



Pauta Pregunta 2 Ejercicio 4

Pauta por: Lorenzo Reyes

Los datos de placa del generador son:

$$\begin{aligned}S_{nom} &= 240[MVA] \\V_{nom} &= 13,8[kV] \\P_{m\acute{a}x} &= 216[MW] = 0,9[p. u.] \\X_s &= 1,25[p. u.] \\P_{m\acute{i}n} &= 0[MW] \\\delta_{m\acute{a}x} &= 70^\circ \\E_{m\acute{a}x} &= 2,0837[p. u.] \end{aligned}$$

Además, se tiene que un generador sincrónico cumple con las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned}P &= \frac{EV}{X_s} \sin(\delta) \\Q &= \frac{EV}{X_s} \cos(\delta) - \frac{V^2}{X_s}\end{aligned}$$

Por lo tanto, se pueden trazar 3 curvas límites en la operación del generador:

$$P^2 + Q^2 = S_{nom} = 1[p. u.] \rightarrow \text{círculo centrado en cero de radio 1}$$

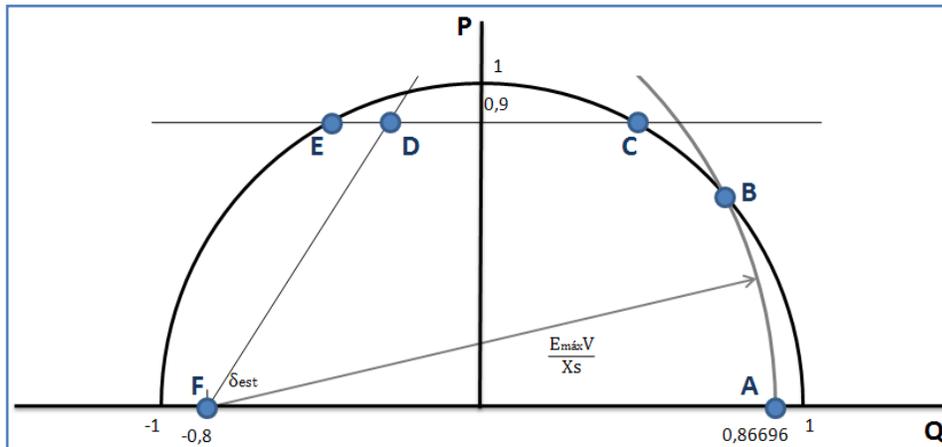
$$P^2 + \left(Q + \frac{V^2}{X_s}\right)^2 = \left(\frac{E_{m\acute{a}x}V}{X_s}\right)^2 \rightarrow \text{círculo centrado en } -\frac{V^2}{X_s} \text{ de radio } \frac{E_{m\acute{a}x}V}{X_s}$$

$$\tan(\delta_{m\acute{a}x}) = \frac{P}{Q + \frac{V^2}{X_s}} \rightarrow \text{recta que cruza el punto } (P, Q) = \left(0, -\frac{V^2}{X_s}\right) \text{ de pendiente } \delta_{m\acute{a}x}$$

Es posible calcular inmediatamente algunas expresiones como:

$$\begin{aligned}-\frac{V^2}{X_s} &= -\frac{1^2}{1,25} = -0,8[p. u.] \\ \frac{E_{m\acute{a}x}V}{X_s} &= \frac{2,0837 \cdot 1}{1,25} = 0,86696[p. u.] \end{aligned}$$

Los puntos a calcular se ven en la siguiente figura:



Los puntos A y F ya están calculados anteriormente. Usando la siguiente nomenclatura para los puntos (Q, P) se tiene que:

$$A = (0.86696, 0)$$

$$F = (-0.8, 0)$$

Punto B:

Corresponde a la intersección entre ambos círculos, resolviendo ese sistema de ecuaciones se que:

$$B = (0.7117, 0.7025)$$

Puntos C y E:

Estos puntos quedan determinados por la intersección de la recta de potencia activa máxima y el círculo de radio 1. La posición de ellos es:

$$C = (0.4358, 0.9)$$

$$E = (-0.4358, 0.9)$$

Es bueno notar que si se calcula la intersección entre la potencia máximo y el círculo de radio $\frac{E_{máx}V}{X_s}$ (o límite por calentamiento de rotor) se tiene que $Q = 0.6031[p.u.]$, por lo que queda fuera de la zona segura de operación tal como se ve en la figura anterior.

Ahora solo queda ver si el punto E queda en la zona segura de operación, lo que estará determinado por lo posición del punto D.

Punto D:

Determinado por la intersección entre el límite de potencia activa máxima y el límite de estabilidad, su posición es:

$$D = (-0.4724, 0.9)$$

Así entonces puede notarse que el punto E queda DENTRO de la zona segura de operación, por lo tanto aparece un nuevo punto G.

Punto G:

Este punto quedará determinado por la intersección entre el límite de estabilidad y el círculo de radio 1 (o límite por calentamiento de estator).

$$G = (-0.4809, 0.8768)$$

Con esto ya es posible dibujar completamente la carta de operación de esta máquina sincrónica.

Además se tiene que el punto de operación queda determinado por una potencia activa de 192[MW] y un factor de potencia 0,85 en adelanto. Esto significa que la potencia reactiva será:

$$Q = -0,8 \cdot \tan(\arccos(0,85)) = -0,4958[p. u.]$$

