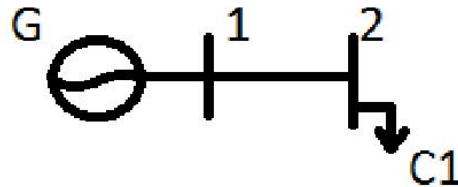


Preparaduría 9

Problema 1:
Sistema a 60Hz:



Datos del sistema:

Generador:

$$E = 120 \text{ v}$$

$$jX_g = j0.9 \Omega$$

Línea:

$$jXL = j0.15 \Omega$$

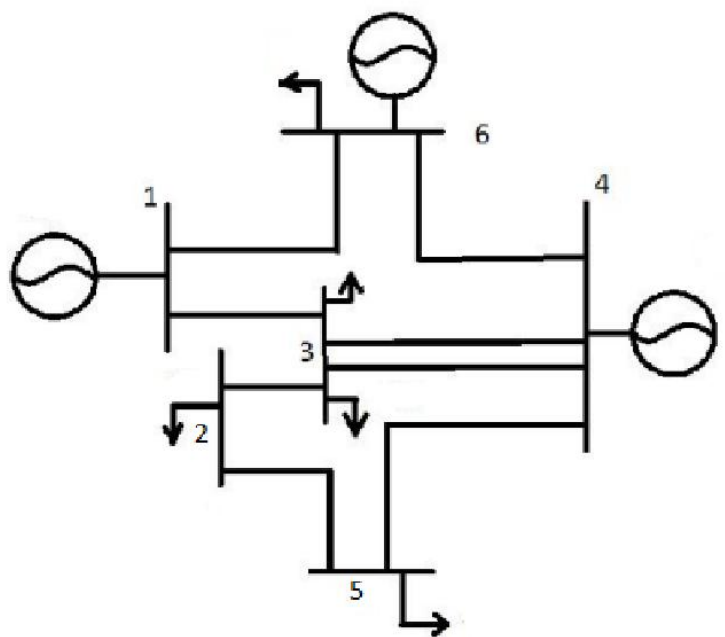
Dado el sistema mostrado en la figura, se desea mantener la tensión en el nodo 2 en una magnitud de 100v. Para esta condición determine:

- La potencia máxima que puede transferir el sistema.
- Para la condición de potencia máxima determinar el flujo de potencia reactiva (dirección y sentido), saliendo del generador y entregado en la barra 2.
- Balance de potencia.

Problema 2:

Dado el siguiente sistema, consiga por inspección basándose en desacople los flujos de P y Q sabiendo que los voltajes en los nodos son los indicados:

$$[V] = \begin{bmatrix} \text{modulo} & \text{angulo} \\ 21.053 & -10.1385 \\ 21.755 & -11.9146 \\ 21.638 & -11.5001 \\ 21.912 & -11.0720 \\ 22.018 & -11.7073 \\ 21.167 & -10.4963 \end{bmatrix} kV$$



Es posible saber si de verdad se cumple?

Solución:

Problema 1:

La potencia máxima que se puede transmitir entre la fuente y la barra 2 es:

$$P = \frac{E \cdot V_2}{X_t} \cdot \text{sen}(\delta) \quad \text{donde: } \delta = \text{ángulo entre } E \text{ y } V_2$$
$$X_t = X_g + X_l$$

Esto viene de la ecuación para el flujo de potencia:

$$P = \text{real}(S_{G \rightarrow 2}) = \text{real}\left(\bar{E} \cdot \text{conj}\left(\frac{\bar{E} - \bar{V}_2}{\bar{Z}}\right)\right) = E \cdot \text{real}\left(\frac{E - V_2 \angle -\delta}{-jX_t}\right) = \frac{E}{X_t} \cdot \text{imag}(E - V_2 \angle -\delta) = -\frac{E \cdot V_2}{X_t} \cdot \text{sen}(-\delta)$$

$$P = \frac{E \cdot V_2}{X_t} \cdot \text{sen}(\delta)$$

Esto se hace tomando E ángulo 0° es decir referencia, pero si se toma otro valor se llegara al mismo resultado solo que con un poco mas de trabajo.

