Pontificia Universidad Católica de Chile
Escuela de Ingeniería
IEE2123 – Circuitos Eléctricos
Profesor David Watts

Ayudantía 6
Factor de Potencia, Sistemas Trifásicos y Opamps

Ayudante: Benjamín Álvarez - balvarezc@uc.cl

18/05/2018

Problema 1: Demostración de la corrección del f.p. a voltaje constante

Demuestre que la ecuación de corrección del factor de potencia en régimen sinusoidal permanente para una carga a voltaje constante es:

$$\theta_{new} = \arctan\left(\frac{Q_L - wCV^2}{P_L}\right)$$

Donde P_L y Q_L son las potencias activa y reactiva de la carga load con el factor de potencia a corregir, w es la frecuencia de la red, C la capacitancia conectada y V el voltaje en la carga.

Solución:

Inicialmente para la carga sin el capacitor conectado tenemos:

$$\vec{S}_L = P_L + Q_L\, j$$

Donde el factor de potencia estará dado por:

$$\theta_{vi} = \arctan\left(\frac{Q_L}{P_L}\right)$$

$$f.p. = \cos(\theta_{vi})$$

Luego si conectamos un capacitor en paralelo a la carga, la nueva potencia compleja $\vec{S}$ de mi carga será la potencia que teníamos antes más la potencia que agrega el capacitor, que es puramente reactiva.

$$\vec{S}_{L.new} = (\vec{S}_L) + (\vec{S}_C) = (P_L + Q_L\, j) + (Q_C j)$$

$$\vec{S}_{L.new} = P_L + (Q_L + Q_C)j$$

Ahora es posible reemplazar el valor de Q_C calculando la potencia compleja en el capacitor. Para esto primero calculamos la corriente en función del voltaje a partir de la Ley de Ohm en el capacitor:

$$\vec{Z}_C = \frac{1}{jwC} \rightarrow \dot{V} = \dot{I}\vec{Z}_C = \dot{I}\frac{1}{jwC} \rightarrow \dot{I} = jwC\,\dot{V} = (wCV < \theta_v + 90)$$

Luego reemplazamos el valor de la corriente en la expresión de potencia compleja para el capacitor:

$$\vec{S}_C = \dot{V}_C \dot{I_c}^{*} = \dot{V}_C(wCV < \theta_v + 90)^{*} = \dot{V}_C(wCV < -\theta_v - 90)$$

$$= (V < \theta_v)(wCV < -\theta_v - 90) = (wCV^2 < -90) = P_C + Q_C\, j = 0 - wCV^2 j = Q_C j$$

$$\therefore \vec{S}_C = Q_C j = -wCV^2 j$$

Finalmente reemplazamos el valor de la potencia compleja obtenida para el capacitor en la ecuación de potencia de la carga $\vec{S}_{L.new}$.

$$\vec{S}_{L.new} = P_L + (Q_L + Q_C)j = P_L + (Q_L - wCV^2)j = P_L + Q_{new}j$$

Por lo que nuestro nuevo factor de potencia para la carga con el capacitor en paralelo, alimentados por una misma fuente de voltaje, resulta:

$$\theta_{vi.new} = \arctan\left(\frac{Q_{new}}{P_L}\right) = \arctan\left(\frac{Q_L - wCV^2}{P_L}\right)$$

$$f.p._{new} = \cos(\theta_{vi.new})$$

Problema 2: Corrección del factor de potencia.

Un consumo de 70 kW tiene un fp = 0.75 en atraso. Su alimentación es de 220 V con una frecuencia de 50 Hz. Calcule el valor de un banco de condensadores C para conseguir un fp = 0.95 en atraso. Apóyese del resultado del problema 1.

Solución:

Primero encontramos cuánto vale la potencia compleja en la carga para su configuración inicial (sin capacitor). En este caso nos dan la potencia activa de la carga, por lo que solo nos falta la potencia reactiva. Esta la calculamos con trigonometría, ayudándonos del ángulo obtenido del factor de potencia.

$$f.p. = 0.75 = \cos(\theta) \rightarrow \theta = \arccos(0.75) = 41.4°$$

$$\tan(\theta) = \frac{Q_L}{P_L} \rightarrow Q_L = P_L \tan(\theta) = 70k \tan(41.4°) = 61.73k\ [VAr]$$

$$\therefore \vec{S_L} = (70 + 61.73)k\ [VA]$$

Ahora que ya conocemos la potencia compleja en la carga, usamos la fórmula demostrada en el problema 1 para calcular nuestro nuevo ángulo. Para esto primero debemos saber que ángulo representa el factor de potencia al cual queremos llegar.

$$f.p._{new} = 0.95 = \cos(\theta_{new}) \rightarrow \theta_{new} = \arccos(0.95) = 18.19°$$

Ahora que ya sabemos a qué ángulo queremos llegar usamos la fórmula:

$$\theta_{new} = \arctan\left(\frac{Q_L - wCV^2}{P_L}\right) = 18.19°$$

Despejamos el valor de C de la ecuación anterior resultando en:

$$C = \frac{Q_L - \tan(\theta_{new})\, P_L}{wV^2}$$

Reemplazando valores y calculando resulta:

$$C = \frac{61.73k - \tan(18.19°)\, 70k}{2\,\pi\, 50\, (220)^2} = 2.54m[F]$$

Por lo tanto al conectar un capacitor de 2.54m[F] en paralelo obtendremos un f.p. de 0.95 en la carga resultante.

(Recordar que $w = 2\pi f = 2\pi 50$, donde la frecuencia f del voltaje es dada y de valor 50 Hz)

Problema 3: Sistema Trifásico.

Para un sistema trifásico balanceado de secuencia negativa se tiene que tanto el generador como la carga están en configuración delta. El voltaje del generador en delta fase-fase entre a y b es $\dot{V}_{ab} = (381.05 < 37°)[V]$ y la carga en delta tiene un valor de $\vec{Z}_D = (3 + 9j)[\Omega]$. Calcule El voltaje fase neutro para cada fase, la corriente de línea y la corriente en la configuración delta. Además calcule la potencia trifásica entregada por el generador en delta.

Problema 4: Bloques básicos con Opamps.

Calcule el voltaje en la salida y la función de transferencia para los siguientes bloques básicos con Opamps: Buffer de voltaje, amplificador inversor, sumador inversor, amplificador no inversor, restador, integrador y derivador.

Problema 5: Circuito con Opamp.

Para el siguiente circuito calcule el voltaje a la salida del Opamp1.

