IEE2123-1 Circuitos Eléctricos - 1er Semestre 2017
Profesor: Daniel Olivares Q.
Ayudantes: Rodrigo Bernal Christian Busse Martín Cepeda
Tomás Herrera Yoav Navon Rodrigo Troncoso

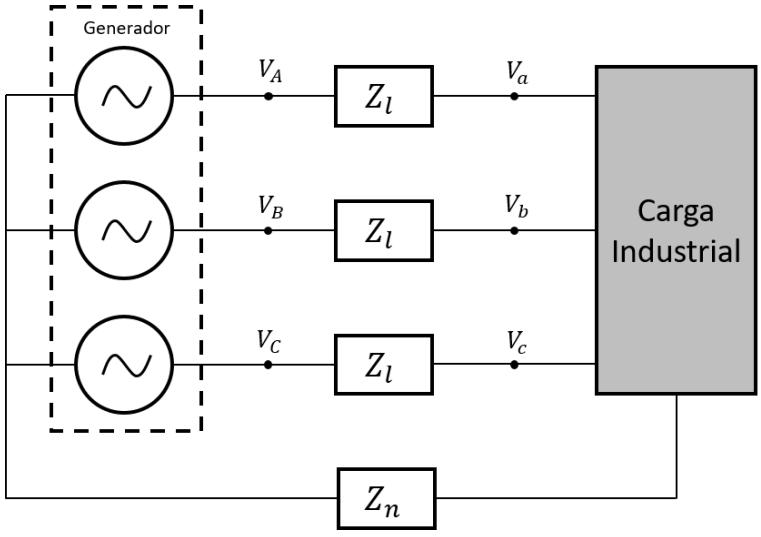
Pauta Tarea 7

Fasores, Circuitos Trif‡sicos Balanceados y Desbalanceados

- La Tarea debe ser subida en formato .pdf al Siding, junto a los archivos adjuntos necesarios en un formato .rar o .zip.
- No se aceptarán fotografías de tareas escritas a mano. Solo serán revisadas tareas escritas en editor de texto (imágenes, diagramas, esquemáticos, etc. podrán ser hechas a mano).
- Existirá un bono de +0.5 pts. por tarea si se escribe en LaTeX.
- Evite entregar tareas de más de 10 MB de peso debido a imágenes de alta resolución.

Problema 1

En el sistema trifásico de la figura se tiene un grupo de industrias que consumen 1 MW por fase, con factor de potencia 0,8 en atraso. Se sabe que el voltaje V_{ab} es regulado a $12800\angle 0°$ V_{rms}. Las impedancias por línea son de $0{,}02 + j0{,}004$ Ω/km (considere que el cable neutro posee la misma impedancia) y el largo de la línea es de 100 km. Asuma que el voltaje en bornes del generador es constante para todo el ejercicio y el sistema es balanceado de secuencia positiva.



a) Calcule las corrientes por fase y la impedancia vista desde uno de los bornes del generador.
Solución: Primero necesitamos el voltaje fase neutro:

$$V_{ab} = |V|\angle 0° \rightarrow V_{an} = \frac{|V|}{\sqrt{3}}\angle -30° = \frac{12800}{\sqrt{3}}\angle -30° = 7390{,}08\angle -30° \ V_{rms}$$

Con esto y la potencia consumida por la industria calculamos la corriente por fase:

$$S = 1\ MW + 0{,}75\ MVAr = V \cdot I^*$$

$$\rightarrow I_a = \left(\frac{S}{V_{an}}\right)^* = \left(\frac{1+0{,}75}{7{,}39008\angle -30°}\right)^* = 0{,}0664 - j0{,}1555\ kA = 0{,}1691\angle -66{,}87°\ kA$$

Para calcular la impedancia vista desde el generador debemos obtener V_{An}, para esto vemos la caída de potencial debido a la impedancia de línea.

