

# Análisis Dinámico y Control de Sistemas Eléctricos

## Ejercicios de estabilidad transitoria

Profesores:

Pablo Ledesma Larrea



### Ejercicio 1

Un generador síncrono con constante de inercia  $H = 5$  s se halla conectado a una red de transporte, de frecuencia 50 Hz, que se considera de tensión constante. En condiciones normales, la potencia eléctrica aportada por el generador se relaciona con el ángulo eléctrico  $\delta$  del generador a través de la expresión

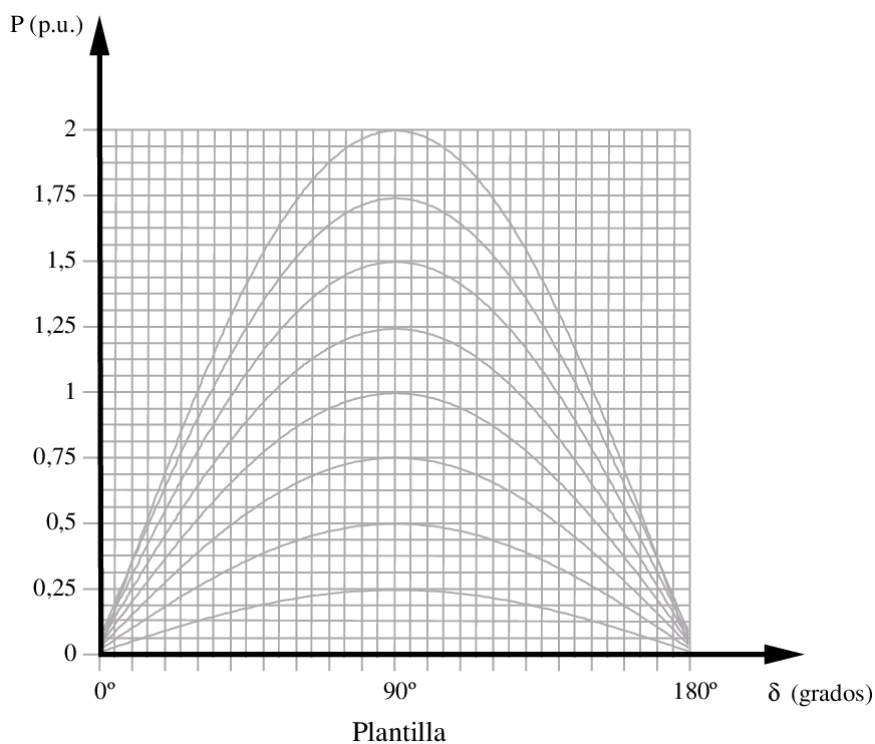
$$P_e = 2\text{sen}\delta.$$

La potencia eléctrica inicial es 0,75 p.u..

Se produce un cortocircuito que hace que la potencia vertida por el generador caiga a cero. Una vez despejada la falta, se vuelve a la situación inicial.

