

# Certamen 2 SEP 1/A - Pregunta I

\*Evaluación Formativa

1<sup>st</sup> Nicolás González  
Departamento de Ingeniería Eléctrica.  
Universidad Técnica Federico Santa María  
Valparaíso, Chile  
nicolas.gonzalezpi@usm.cl

2<sup>nd</sup> Iván Tapia  
Departamento de Ingeniería Eléctrica  
Universidad Técnica Federico Santa María  
Valparaíso, Chile  
ivan.tapiac@sansano.usm.cl

## I. INTRODUCCIÓN

Esta pregunta analiza los desafíos de la descarbonización en la matriz energética mediante un sistema de potencia para trenes eléctricos, evaluando la variación de tensión y estabilidad.

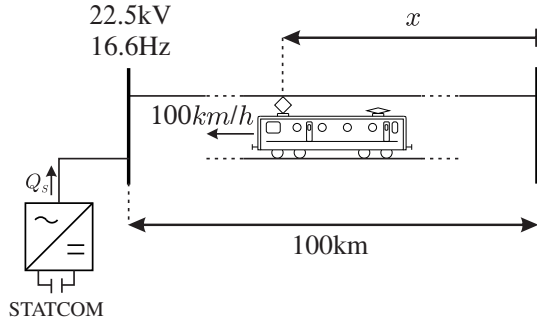


Fig. 1. Diagrama del SEP

## II. FORMULACIÓN MATEMÁTICA DEL PROBLEMA

Para modelar la posición del tren en una línea de 100 km, se utiliza la fórmula  $a = 100 - x$ , donde " $x$ " es la posición del tren en kilómetros y " $a$ " es la distancia en kilómetros entre la barra de la STATCOM y el tren. Esto nos permite encontrar los parámetros en la línea en función de " $a$ ".

## III. VARIACIÓN DE LA MAGNITUD DE TENSIÓN

Se utiliza el modelo  $\pi$  (línea media) para modelar la línea donde los valores de  $Z$  e  $Y$  serán variables dependientes de " $a$ ". El tren posee potencia promedio de 5000 [KW]; supuesto de FP=1 se encuentra la resistencia del tren " $R_t$ " dejando la tensión del tren en términos de su posición.

$$R_t = \frac{V_n^2}{P_{tren}} = 101.25[\Omega] \quad (1)$$

$$I_r = \frac{V_r}{R_t} \quad (2)$$

$$V_s = A \cdot V_r + B \cdot I_r \quad (3)$$

$A$  y  $B$  son los parámetros de la red de 2 puertos (Línea); juntando 1, 2 y 3 se despeja  $V_r$  en 4.

$$V_r = \frac{V_s}{1 + \frac{Y \cdot a}{2} \cdot Z \cdot a + \frac{Z \cdot a}{R_t}} \quad (4)$$

## IV. ESTABILIDAD TEÓRICA-MÁXIMO

Para este apartado se utiliza el modelo de línea corta, FP=1 y no hay pérdidas en la línea, por lo que el límite de estabilidad se modela como:

$$|V_s|^2 = |V_r|^2 + \frac{a \cdot X_{Línea}^2 \cdot P_{tren}}{|V_r|} \quad (5)$$

El punto de máxima potencia es (derivando la expresión 5 e igualándola a 0):

$$|\hat{V}_r| = \frac{|V_s|}{\sqrt{2}} \quad (6)$$

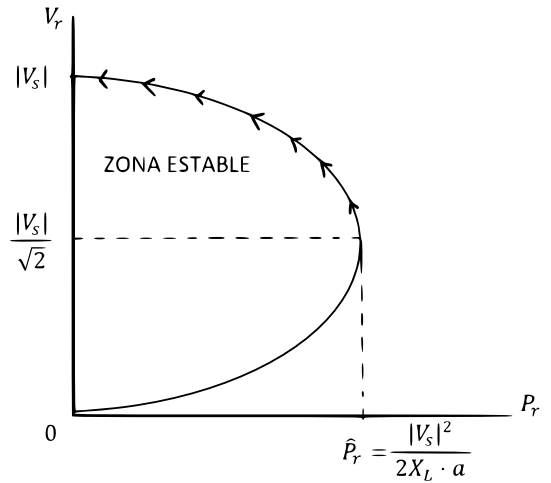


Fig. 2. Gráfico de estabilidad Vr vs Pr

## V. COMPENSACIÓN SHUNT

### A. Método alternativo

Utilizando un PLL en la barra de la STATCOM para sincronizarse a la frecuencia de la red, fijar la tensión del eje directo y la corriente en cuadratura igual a 0.

### B. Compensación dinámica

Considerando la operación de baja carga podemos expresar la compensación que varía según "a" de la siguiente forma:

$$V_r = \frac{V_s}{1 - \left( \frac{b_{Linea}}{2} \cdot \left( 1 - \frac{b_{Comp}}{b_{Linea}} \right) \right) \cdot X_{Linea} \cdot a^2} \quad (7)$$

resolviendo nos queda:

$$b_{Comp} = b_{Linea} - \frac{(V_n - V_s)^2}{a^2 \cdot X_{Linea}} \quad (8)$$