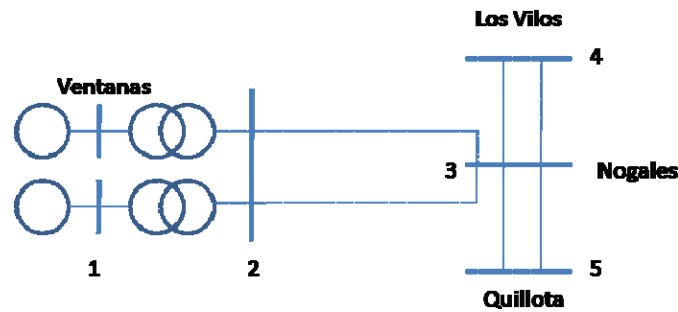


Pauta Ejercicio 2

Pauta por Lorenzo Reyes C.

1.- El SEP en estudio es el siguiente:



Donde pueden verse los principales elementos y además la numeración de las barras. En particular, para que no quepan dudas, todas las líneas son de doble circuito y en este caso solo existe un generador de la central Ventanas en funcionamiento, generando 150[W], con una tensión en bornes de 15,73[kV].

Los transformadores elevadores tienen una razón de transformación de 13,8[kV] – 220[kV], con una potencia nominal de 200[MVA] y una impedancia característica de 8%.

En la barra 5 (Quillota) existe una gran generación y por lo tanto se puede considerar como una barra infinita, con una tensión de 253[kV].

Los datos de las líneas se resumen en la siguiente tabla:

Línea	Distancia [km]	X[Ω/km]	B[μS/km]
Ventana – Nogales	55	0,4	2,5
Quillota – Nogales	15	0,38	2,7
Nogales – Los Vilos	110	0,4	2,7

La impedancia base para todas las líneas es:

$$Z_B = \frac{220^2}{100} = 484[\Omega]$$

Y así entonces las impedancias y admitancias interesantes para el cálculo de la matriz de admitancia son las siguientes:

$$Z_T = 0,08 \cdot \frac{13,8^2}{200} \cdot \frac{100}{13,8^2} = 0,04[p. u.]$$

$$Z_{2-3} = \frac{55 \cdot j0,4}{484} = j0,04545$$

$$jB_{2-3} = 55 \cdot j2,5 \cdot 10^{-6} \cdot 484 = j0,06655$$

$$Z_{3-5} = \frac{15 \cdot j0,38}{484} = j0,01178$$

$$jB_{3-5} = 15 \cdot j2,7 \cdot 10^{-6} \cdot 484 = j0,0196$$

$$Z_{3-4} = \frac{110 \cdot j0,4}{484} = j0,0909$$

$$jB_{3-4} = 110 \cdot j2,7 \cdot 10^{-6} \cdot 484 = j0,1437$$

Todas las impedancias correspondientes a las líneas, están dadas POR CIRCUITO.

Así entonces las componentes de la matriz de admitancia quedan:

DIAGONAL:

$$Y_{11} = \frac{1}{j0,04} = -j25 \quad Y_{22} = \frac{1}{j0,04} + \frac{2}{j0,04545} + 2 \cdot \frac{j0,06655}{2} = -j68,9379$$

$$Y_{33} = \frac{2}{j0,04545} + j0,06655 + \frac{2}{j0,01178} + j0,0196 + \frac{2}{j0,0909} + j0,1437 = -j235,556$$

$$Y_{44} = \frac{2}{j0,0909} + j0,1437 = -j21,8585 \quad Y_{55} = \frac{2}{j0,01178} + j0,0196 = -j169,76$$

ELEMENTOS FUERA DE LA DIAGONAL:

Todos los elementos de la diagonal que corresponden barras que no se conectan entre sí, son nulos.

$$Y_{12} = Y_{21} = -\frac{1}{j0,04} = j25 \quad Y_{23} = Y_{32} = -\frac{2}{j0,04545} = j44,0044$$

$$Y_{34} = Y_{43} = -\frac{2}{j0,0909} = j22,0022 \quad Y_{35} = Y_{53} = -\frac{2}{j0,01178} = j169,779$$

Además se sabe que en Los Vilos existen 2 tipos de consumo, uno activo y uno pasivo. En este caso el consumo pasivo se modela de impedancia constante, por lo que puede ser ingresado a la matriz de admitancias (ya que nunca variará su valor). Esta nueva admitancia variará solamente el valor de la componente Y_{44} de la matriz de admitancias, ya que no se conecta a ninguna otra barra. El valor de esta admitancia es:

$$Y_{pasivo} = \left(\frac{S_{consumo}}{V_{consumo}^2} \right)^* = 3,5 \cdot 0,97 - j3,5 \cdot \sin(\arccos(0,97)) = 3,395 - j0,8509$$

$$\Rightarrow Y_{44} = 3,395 - j0,8509 - j21,8585 = 3,395 - j22,7094$$

Así entonces la matriz de admitancias del SEP en estudio es la siguiente:

$$Y = \begin{pmatrix} -j25 & j25 & 0 & 0 & 0 \\ j25 & -j68,9379 & j44,0044 & 0 & 0 \\ 0 & j44,0044 & -j235,556 & j22,0022 & j169,779 \\ 0 & 0 & j22,0022 & 3,395 - j22,7094 & 0 \\ 0 & 0 & j169,779 & 0 & -j169,76 \end{pmatrix}$$

2.- Previo al desarrollo del método numérico de Gauss-Seidel, se desea encontrar cual es la compensación reactiva que debe ponerse en la barra de Los Vilos, si se desea tener una tensión de 1[p.u.]. Para ello primero debe hacerse una clasificación de todas las barras del sistema.

