Certamen II Pregunta 1

Angélica Álvarez
dept. Ingeniería Eléctrica
Universidad Técnica Federico Santa María
Valparaíso, Chile
angelica.alvarez@usm.cl

Paul Saada
dept. Ingeniería Eléctrica
Universidad Técnica Federico Santa María - INSA Lyon
Valparaíso - Lyon, Chile - Francia
psaada@usm.cl

I. Introducción

Se propone analizar la transmisión de potencia hasta un tren en movimiento, tomando en cuenta el impacto del largo de la línea. Se resume la situación en la figura 1.

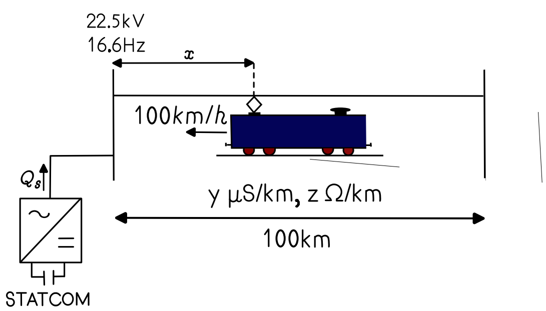

Fig. 1. Representación del problema

II. Formulación matemática del problema

Para realizar dicho trabajo, vamos a analizar la variación de magnitud de la tensión en el punto de conexión así como el límite de estabilidad teórica y el uso de la compensación shunt. Usamos la ecuación (1) para relacionar la entrada V_S y la salida V_R de la línea.

$$V_S = (1 + YZ)V_R + ZI_R \tag{1}$$

III. Variación de la magnitud de tensión

Expresamos la magnitud de la tensión $|V_R|$ en función de la distancia de la fuente al tren x, usando la ecuación 1. Se asume que la línea es de largo medio así que se desprecian los factores de coreción f_z y f_y. Además, se asume que la potencia activa P_t en el tren es constante con un valor de $5000kW$.

$$V_S = (1 + YZx^2)V_R + Zx\frac{P_t}{V_R} \tag{2}$$

$$|V_R| = \sqrt{\frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}} \tag{3}$$

Donde:

$$A = (1 - 2YXx^2) \tag{4}$$

$$B = 2Rx(1 - YXx^2(1 + P)) + V_S^2 \tag{5}$$

$$C = (xP)^2(R + X) \tag{6}$$

$$\Delta|V_R| = |V_{R(x=0)}| - |V_{R(x=100)}| = 22.5 - 14.45 = 8.05kV \tag{7}$$

IV. Estabilidad teórica

Para resolver este caso AC, asumimos que podemos despreciar tanto y como las pérdidas de línea, dado que el largo alcanza los $100km$, siendo el máximo para despreciarlo. También recordemos que $Q_t = 0$ ya que el tren sólo tiene potencia activa. Entonces se puede usar:

$$|V_S|^2|V_R|^2 = |V_R|^4 + X^2P_R^2 \tag{8}$$

Dónde el maximó se encuentra por $|V_R| = \frac{|V_S|}{sqrt2}$

Por lo tanto:

$$\hat{P}_t = \frac{|V_s|^2}{2X} \tag{9}$$

Mínimo, $x = 100km$:

$$\hat{P}_t^{\,min} = \frac{|V_s|^2}{2X_{max}} = \frac{(22,5 \cdot 10^3)^2}{2 \cdot 0,3475 \cdot 100} = 7,28MW \tag{10}$$

Máximo, $x = 0km$:

$$\hat{P}_t^{\,max} = \frac{|V_s|^2}{2X_{min}} = \infty \tag{11}$$

Pues no se usa más la linea de transmisión ya que el tren llegó a la barra de destino.

V. Compensación shunt

A. Método alternativo

Hacer una compensación interna afectará la potencia consumida en el tren, modificando las hipótesis anteriores acerca del límite de estabilidad. Por lo tanto, ponemos la compensación solo en la barra de destino.

B. Compensación dinámica

Siguiendo la idea del ingeniero, usamos la compensación shunt $X_c = \frac{1}{b_c}$ con la siguiente expresión:

$$V_R = \frac{V_S}{1 - \frac{b' X}{2}} \tag{12}$$

Donde $\frac{b'}{2} = \frac{b}{2} \cdot (1 - K_c)$ *y* $K_c = \frac{b_c}{b}$

Si en el punto de conexión hay la tensión nominal, entonces $V_R = V_S$, y $K_c = 1$ y $X_c = \omega c x$. Por lo tanto:

$$Q_c = \frac{|V_R|^2}{2\pi \cdot 16.6 \cdot 2,9148 \cdot 10^{-6} \cdot x} \tag{13}$$