

ANÁLISIS DE CIRCUITOS EN PARALELO DE RESISTENCIAS Y CAPACITORES (Febrero del 2021)

Pérez P. Mateo, Benítez S. Matthew, Miembros del NRC 4867

Resumen – para los circuitos en paralelo que tienen como fuente corriente alterna es necesario conocer las maneras de calcular la impedancia, para este tema es de ayuda la admitancia, además de saber como determinar la conductancia y la susceptancia, ya que trae consigo una manera más eficiente de realizar cálculos dentro de los circuitos en paralelo. Esto sirve para poder analizar la corriente dentro de diferentes ramas, además de lograr determinar la corriente total.

Índice de Términos – corriente alterna, impedancia, admitancia, conductancia, susceptancia, corriente dentro de diferentes ramas, corriente total.

I. INTRODUCCIÓN

La gran mayoría de los circuitos que tienen corriente alterna están conectados a resistencias y capacitores, y estas pueden tener una formación en paralelo.

Sin embargo, estos circuitos traen consigo una dificultad mayor a lo que análisis de circuitos refiere. Antes, con los circuitos con corriente directa, era mucho más eficiente y rápido determinar la resistencia total y la corriente total, y con ello las corrientes que circulan por diferentes ramas.

Pero ahora con la aparición de capacitores y corriente alterna hay que tener diferentes tipos de métodos de análisis de un circuito en paralelo. Para ello hay que tener en cuenta los siguientes conceptos:

- Admitancia. – es el recíproco de la impedancia, es decir y ofrece al paso de la corriente.

Documento recibido el 22 de febrero de 2021. Este trabajo fue realizado gracias al Ingeniero Darwin Alulema quien nos dio los conocimientos previos en la materia para poder realizar este artículo. Además de ser un gran guía dentro de esta pandemia, se da el tiempo para apoyarnos y enseñarnos a nosotros los futuros Ingenieros

Matthew Isaac, Benítez Suikouski., estudiante de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" número de contacto 0992650495 número de contacto fijo 4506581 (e-mail personal: matthewisaacbenitez@hotmail.com., E-mail institucional: mibenitez@espe.edu.ec)

Mateo Josué, Pérez Puente., estudiante de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" número de contacto 0995888339 (e-mail personal: mateo.perez2922@gmail.com., E-mail institucional: mjperez10@espe.edu.ec)

Para el análisis de circuitos en paralelo es sumamente eficiente conocer la admitancia, ya que con esta se puede determinar la impedancia dentro del circuito.

Para conocer la admitancia es indispensable saber que es:

- Conductancia. – es la capacidad de un material para permitir corriente eléctrica

Y es el recíproco de la resistencia; este es un componente rectangular de la admitancia.

- Susceptancia capacitiva. – es la parte imaginaria de la admitancia.

Es el recíproco de la reactancia capacitiva, la cual es igualmente un valor imaginario.

Con estos términos es posible determinar la impedancia dentro de circuitos en paralelo que generalmente causan más dificultades al momento de analizarlas.

Dentro de los temas de circuitos paralelos se puede sacar a relucir un tema muy importante el cual es la conversión de circuitos en paralelo a circuitos en serie, esto ayuda a tener un circuito equivalente para tener mejor análisis dentro de sus componentes.

“Se sabe que, para cada RC dispuesto en paralelo, existe un circuito RC equivalente en serie para una frecuencia dada.

Dos circuitos se consideran equivalentes cuando ambos presentan una impedancia igual en sus terminales; es decir, que la magnitud de la impedancia y el ángulo de fase son idénticos.”

Para concluir, con estos términos descritos y las diferentes aplicaciones que podemos poner dentro de los circuitos, se puede continuar conociendo la teoría de las demás apartados y subtemas de los circuitos en paralelos con C.A. con resistores y capacitores.

II. MARCO TEÓRICO

A. Conductancia, susceptancia y admitancia

Dado que para los circuitos en paralelo se realiza otro análisis que cuando está en serie, es necesario emplear otras magnitudes para poder realizar los cálculos con mayor facilidad. Las unidades de cada una de ellas es el Siemens (S).

- **Conductancia (G):**

Es el recíproco de la resistencia y su forma fasorial se expresa:

$$G = \frac{1}{R \angle 0^\circ} = G \angle 0^\circ$$

- **Susceptancia capacitiva (Bc):**

Es el recíproco de la reactancia capacitiva y su forma fasorial se expresa:

$$Bc = \frac{1}{Xc \angle -90^\circ} = Bc \angle 90^\circ = +jBc$$

- **Admitancia (Y):**

Es el recíproco de la impedancia, su forma fasorial se expresa:

$$Y = \frac{1}{Z \angle \theta} = Z \angle \mp \theta$$

También se puede expresar de la siguiente forma:

$$Y = G + jBc$$

B. Ley de Ohm

En este tipo de circuitos también se emplea la ley de Ohm, pero se puede expresar en función de la admitancia (Y), como se muestran las fórmulas a continuación:

$$V = \frac{I}{Y}$$

$$I = V Y$$

$$Y = \frac{I}{V}$$

C. Relaciones de fase de corrientes y voltajes

La figura 1.a muestra todas las corrientes que circulan en un circuito RC básico dispuesto en paralelo. En la unión, la corriente total, I_{tot} , se divide en dos corrientes de rama, I_R e I_C . El voltaje aplicado, V_S , aparece tanto a través de las ramas resistivas como de las capacitivas, por tanto V_S , V_R y V_C están en fase y su magnitud es igual (como se muestra en la figura 1.b). [1]