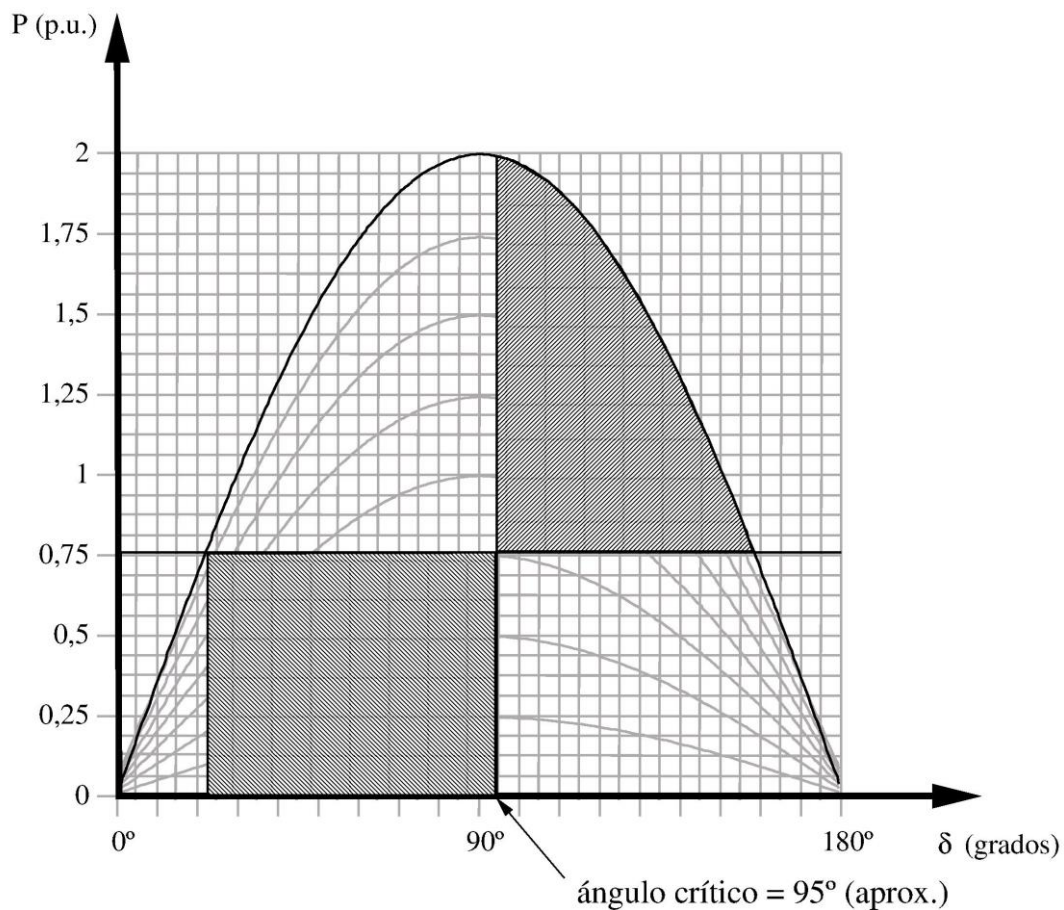
Calcular aproximadamente, usando la siguiente plantilla:

1. El ángulo crítico de despeje de falta.
2. El tiempo crítico de despeje de falta.



## Solución 1

El ángulo crítico de despeje de falta será aquel que iguale las dos áreas rayadas en la siguiente figura. Como puede observarse,  $\delta_{cr} = 95^\circ$  aproximadamente.



Para calcular el tiempo crítico de despeje de falta, partimos de la ecuación de oscilación

$$\frac{2H}{\omega_0} \frac{d^2 \delta}{dt^2} = P_m - P_e. (1)$$

En este caso, durante el cortocircuito

$$\frac{d^2 \delta}{dt^2} = \frac{314 \text{ rad/s}}{2 \times 5 \text{ s}} (0,75 - 0) = 23,562 \text{ rad/s}^2. (2)$$

Integrando una vez, obtenemos la derivada de la desviación angular

$$\frac{d\delta}{dt} = 23,562t \text{ rad/s. (3)}$$

Integrando de nuevo, sin olvidar el ángulo inicial, obtenemos la desviación angular  $\delta$ . En la gráfica podemos ver que el ángulo inicial es, aproximadamente,  $\delta_0 = 22,5^\circ = 0,39 \text{ rad}$ . Por tanto

$$\delta = \left( \frac{23,562}{2}t^2 + 0,39 \right) \text{ rad} = (11,781t^2 + 0,39) \text{ rad. (4)}$$

El ángulo crítico  $\delta_{cr} = 95^\circ = 1,66 \text{ rad}$  se alcanzará en el tiempo crítico  $t_{cr}$ , luego podemos escribir

$$1,66 = (11,781t_{cr}^2 + 0,39), (5)$$

y despejando  $t_{cr}$

$$t_{cr} = 0,33 \text{ s. (6)}$$

## Ejercicio 2

En el sistema del ejercicio [1](#), y partiendo de la misma situación inicial, se produce una falta que hace que la potencia vertida por el generador caiga a

$$P_e = 0,875 \times \text{sen}\delta.$$

Una vez despejada la falta se llega a una nueva situación en la que la potencia eléctrica es