CLASIFICACIÓN DE BARRAS:

Como en la barra 1 se conoce a que nivel de tensión está trabajando el generador y además se conoce la potencia activa que este está entregando, se tiene una barra PV.

$$V_1 = \frac{15,73}{13,8} = 1,14[p.u.] \quad P_1 = P_{gen} - P_{cons} = 150 - 4 \cdot 0,97 \approx 1,5[p.u.]$$

$\Rightarrow$ Barra 1 : PV

La barra 2 solo corresponde a una barra de traspaso de potencia, y no se conoce a priori la tensión en ella:

$$P_2 = P_{gen} - P_{cons} = 0 - 0 = 0$$

$$Q_2 = Q_{gen} - Q_{cons} = 0 - 0 = 0$$

$\Rightarrow$ Barra 2 : PQ

La barra 3 cumple las mismas condiciones que la barra 2:

$$\Rightarrow \text{Barra 3 : PQ}$$

En la barra 4 se conocen los consumos conectados y por lo tanto se tendería a pensar que es una barra PQ, pero no hay que olvidar el objetivo de la pregunta, y es que se desea que en esta barra la tensión se mantenga en su valor nominal, por lo que se impone conocida la tensión y la potencia activa, luego la potencia reactiva puede ser calculada con el método y comparada con la potencia reactiva de los consumos para obtener la compensación:

$$V_4 = 1[p.u.] \quad P_4 = P_{gen} - P_{cons} = 0 - 800 \cdot 0.97 = -776[p.u.]$$

$$\Rightarrow \text{Barra 4 : PV}$$

No se considera el consumo pasivo ya que este ya está considerado en la matriz de admitancia nodal.

En la barra 5 se tiene una gran generación, por lo que se puede considerar como una barra infinita. Una barra infinita corresponde a aquella cuyo voltaje de forma fasorial no puede ser modificado, por lo tanto, en esta barra se conoce tanto la amplitud como el ángulo de la tensión, por lo que puede considerarse la referencia, es decir, se considera la Barra Slack:

$$V_5 = \frac{253}{220} = 1,15 \angle 0^\circ [p.u.]$$

$$\Rightarrow \text{Barra 5 : } V\delta \text{ o Barra Slack}$$

Con esto se tiene que el vector inicial para el método de Gauss – Seidel es el siguiente:

$$V^0 = \begin{pmatrix} 1,14 \angle 0^\circ \\ 1 \angle 0^\circ \\ 1 \angle 0^\circ \\ 1 \angle 0^\circ \\ 1,15 \angle 0^\circ \end{pmatrix} \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix}$$

Como se desea utilizar el método con actualización de variables, debe realizarse la iteración en orden, en este caso el orden es consecuente al número de barras. Así entonces:

Las ecuaciones de interés en el método de Gauss – Seidel son las siguientes:

$$V_i = \frac{1}{Y_{ii}} [I_i - \sum_{j \neq i} Y_{ij} V_j]$$

$$S_i = V_i \sum_j (Y_{ij} V_j)^*$$

BARRA 1:

La potencia compleja de esta barra es:

$$S_1 = 1,5 + j\Im\{1,14 \cdot (1,14 \cdot j25 - 1 \cdot j25)\} = 1,5 + j3,99$$

$$\Rightarrow I_1 = \left(\frac{1,5 + j3,99}{1,14} \right)^* = 1,3158 - j3,5$$

$$\Rightarrow V_1 = \frac{1}{-j25} [1,3158 - j3,5 - (j25 \cdot 1)] = 1,1412 \angle 2,6434^\circ$$

Pero como se trata de una barra PV, se toma solamente el ángulo:

$$\Rightarrow V^1 = \begin{pmatrix} 1,14\angle 2,6434^\circ \\ 1\angle 0^\circ \\ 1\angle 0^\circ \\ 1\angle 0^\circ \\ 1,15\angle 0^\circ \end{pmatrix} \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix}$$

BARRA 2:

Esta barra es PQ, por lo que se conoce fácilmente la corriente:

$$I_2 = \left(\frac{S_2}{V_2}\right)^* = \left(\frac{0}{1}\right)^* = 0$$

$$\Rightarrow V_2 = \frac{1}{-j68,9379} [0 - (j25 \cdot (1,14\angle 2,6434^\circ) + j44,0044 \cdot 1)] = 1,05\angle 1,039^\circ$$

$$\Rightarrow V^2 = \begin{pmatrix} 1,14\angle 2,6434^\circ \\ 1,05\angle 1,039^\circ \\ 1\angle 0^\circ \\ 1\angle 0^\circ \\ 1,15\angle 0^\circ \end{pmatrix} \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix}$$

BARRA 3:

Esta barra tiene la misma resolución que la anterior:

$$\Rightarrow V_3 = \frac{1}{-j235,556} [0 - (j44,0044 \cdot (1,05\angle 1,039^\circ) + j22,0022 \cdot 1 + j169,779 \cdot (1,15\angle 0^\circ))] = 1,1184\angle 0,1822^\circ$$

$$\Rightarrow V^3 = \begin{pmatrix} 1,14\angle 2,6434^\circ \\ 1,05\angle 1,039^\circ \\ 1,1184\angle 0,1822^\circ \\ 1\angle 0^\circ \\ 1,15\angle 0^\circ \end{pmatrix} \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix}$$

BARRA 4:

Esta es la barra de interés, como ya se tienen todos los valores de las tensiones de las barras cercanas, no es necesario calcular la tensión en esta, sin embargo para mostrar el método completo, también se harán esos cálculos:

$$S_4 = -7,76 + j\Im\{1 \cdot (-j22,0022 \cdot (1,1184\angle -0,1822^\circ) + (3,395 + j22,7094) \cdot 1)\}$$

$$S_4 = -7,76 + j\Im\{3,3168 - j1,8977\} = -7,76 - j1,8977$$

Por lo que la compensación reactiva debiera ser de:

$$\Delta Q = -8 \cdot \sin(\arccos(0,97)) - (-1,8977) = -1,9448 + 1,8977 = -0,0471[p.u.]$$

$$\Rightarrow \text{Compensación} = -4,71[MVar]$$

Se necesita un banco de condensadores de 4,71[MVar] conectados a la barra de Los Vilos.

Siguiendo con el método:

$$I_4 = \left(\frac{S_4}{V_4}\right)^* = \frac{-7,76 + j1,8977}{1} = -7,76 + j1,8977$$

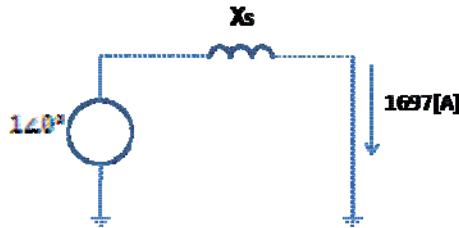
$$\Rightarrow V_4 = \frac{1}{3,395 - j22,7094} [-7,76 + j1,8977 - (j22,0022 \cdot (1,1184\angle 0,1822^\circ))] = 1,04\angle -27,1914^\circ$$

$$\Rightarrow V^4 = \begin{pmatrix} 1,14 \angle 2,6434^\circ \\ 1,05 \angle 1,039^\circ \\ 1,1184 \angle 0,1822^\circ \\ 1 \angle -27,1914^\circ \\ 1,15 \angle 0^\circ \end{pmatrix} \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix}$$

BARRA 5:

Finalmente, como la Barra 5 es la Barra Slack, no se somete al método.

3.- El modelo del sistema es de la siguiente figura:



Y según la teoría de los factores de influencia, se tiene que:

$$dV = \frac{dP}{\frac{\partial P}{\partial V}} + \frac{dQ}{\frac{\partial Q}{\partial V}}$$

Con:

$$\frac{\partial P}{\partial V} = \frac{V_0 - 2V}{R_s} \quad \frac{\partial Q}{\partial V} = \frac{V_0 - 2V}{X_s}$$

Donde V_0 corresponde a la tensión en vacío en bornes del generador, la que se considera 1,15[p.u.].

Como el modelo supone una corriente puramente inductiva, el elemento solamente es inductivo y por lo tanto $R_s = 0$. Con ello:

$$\Delta Q = \frac{\partial Q}{\partial V} \Delta V$$

Además, se sabe que se desea llevar la tensión de 1,093[p.u.] a 1[p.u.], por lo tanto:

$$\Delta V = 1 - 1,093 = -0,093[p.u.]$$

La corriente de cortocircuito en por unidad queda:

$$I_{cc} = 1697 \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 10^3}{100 \cdot 10^6} = 6,4664[p.u.]$$

Y por lo tanto la componente inductiva X_s , puede calcularse como:

$$X_s = \frac{1 - 0}{6,4664} = 0,1546$$

Así finalmente:

$$\Delta Q = \frac{V_0 - 2V_{previo}}{X_s} \Delta V = \frac{1,15 - 2 \cdot 1,093}{0,1546} \cdot -0,093 = 0,6232[p.u.]$$

Por lo que se necesita un banco de inductancias de 62,32[MVar] para bajar la tensión.