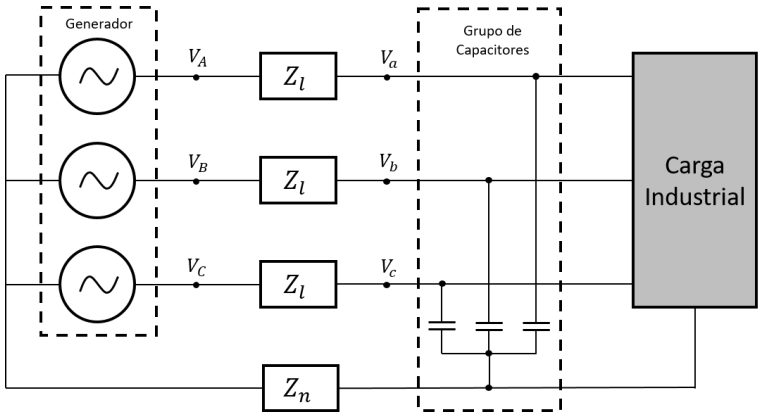
$$\frac{V_{An} - V_{an}}{Z_l} = I_a$$

$$\rightarrow\ V_{An} = I_a \cdot Z_l + V_{an} = (0{,}0664 - j0{,}1555)[kA] \cdot (0{,}02 + j0{,}004)[\Omega/km] \cdot 100[km] + 7{,}39008\angle -30°\ [kV_{rms}]$$

$$V_{An} = 7{,}7027\angle -31{,}11° kV_{rms}$$

Finalmente, la impedancia vista del borne A queda: $Z_{gen} = \frac{V_{An}}{I_{an}} = 36{,}95 + j26{,}61\ \Omega$

b) Un grupo de capacitores se conecta en paralelo, tal como muestra la figura, para compensar la carga industrial. Calcule el tamaño de los capacitores para que el factor de potencia se eleve a 1 en los terminales de la carga (Considere que la frecuencia en régimen permanente es de 50 Hz). ¿Cuál será la impedancia vista por el generador en este caso?



Solución: La potencia reactiva por fase necesaria para elevar el factor de potencia a 1 es de $0{,}75\ MVAr$ por fase. Entonces para calcular la capacitancia necesaria tenemos que

$$jQ_C = -j\omega C V_C^2\ \rightarrow\ C = \frac{jQ_C}{-j\omega V_C^2} = \frac{j0{,}75}{-j \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 7{,}390^2} = 4{,}371 \cdot 10^{-5} F$$

Para calcular la impedancia debemos calcular la nueva corriente y el voltaje en bornes.

$$I_a = \left(\frac{S}{V_{an}}\right)^* = \left(\frac{1}{7{,}39\angle -30}\right)^* = 0{,}117 - 0{,}068\ kA$$

$$V_{An} = I_a \cdot Z_l + V_{an} = (0{,}117 - j0{,}068) \cdot (2 + j0{,}4) + 7{,}39\angle -30 = 7{,}66\angle -29{,}6°$$

$$Z_{gen} = \frac{V_{An}}{I_{an}} = 56{,}6 + j0{,}55\ \Omega$$

c) Una pobre ave se para justo en medio de la línea c y abre sus alas creando una falla entre la fase c y el cable de neutro (impedancia del ave es de $8 + j4\ \Omega$). Calcule el desbalance de voltajes entre los neutros (Neutro del generador y de la carga).

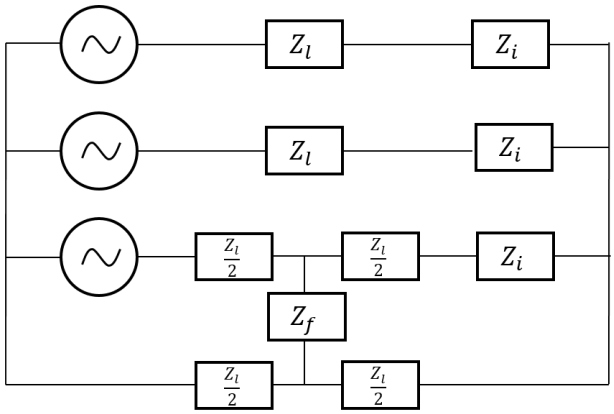
Solución:

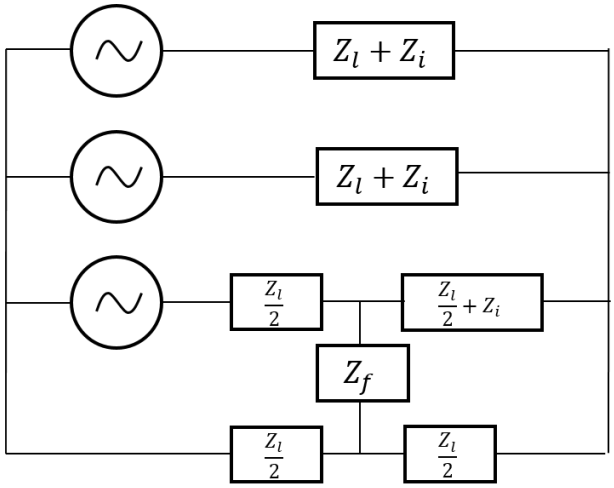
Existen varias formas de resolver esta pregunta, una de ellas es pasar todo a un sistema equivalente de una malla haciendo transformaciones de fuente, pero hay que identificar bien cuales son los nodos con la información solicitada. En este caso resolveremos reduciendo el sistema para que queden menos mallas.

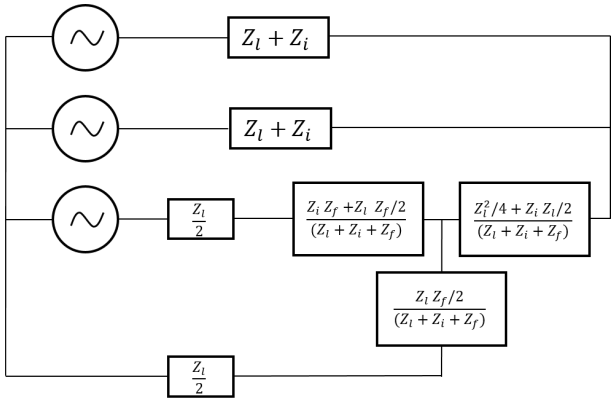
Primero debemos obtener la impedancia equivalente de la carga:

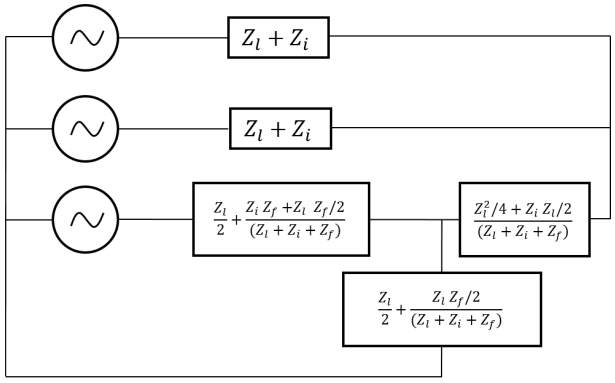
$$Z_i = \frac{|V_{an}|^2}{S^*} = \frac{7{,}39008^2}{1 - 0{,}75j} = 34{,}9525 + 26{,}2144j$$

Las siguientes figuras muestran la simplificación del sistema para calcular el voltaje solicitado.









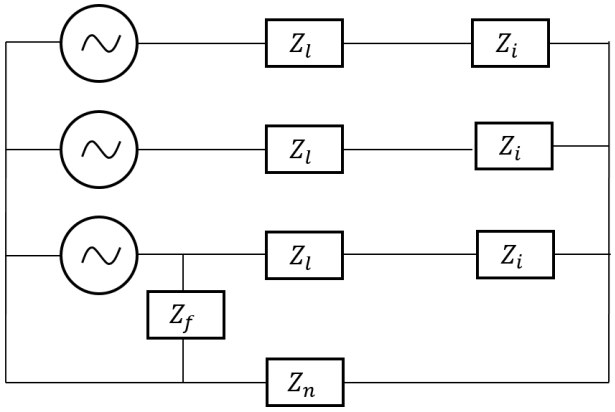
De aquí podemos sacar el voltaje solicitado haciendo mallas o nodos.

El voltaje entre neutros queda:

$$V_{Nn} = 0{,}60705\angle 80{,}57^\circ \; kV$$

d) Cómo varía el voltaje calculado en c si la falla monofásica se produce en bornes del generador (fase c con neutro).

