Profesor de Cátedra: Jorge Romo
Profesor Auxiliar: Lorenzo Reyes
loreyes@ing.uchile.cl

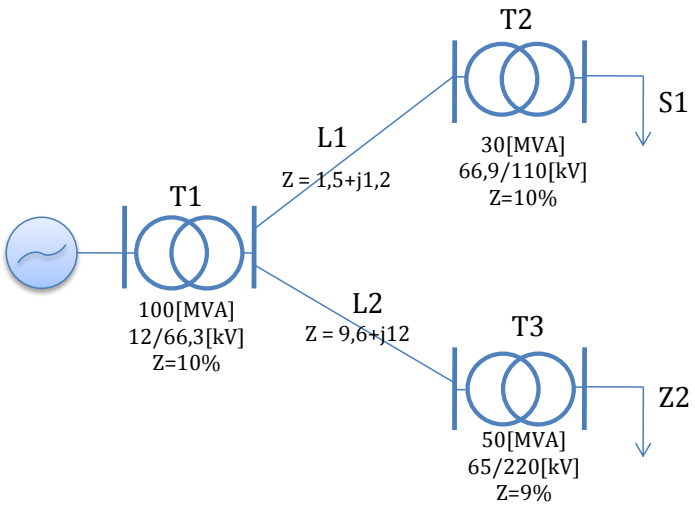
EL42C –Conversión Electromecánica de la Energía

Pauta Ejercicio 2 – Transformadores y SEP en p.u. monofásicos

Problema 2

Pauta por: Carlos Mendoza

a)



$$[pu]: [°/1]$$

Para resolver el siguiente SEP monofásico se tomarán los siguientes voltajes bases:

$$V_{base1} = 12[kV]$$

$$V_{base2} = 66{,}3[kV]$$

$$V_{base3} = 66{,}3 \cdot \frac{110}{66{,}9} = 109{,}013[kV]$$

$$V_{base4} = 66{,}3 \cdot \frac{220}{65} = 224{,}4[kV]$$

La potencia base a utilizar es: $S_{base} = 100[MVA]$

$$Z_{base2} = \frac{V_{base2}^2}{S_{base}} = 43{,}9569[\Omega]$$

Profesor de Cátedra: Jorge Romo
Profesor Auxiliar: Lorenzo Reyes
loreyes@ing.uchile.cl

$$Z_{base4} = \frac{V_{base4}^2}{S_{base}} = 503{,}5536[\Omega]$$

Llevar todos los valores a una base común:

$$Z_{T1} = j0{,}1 \cdot \frac{66{,}3^2}{100} \cdot \frac{100}{66{,}3^2} = j0{,}1[pu]$$

$$Z_{T2} = j0{,}1 \cdot \frac{66{,}9^2}{30} \cdot \frac{100}{66{,}3^2} = j0{,}3394\ [pu]$$

$$Z_{T3} = j0{,}09 \cdot \frac{65^2}{50} \cdot \frac{100}{66{,}3^2} = j0{,}1730[pu]$$

$$Z_{L1} = \frac{1{,}5 + j1{,}2}{43{,}9569} = 0{,}0437\angle 38{,}66 = 0{,}0341 + j0{,}0273\ [pu]$$

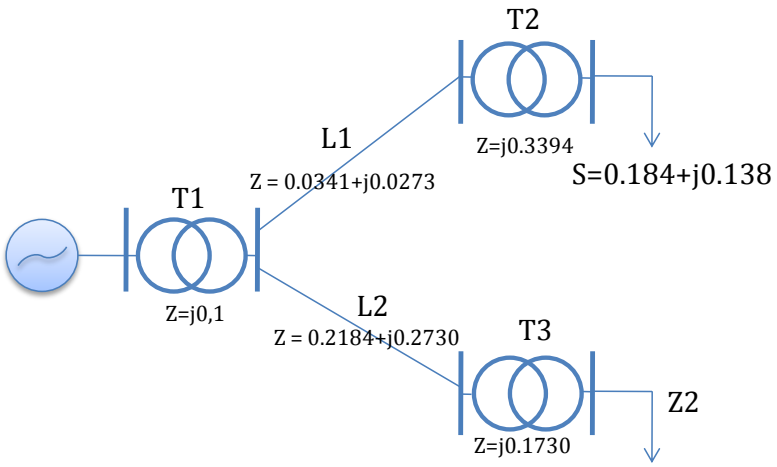
$$Z_{L2} = \frac{9{,}6 + j12}{43{,}9569} = 0{,}3496\angle 51{,}34 = 0{,}2184 + j0{,}2730\ [pu]$$

$$Z_2 = \frac{968 - j468}{503{,}5536} = 2{,}1352\angle -25{,}80 = 1{,}9223 - j0{,}9293[pu]$$

$$S_1 = 0{,}23\angle 36{,}87 = 0{,}184 + j0{,}138\ [pu]$$

$$V_2 = \frac{213{,}4}{224{,}4} = 0{,}9510[pu]$$

El sistema en por unidad quedaría de la siguiente forma:



Profesor de Cátedra: Jorge Romo
Profesor Auxiliar: Lorenzo Reyes
loreyes@ing.uchile.cl

b) Para calcular las perdidas del sistema debemos resolver este SEP, para ello se definirá el voltaje de Alta Tensión del Transformador como V_o, además nuestro voltaje de referencia angular será el voltaje del consumo 2, con ello:

1) Corriente que consume Z_2

$$I_2 = \frac{V_2}{Z_2} = \frac{0{,}9510}{2{,}1352\angle -25{,}80} = 0{,}4454\angle 25{,}80 = 0{,}4010 + j0{,}1938[pu]$$

2) Voltaje V_o

$$V_o = (Z_{L2} + Z_{T3})I_2 + V_2$$

$$V_0 = (0{,}2184 + j0{,}2730 + j0{,}1730) \cdot 0{,}4454\angle 25{,}80 + 0{,}9510$$

$$V_0 = 0{,}9775\angle 13{,}08 = 0{,}9521 + j0{,}2212[pu]$$

3) Voltaje en la Carga S_1

$$V_0 = (Z_{L1} + Z_{T2})I_1 + V_1 \quad /V_1^*$$

$$V_0 V_1^* = (Z_{L1} + Z_{T2})I_1 V_1^* + V_1 V_1^*$$

$$V_0 V_1^* = (Z_{L1} + Z_{T2})S_1^* + |V_1|^2$$

Definimos: $V_1 = V\angle\varphi$

$$0{,}9775 \cdot V\angle(13{,}08° - \varphi) = (0{,}0341 + j0{,}0273 + j0{,}3394) \cdot 0{,}23\angle 36{,}87 + V^2$$

Separando en parte real e imaginaria

- $0{,}9775 \cdot V \cdot cos(13{,}08° - \varphi) = V^2 + 0{,}0569$
- $0{,}9775 \cdot V \cdot sen(13{,}08° - \varphi) = 0{,}0628$

Elevando ambas ecuaciones al cuadrado se tiene una ecuación de cuarto orden para el módulo de la tensión:

$$(0{,}9775 \cdot V)^2 = (V^2 + 0{,}0569)^2 + 0{,}0628^2$$

$$V = 0{,}9127\ [pu]$$
$$\varphi = 9{,}02[°]$$

4) La corriente que consume S_1 es:

$$I_1 = \left(\frac{S_1}{V_1}\right)^* = 0{,}2520\angle -27{,}85[pu]$$

Profesor de Cátedra: Jorge Romo
Profesor Auxiliar: Lorenzo Reyes
loreyes@ing.uchile.cl

5) Las pérdidas del sistema se calculan como:

$$Pérdidas_{sistema} = I_1^2 \cdot \mathcal{R}eal\{Z_{L1}\} + I_2^2 \cdot \mathcal{R}eal\{Z_{L2}\}$$

Ya que las líneas son las únicas que producen pérdidas óhmicas en el sistema.

$$Pérdidas_{sistema} = 0{,}2520^2 \cdot 0{,}0341 + 0{,}4454^2 \cdot 0{,}2184 = 0{,}0455[pu]$$

En valores físicos:

$$Pérdidas_{sistema} = 4{,}55\ [MW]$$

c) La regulación en los transformadores con carga se define como:

$$Reg\ [\%] = \frac{|V_{2vacío}| - |V_{2carga}|}{|V_{2carga}|} \cdot 100$$

Por la forma que están modelados los transformadores y las condiciones iniciales, si no hay carga en los lados de alta tensión de los transformadores T2 y T3, el voltaje en vacío será V_o, utilizando los valores en por unidad calculados anteriormente se tendrá que la regulación será :

- T1:

$$Reg\ [\%] = \frac{0{,}9775 - 0{,}9510}{0{,}9510} \cdot 100 = 2{,}79\%$$

- T2:

$$Reg\ [\%] = \frac{0{,}9775 - 0{,}9127}{0{,}9127} \cdot 100 = 7{,}10\%$$

Con valores físicos:

- T1:

$$Reg\ [\%] = \frac{219{,}351 - 213{,}4}{213{,}4} \cdot 100 = 2{,}79\%$$

- T2:

$$Reg\ [\%] = \frac{106{,}560 - 99{,}496}{99{,}496} \cdot 100 = 7{,}10\%$$