Se quiere potencia maxima, para eso se necesita un desfase de 90° de forma que el seno de 1, bajo esta condicion evaluando en $E=100\text{v}$, $V_2=100\text{v}$ y $X_t=X_g+X_l=1.05\Omega$ queda:

$$P_{\max} = \frac{120\text{v} \cdot 100\text{v}}{1.05\Omega} \cdot \text{sen}(90^\circ) = 11.4286 \text{ kW}$$

Como se estudia la carga, se fijara la referencia en ella.

$$\bar{V}_2 = 100\text{v} \angle 0^\circ \rightarrow \text{verificamos: } \delta = \angle \bar{E} - \angle \bar{V}_2 = 90^\circ \text{ se cumple.}$$
$$\bar{E} = 120\text{v} \angle 90^\circ$$

Bajo esta condición la corriente en el sistema es:

$$\bar{I} = \frac{\bar{E} - \bar{V}_2}{\bar{Z}_g + \bar{Z}_l} = \frac{120\text{v} \angle 90^\circ - 100\text{v} \angle 0^\circ}{j1.05\Omega} = 148.7666 \text{ A} \angle 39.8056^\circ$$

Luego, el voltaje en la barra 1 (los bornes del generador) es:

$$\bar{V}_1 = \bar{E} - \bar{I} \cdot \bar{Z}_g = 120\text{v} \angle 90^\circ - 148.7666 \text{ A} \angle 39.8056^\circ \cdot 0.15\Omega \angle 90^\circ = 87.4118 \text{ v} \angle 55.3099^\circ$$

Entonces, el flujo de potencia es:

$$S_{1 \rightarrow 2} = \bar{V}_1 \cdot \text{conj}\left(\frac{\bar{V}_1 - \bar{V}_2}{\bar{Z}_l}\right) = 11.4286 \text{ kW} - j6.2041 \text{ kVAR}$$

Como puede verse, la potencia P va hacia la carga y con el valor que se esperaba, mientras la potencia Q sale de la carga, lo que quiere decir que la carga inyecta reactivos así que es capacitiva. Note que la Q va de mayor tension a menor tension, y la P de mayor angulo a menor angulo, como es de esperarse en un sistema que tiene lineas con $R \ll XL$, es decir se cumple el desacople.

Ahora balance de potencia:

$$S_g = \bar{V}_1 \cdot \text{conj}\left(\frac{\bar{E} - \bar{V}_1}{\bar{Z}_g}\right) = 11.4286 \text{ kW} - j6.2041 \text{ kVAR}$$

$$S_l = \Delta \bar{V} \cdot \text{conj}(\bar{I}) = (\bar{V}_1 - \bar{V}_2) \cdot \text{conj}\left(\frac{\bar{V}_1 - \bar{V}_2}{\bar{Z}_l}\right) = \frac{|\bar{V}_1 - \bar{V}_2|^2}{\text{conj}(\bar{Z}_l)} = 0 + j3.3197 \text{ kVAR}$$

$$S_{cl} = \bar{V}_2 \cdot \text{conj}(\bar{I}) = 11.4286 \text{ kW} - j9.5238 \text{ kVAR}$$

Se cumple el balance de potencia ya que:

$$\sum S_{Generada} = \sum S_{Linea} + \sum S_{Carga}$$

Note que en ningun momento hacia falta sacar el valor de la impedancia de la carga, en todo caso es fácil de conseguir como:

$$\bar{Z}_c = \frac{\bar{V}_2}{\bar{I}} = 516.3934 - j430.2279 \text{ m}\Omega$$

Problema 2:

Las potencias P deberían ir de barras de mayor ángulo a menor ángulo y las potencias Q de mayor voltaje a menor voltaje. Recuerde que esto es un aproximado que solo se cumple en sistemas donde $R \ll X$ en las líneas del sistema lo que ocurre usualmente en alta y ultra alta tensión.

No es posible saber si este aproximado se cumple o no ya que no se dan datos sobre las líneas, por el nivel de tensión se podría pensar que es posible pero sin datos no puede afirmarse.