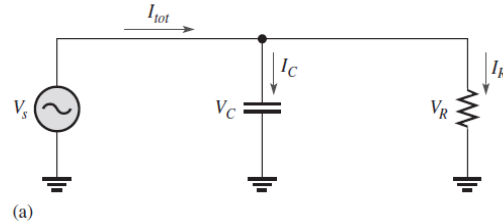


Figura 1.a: Corrientes en un circuito RC en paralelo.

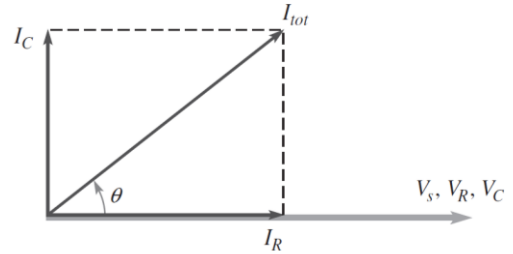


Figura 1.b: Diagrama fasorial de las corrientes y los voltajes en un circuito RC en paralelo.

La corriente total se obtiene de la siguiente forma:

$$I_T = I_R + j I_C$$

Por lo que su magnitud y su ángulo se pueden expresar de la siguiente manera:

$$I_{tot} = \sqrt{I_R^2 + I_C^2} \angle \tan^{-1} \left(\frac{I_C}{I_R} \right)$$

D. Conversión de la forma en paralelo a la forma en serie

Dado un circuito RC en paralelo, se puede obtener un circuito equivalente a este pero de RC en serie, esto mediante la aplicación del triángulo de impedancias (figura 2) [2]

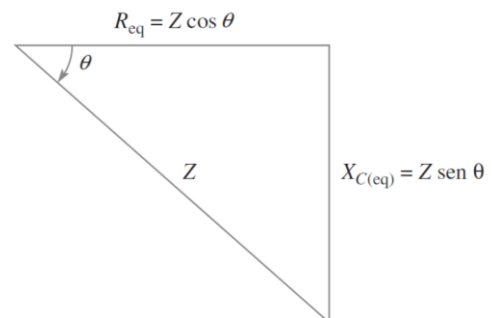


Figura 2: Triángulo de impedancias

Mediante el análisis trigonométrico de dicho triángulo, obtenemos las siguientes fórmulas:

$$R_{eq} = Z \cos \theta$$

$$X_{C(eq)} = Z \sin \theta$$

Para aplicar estas formulas, primero es necesario hallar la impedancia total Z del circuito en paralelo, y con ello, se obtendría el circuito en serie equivalente como se muestra en la figura 3.

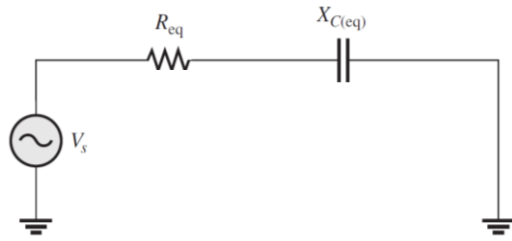
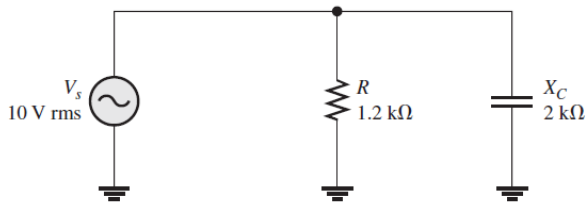


Figura 3: Circuito equivalente RC en serie

III. PROCEDIMIENTO PARA EL ENVÍO DEL TRABAJO

A. Ejercicio de dificultad media

40. DETERMINE LA IMPEDANCIA Y EXPRÉSELA EN FORMA POLAR PARA EL CIRCUITO DE LA FIGURA 15-93.



▲ FIGURA 15-93

Para poder determinar la impedancia del circuito primero se tiene que determinar la conductancia, la susceptancia capacitiva y la admitancia, de ese modo al invertirla se tendrá la impedancia de todo el circuito.

Primero la conductancia que es el recíproco de la resistencia:

$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{1.2k\Omega} = 0.833 \text{ m}\Omega$$

Luego se propone a determinar la susceptancia capacitiva la cual es la inversa de la reactancia capacitiva, la cual se calcula de la siguiente manera:

$$B_c = \frac{1}{X_c} = \frac{1}{2k\Omega} = 0.5 \text{ m}\Omega$$

Con estos valores podemos obtener la admitancia que tiene por sí la siguiente fórmula:

$$Y = G + jB_c$$

La j representa a un valor imaginario.

