$$Z_n = 27 \angle 0^\circ \Omega + 60 \angle -53.13^\circ$$

$$Z_n = 27 + 36 - j48$$

$$Z_n = 63 \Omega - j48 \Omega$$

- 2) Se tiene que conectar una carga en el lugar R2, para lograr la maxima transferencia de potencia. Determine el tipo de carga y exprese la en forma rectangular:



- I. Calculamos el valor de Zth con la siguiente formula y usando los siguientes valores dependiendo del grafico.

$$Z_{Th} = \frac{X_c R_3}{X_c + R_3} + \frac{X_L R_1}{X_L + R_1}$$

$$Z_{Th} = \frac{(120 \angle -90^\circ)(220 \angle 0^\circ)}{220 - j120} + \frac{(100 \angle 0^\circ)(90 \angle 90^\circ)}{100 + j90}$$

$$Z_{Th} = \frac{(26400 \angle -90^\circ)}{250.6 \angle -28.61^\circ} + \frac{(9000 \angle 90^\circ)}{134.53 \angle -41.98^\circ}$$

$$Z_{Th} = 95.19 \Omega - j42.75 \Omega$$

II. Y el valor obtenido para el valor de RL:

$$R_L = 95.19 \Omega + j42.75 \Omega$$

• Conclusiones

- En base al Teorema de la Superposición se puede afirmar que se puede trabajar con circuitos con más de una fuente de voltaje conectada al circuito. Se concluye que el teorema es válido, la tensión entre los extremos de un elemento en un circuito lineal es una suma algebraica de las tensiones, se puede afirmar que a través de ese elemento debido a cada fuente independiente actúa sola.
- Existen teoremas que acompañan a las leyes de Ohm y las leyes de Kirchhoff que nos permiten simplificar de manera más rápida un circuito complicado, estos teoremas son: teorema de Thevenin, teorema de Norton, teorema de transferencia de potencia máxima. Los cuales se encargan de convertir a un circuito complicado en uno más pequeño y fácil de calcular.
- El Teorema de Thevenin y Norton nos permiten

simplificar el análisis de circuitos más complejos en un circuito equivalente simple, por medio de la sustitución de una fuente y una resistencia.

- Cuando es importante obtener la máxima transferencia de potencia, la resistencia de carga debe adaptarse a la resistencia interna en las fuentes de voltaje. La potencia máxima será desarrollada en la carga cuando la resistencia de carga RL sea igual a la resistencia interna de la fuente de voltaje.

Bibliografía

- Wikiversidad. (30 de mayo de 2020). *wikiversity.org*. Obtenido de https://es.wikiversity.org/wiki/Circuito_RC
- Ekuatio. (14 de 03 de 2019). *Clases de Matemáticas Online*. Obtenido de https://ekuat.io.com/circuito-en-serie-rc-en-corriente-alterna-analisis-y-diagrama-vectorial/#Que_es_un_circuito_en_serie_RC
- SALAZAR LARGO, D. G. (25 de 06 de 2018). *UNIVERSIDAD DE CUENCA*. Obtenido de <http://dsp.space.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2165/1/tmfl42.pdf>

Avecillas Jara , A. S. (s.f.).

ELECTROMAGNETISMO.

Cuenca-Ecuador.: Colección de
obras científico – didácticas.

Ecured. (05 de 03 de 2017). *ecured.cu*.

Obtenido de

[https://www.ecured.cu/Teorema_de
_superposición_para_solución_de_
circuitos_eléctricos](https://www.ecured.cu/Teorema_de_superposición_para_solución_de_circuitos_eléctricos)

Ayllón Fandiño, E. (1987). *Fundamentos
de la teoría de los circuitos
eléctricos II*. La Habana: : Pueblo y
Educación.

Bessonov, L. A. (1984). *Teoreticheskie
osnovi electrotejniki*. Moscú:
Vysshiaia shkola.