IEE2123 Circuitos Eléctricos - 1^{er} Semestre 2019
Profesor: David Watts
Ayudante: Eduardo Guarda (efguarda@uc.cl)

Resolución Ayudantía 8

1. Gráfico de Fasores

Problema

Para el siguiente circuito, asuma un voltaje fase-neutro de 220Vrms con secuencia positiva.

a. Graficar los voltajes fase-neutro, los voltajes fase-fase y las corrientes de línea.

b. Calcular el factor de potencia del sistema. ¿Está en atraso o adelanto?

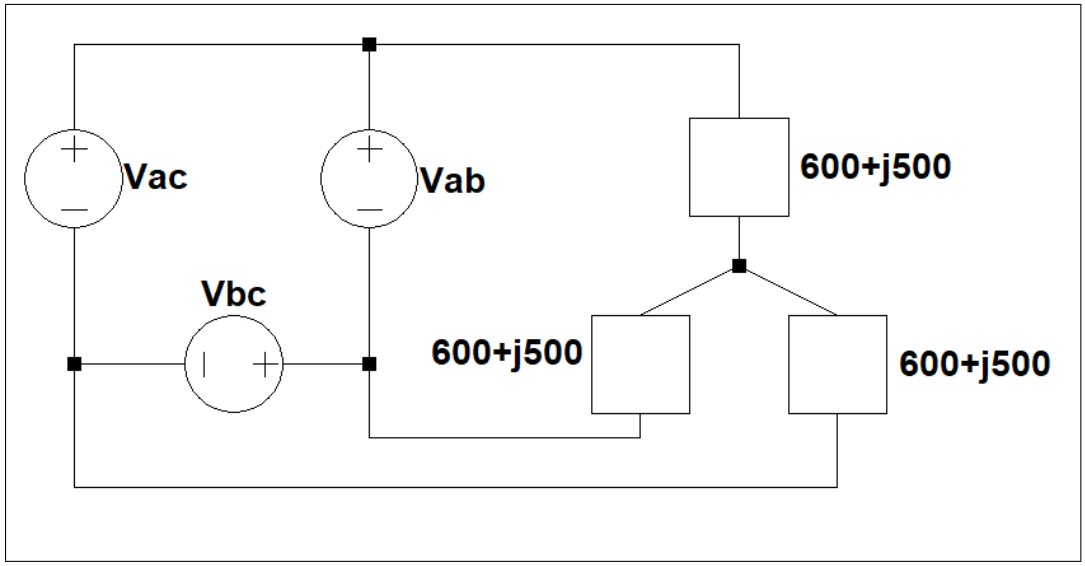


Figura 1: Sistema trifásico de la pregunta 2

Resolución

a. Como nos dicen que el sistema es de secuencia positiva, y nos dan el voltaje en RMS, tenemos inmediatamente que:

$$\dot{V}_{an} = 220\angle 0°$$
$$\dot{V}_{bn} = 220\angle -120°$$
$$\dot{V}_{cn} = 220\angle 120°$$

Los voltajes fase-fase se obtienen multiplicando los fasores de voltaje por $\sqrt{3}\angle 30°$. Queda aproximadamente:

$$\dot{V}_{ab} = 380\angle 30°$$
$$\dot{V}_{bc} = 380\angle -90°$$
$$\dot{V}_{ac} = 380\angle 150°$$

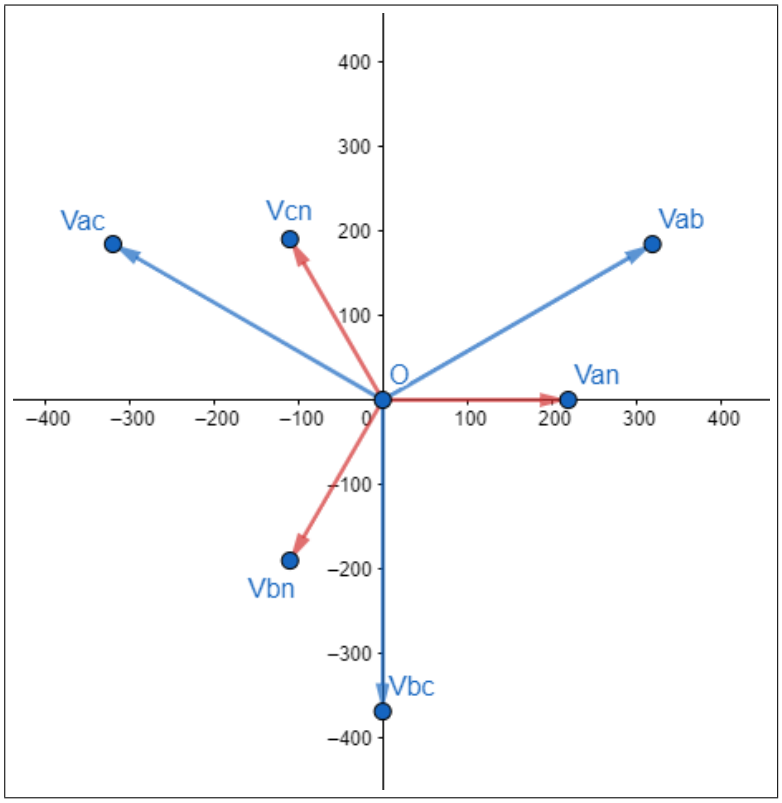


Figura 2: Gráfico de voltajes fase-fase y fase-neutro

Las corrientes se obtienen por Ley de Ohm con impedancias. La impedancia en fasor queda aproximadamente:

$$\dot{Z} = 781\angle 40°$$

Luego las corrientes de línea quedan:

$$\dot{I}_a = \frac{\dot{V}_{an}}{\dot{Z}} = 0{,}28\angle -40^\circ$$

$$\dot{I}_b = \frac{\dot{V}_{bn}}{\dot{Z}} = 0{,}28\angle -160^\circ$$

$$\dot{I}_c = \frac{\dot{V}_{cn}}{\dot{Z}} = 0{,}28\angle 80^\circ$$

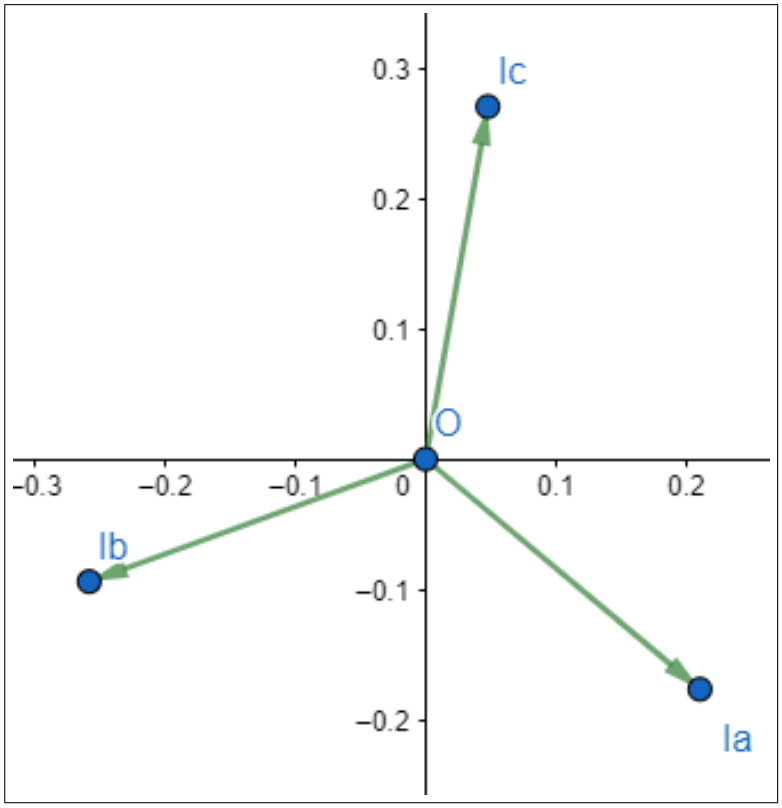


Figura 3: Gráfico de corrientes de línea

b. Para calcular el factor de potencia basta con calcular el fasor de la potencia compleja de una sola línea (ya que para su cálculo se requiere sólo el ángulo, el cual no se ve afectado al considerar más líneas), y luego calcular el coseno del ángulo:

$$\dot{S}_a = \dot{V}_{an} \cdot \bar{\dot{I}}_a = 61{,}6\angle 40^\circ$$

$$fdp = \cos(40^\circ) = 0{,}76$$

El factor de potencia va en atraso, debido a que el ángulo es positivo.

2. Corrección de Factor de Potencia en Trifásico

Problema

Para el siguiente sistema trifásico determine:

a. El factor de potencia en total, considerando que el banco de capacitores no está conectado.

b. La corriente que circula por una línea en la carga de arriba a la derecha (en fasor).

c. La impedancia de línea de la carga de abajo a la derecha. ¿Qué componentes pueden estar presentes?

d. Si conecta el banco de capacitores, ¿qué valor deben tener estos para que el factor de potencia total sea de 0.99 en atraso?