Ahora, reemplazando cada dato tenemos que:

$$Y = (0.833 + j0.5)\text{m}\Omega$$

Para poder determinar la admitancia de forma polar se utiliza la fórmula:

$$Y = \sqrt{G^2 + B_c^2} < \tan^{-1}\left(\frac{B_c}{G}\right)$$

Que reemplazando por los datos obtenidos es:

$$Y = \sqrt{0.833^2 + 0.5^2} < \tan^{-1}\left(\frac{0.5}{0.833}\right)$$

$$Y = 0.971 < 30.96^\circ \text{ m}\Omega$$

Y para finalizar, se sabe que la impedancia es el recíproco de la admitancia, es decir:

$$Z = \frac{1}{Y} = \frac{1}{0.971 < 30.96^\circ \text{ m}\Omega} = 1.029 < -30.96^\circ \text{ k}\Omega$$

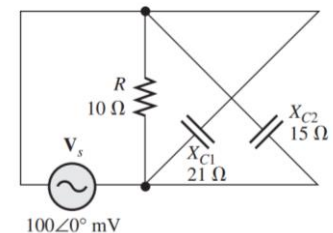
Obteniendo como resultado final, en forma polar, que la impedancia es:

$$Z = 1.029 < -30.96^\circ \text{ k}\Omega$$

B. Ejercicio de dificultad alta

46. PARA EL CIRCUITO DE LA FIGURA 15-97 CON LOS SIGUIENTES VALORES: CON $R=5.6 \text{ K}\Omega$, $C_1 = 0.047 \mu\text{F}$, $C_2 = 0.022 \mu\text{F}$, $f = 500 \text{ Hz}$., DETERMINE LO SIGUIENTE: Z , I_R , $I_{C(\text{tot})}$, I_{tot} , θ .

► FIGURA 15-97



Analizando el circuito, se puede observar que las capacitancias están conectadas en paralelo, y dicha conexión a su vez se encuentra en paralelo con la resistencia R .

Primero, se procede a calcular la reactancia capacitiva equivalente:

$$X_{c1} = \frac{1}{2\pi f C1} = 6.772k\Omega//$$

$$X_{c2} = \frac{1}{2\pi f C2} = 14.468k\Omega//$$

$$X_{c eq} = \frac{X_{c1} * X_{c2}}{X_{c1} + X_{c2}} = 4.612k\Omega//$$

Una vez obtenida la reactancia capacitiva equivalente, se puede obtener la impedancia total del circuito:

$$Z = \frac{X_{c eq} * R}{X_{c eq} + R} = \frac{(-j4.612) * 5.6}{-j4.612 + 5.6}$$

$$Z = 3.56\angle -50.52^\circ k\Omega//$$

Dado que el circuito se encuentra en paralelo, el voltaje de la Fuente es igual al voltaje de la resistencia y de igual manera al voltaje de la capacitancia total, por lo cual se puede hallar las corrientes que fluyen por dichas ramas:

$$I_R = \frac{V}{R} = \frac{0.1V}{5.6\angle 0^\circ k\Omega} = 0.0178\angle 0^\circ mA//$$

$$I_c = \frac{V}{X_{c eq}} = \frac{0.1V}{4.612\angle -90^\circ k\Omega}$$

$$I_c = 0.021\angle 90^\circ mA//$$

Con la impedancia total y el voltaje de la Fuente, se calcula la corriente total:

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{0.1V}{3.56\angle -50.52^\circ k\Omega}$$

$$I = 0.028\angle 50.526^\circ mA//$$

Por ultimo, el ángulo de fase entre la corriente y el voltaje, es el que se obtuvo al momento de calcular la corriente total en forma polar:

$$\theta = 50.526^\circ//$$

IV. CONCLUSIONES

Como se ha estudiado en los circuitos resistivos en paralelo, la corriente total se divide para cada rama. Esto se aplica de igual manera en los circuitos RC en paralelo, pero considerando que existe una parte imaginaria (de la capacitancia) y una parte real (de la resistencia) para el valor de la corriente del circuito.

Los circuitos RC en paralelo, se pueden analizar análogamente como un circuito puramente resistivo con corriente directa, pero resulta conveniente emplear otras magnitudes como lo son la conductancia, susceptancia y la admitancia, con el fin de facilitar el análisis y hallar de manera rápida la impedancia del circuito.

Dado un circuito en paralelo, es posible obtener un circuito equivalente a este pero en serie. Para lo cual se emplea el concepto del triángulo de impedancias. Por ello es necesario conocer la impedancia total del circuito en paralelo, y en base a ella se puede determinar los valores que deben tener la resistencia y la capacitancia para obtener un circuito equivalente en serie.

V. BIBLIOGRAFÍA

- [1] [2] T. Floyd, Principios de Circuitos Eléctricos, Pearson Educación, 2007.