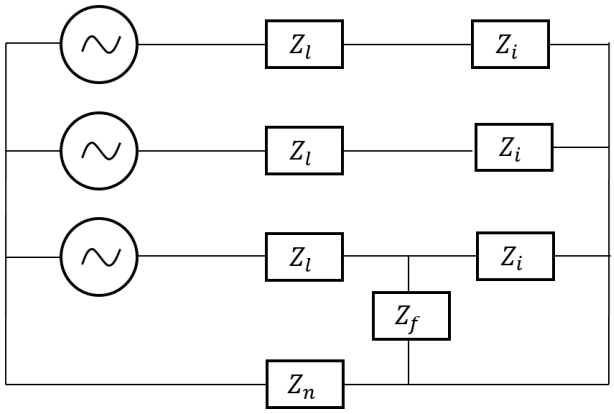
Solución: Se aplica la misma metodología que en la falla anterior. Sin embargo, la topología de las mallas cambia, tal como se muestra en la siguiente figura:



El voltaje entre neutros queda muy cercano a cero. Sin embargo, la corriente de falla es muy alta $I_f = 0{,}861\angle 62{,}32°$.

e) Cómo varía el voltaje calculado en c si la falla monofásica ocurre al final de la línea.

Solución: Realizamos el mismo procedimiento anterior pero con el siguiente cambio en la topología de la falla.



Llegamos que el voltaje entre los neutros es de

$$V_{Nn} = 0{,}138995 + j1{,}0193\ kV$$

f) ¿Cuál es el caso más crítico para el generador? ¿y para el ave? (puede apoyarse en cálculos de corrientes o argumentar de manera cualitativa).

Solución:

El caso más crítico del generador es cuando la corriente por sus bobinas aumenta (esto es suponiendo que la frecuencia y el voltaje son constantes). Este caso se logra cuando el ave produce la falla lo más cercano al neutro, ya que la impedancia vista desde el borne de la fase c del generador es la menor de los 3 casos. Para el ave este también es el más crítico.

g) Dibuje el diagrama fasorial para los voltajes V_{An}, V_{Bn} y V_{Cn} y corrientes I_a, I_b y I_c para el caso balanceado.

Solución:

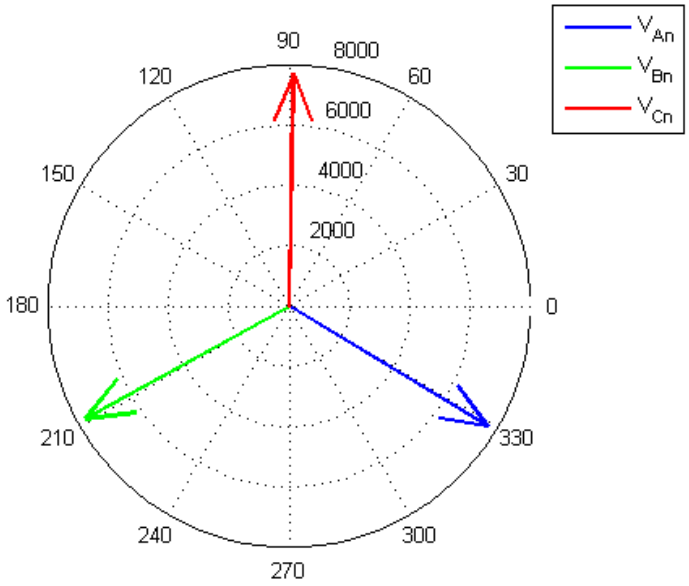


Figura 1: Voltajes fase neutro V_{An}, V_{Bn} y V_{Cn}

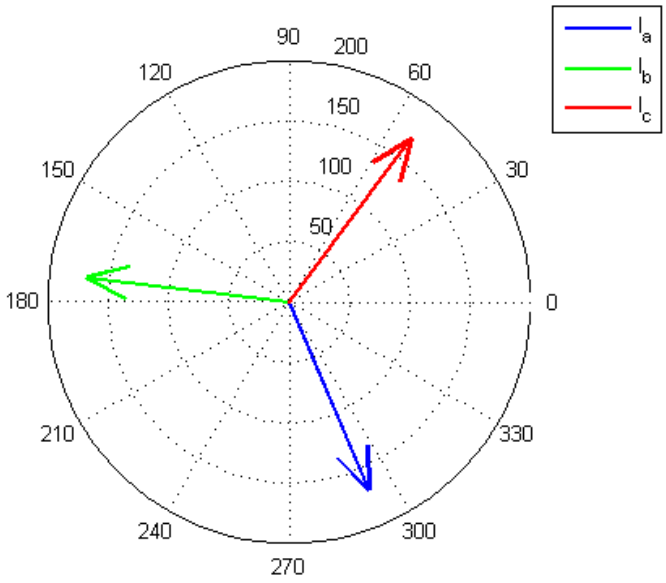


Figura 2: Corrientes por fase I_a, I_b y I_c