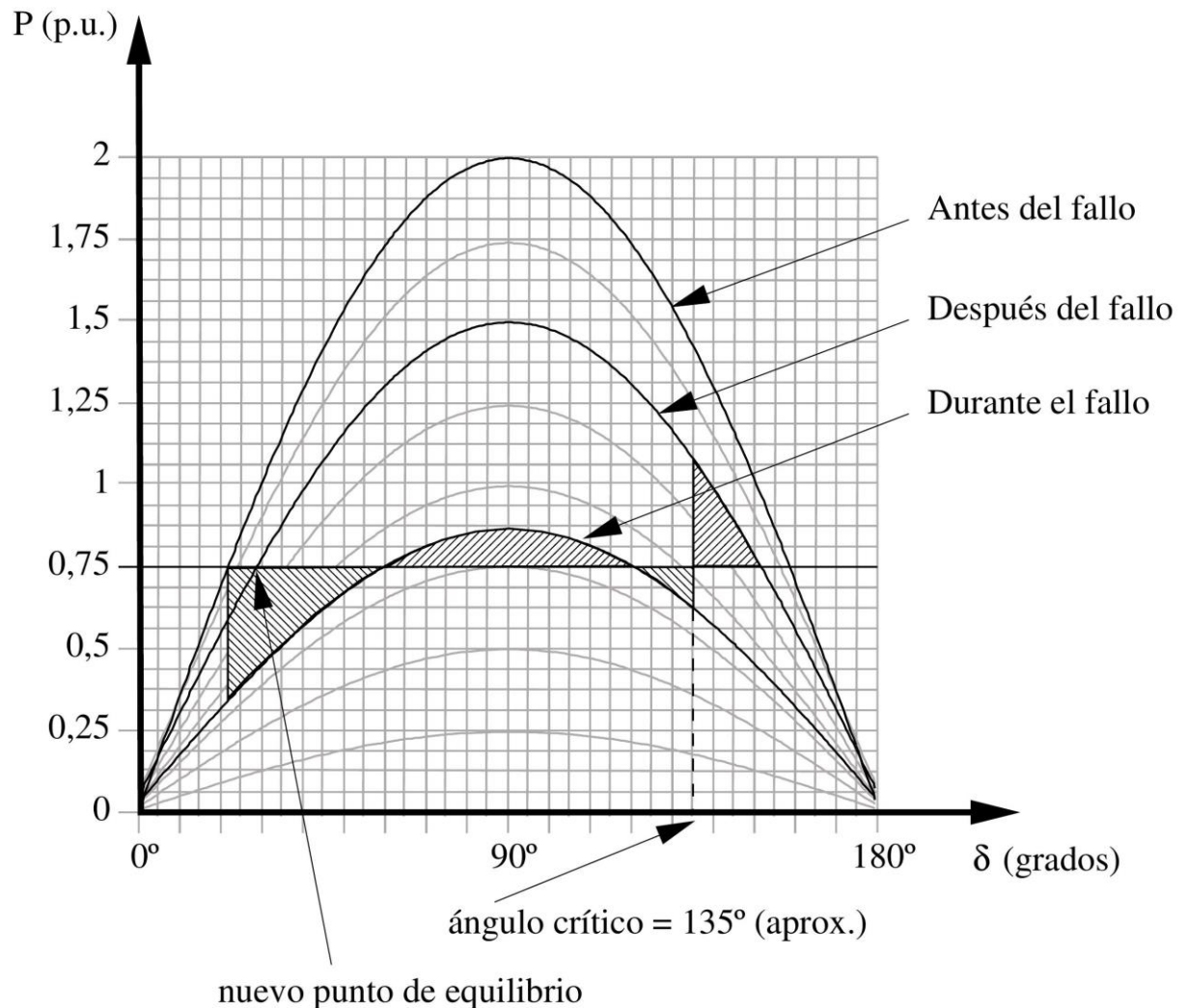
$$P_e = 1,5 \times \text{sen}\delta.$$

Calcular aproximadamente, usando la misma plantilla:

1. El punto de equilibrio después de la falta.
2. El ángulo crítico de despeje de falta.

## Solución 2

El nuevo punto de equilibrio, representado en la siguiente figura, es la intersección entre la recta de la potencia mecánica, y la curva que representa la potencia eléctrica después de la falta.



Para calcular el ángulo crítico de despeje de falta buscamos el ángulo que iguala las áreas rayadas por debajo (zona de aceleración) y por encima (zona de frenado) de la potencia mecánica. En este caso, y como se aprecia en la figura, el ángulo crítico resulta ser, aproximadamente,  $\delta_{cr} = 135^\circ$ .