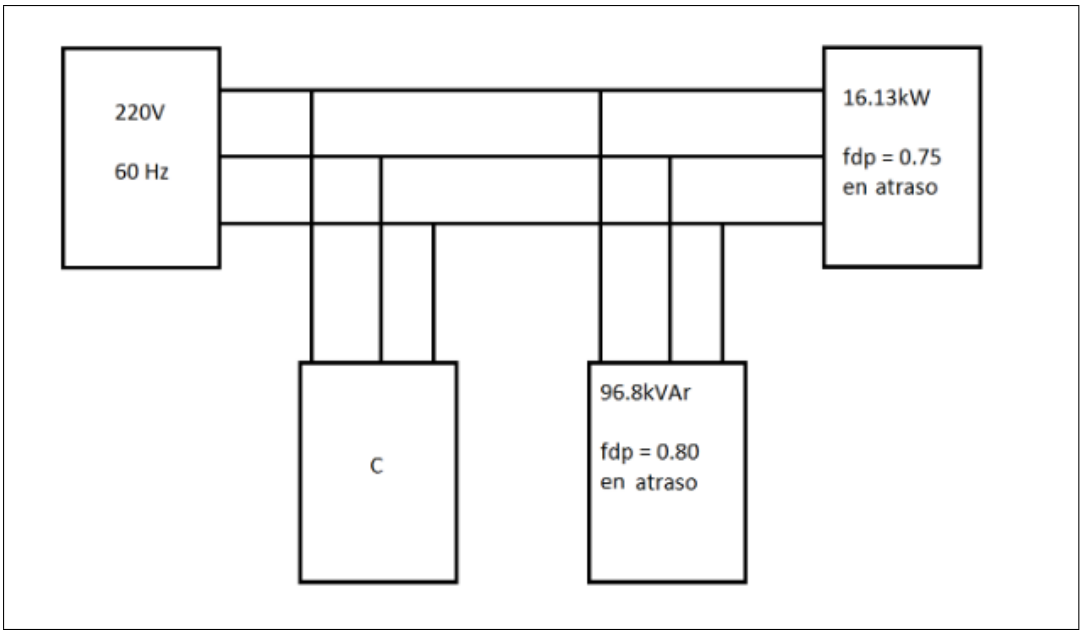


Figura 4: Sistema trifásico de la pregunta 1

Resolución

a. Digamos que el bloque de arriba es el bloque 1 y el de abajo es el bloque 2. Luego, usando los factores de potencia, podemos calcular:

$$\theta_{S1} = \arccos(0{,}75) = 41{,}4^\circ$$
$$\theta_{S2} = \arccos(0{,}8) = 36{,}8^\circ$$

Usando estos ángulos podemos calcular la potencia reactiva del bloque 1 y la potencia real del bloque 2:

$$Q_1 = P_1 \cdot \tan(\theta_{S1}) = 41{,}22\text{kVAr}$$
$$P_2 = \frac{Q_2}{\tan(\theta_{S2})} = 129{,}4\text{kW}$$

Luego la potencia compleja total del sistema es:

$$\dot{S} = 200{,}57\angle 43{,}5^\circ\text{kVA}$$

El factor de potencia, por lo tanto, es:

$$fdp = \cos(43{,}5^\circ) = 0{,}72$$

b. La corriente se puede obtener con la potencia compleja del bloque 1 dividida en 3 y el voltaje de fase (recordar que esto dará el conjugado de la corriente, por lo que se tiene que invertir el ángulo final). Si usamos la línea con voltaje sin desfase (OJO: si no nos especifican qué tipo de voltaje es, asumimos voltaje de fase y en RMS), vamos a tener:

$$\dot{I}_1 = \frac{\bar{\dot{S}}_1/3}{\dot{V}} = \frac{7167{,}82\angle -41{,}4^\circ}{220\angle 0^\circ} = 32{,}58\angle -41{,}4^\circ$$

c. La impedancia de una línea se puede calcular usando la fórmula de potencia con voltaje e impedancia (la impedancia en este caso es la conjugada). Usando la potencia compleja del bloque 2 dividida por 3 queda una impedancia de línea de:

$$\dot{Z}_2 = \frac{\dot{V}^2}{\dot{S}_2/3} = \frac{48400\angle 0^\circ}{53866{,}7\angle -36{,}8^\circ} = 0{,}89\angle 36{,}8^\circ$$

En notación compleja queda:

$$Z_2 = 0{,}72 + j0{,}538$$

Esto podría ser una resistencia de $0{,}72\Omega$ en serie con un inductor de 1,42mH.

d. Si asumimos que el banco de capacitores está conectado en Y, basta con corregir el factor de potencia de una sóla línea, con lo que todos los capacitores tendrían el valor del encontrado para este caso. Si estuviesen conectados en delta, habría que multiplicar el valor encontrado anteriormente por 3.

La potencia real se mantiene al conectar los capacitores, por lo que, con el ángulo encontrado por el factor de potencia al cual queremos llegar, podemos calcular la potencia reactiva final y con esto, la potencia reactiva que queremos que consuman los capacitores. Queda:

$$\theta_N = \arccos(0{,}99) = 8{,}1^\circ$$
$$Q_N = \frac{(P_1 + P_2)}{3} \cdot \tan(\theta_N) = 6904\text{VAr}$$

Luego, Q_C es la diferencia entre Q_N y $\frac{Q_1+Q_2}{3}$:

$$Q_C = 6904 - 46006 = -39102\text{VA}$$

Ahora, usando la fórmula de potencia para voltaje con un capacitor, queda:

$$C = -\frac{Q_C}{\omega V^2} = 2{,}14\text{mF}$$