

### Punto P1

Para comenzar primero se tienen que pasar  $R$  y  $D$  a unidades físicas, para lo cual se usan los sgtes fórmulas:

$$\tilde{R} = R_{bp} \cdot \frac{f_{nom}}{P_{bp}}$$

Donde  $P_{bp}$  para el caso del estotismo corresponde a la máxima generación del área o generadores presentes en el problema.

$$\tilde{D} = D_{bp} \cdot \frac{P_{bp}}{f_{nom}}$$

Donde  $P_{bp}$  para el amortiguamiento corresponde a la potencia demandada (CARGA).

Datos:  $R = 5$  /  $D = 1$

$$R_1 = 0.05 \cdot \frac{50}{\frac{19000}{\text{generación}} + \frac{1000}{\text{reserva}}} = 1.25 \cdot 10^{-4} \frac{\text{Hz}}{\text{MW}}$$

$$R_2 = 0.05 \cdot \frac{50}{41000 + 1000} = 5.9524 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Hz}}{\text{MW}}$$

$$D_1 = 1 \cdot \frac{20000}{50} = 400 \frac{\text{MW}}{\text{Hz}}$$

$$D_2 = 1 \cdot \frac{40000}{50} = 800 \frac{\text{MW}}{\text{Hz}}$$

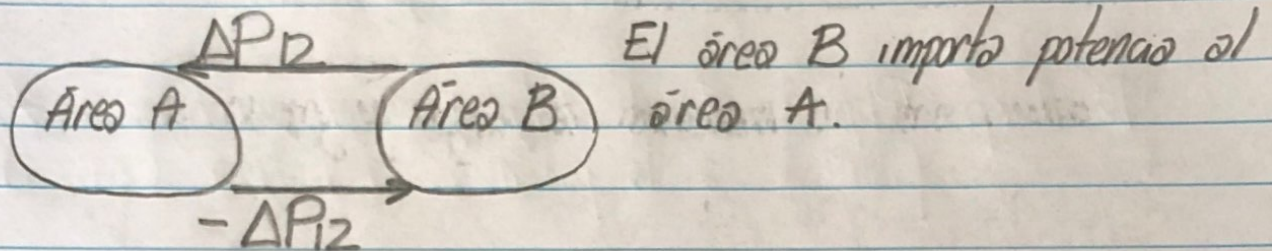
1 Datos:  $AP = -1000$  MW solo a cargo CPF

2 Datos:  $AP = 1000$  MW solo a cargo CPF



1. Datos:  $\Delta P_{L1} = -1000$  MW Solo actúa CPF

\* Aclaración: dado que corresponde a un problema de 2 áreas es necesario incluir el intercambio de potencia entre ellas (flujos programados)



$$+ \Delta P_{m1} = \Delta P_{L1} + \Delta P_{12} + D_1 \Delta f$$

$$\Delta P_{m2} = \Delta P_{L2} - \Delta P_{12} + D_2 \Delta f$$

$$\Delta P_{m1} + \Delta P_{m2} = \Delta P_{L1} + \Delta P_{L2} + (D_1 + D_2) \Delta f$$

Sin embargo al sumar las ecuaciones de cada área, este término se anula volviendo a la ecuación planteada en el enunciado.

Reemplazando  $\Delta P_{L1} + \Delta P_{L2}$

$$-\frac{\Delta f}{R_1} - \frac{\Delta f}{R_2} = -1000 + (D_1 + D_2) \Delta f$$

$$-\Delta f \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = -1000 + (D_1 + D_2) \Delta f$$

$$1000 = \Delta f \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + D_1 + D_2 \right)$$



$$\Delta f = \frac{1000}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + D_1 + D_2\right)} = \frac{1000}{\left(\frac{1}{1.25 \cdot 10^{-4}} + \frac{1}{5.9524 \cdot 10^{-5}} + 400 + 800\right)}$$

$$\Delta f = 0.0385 \text{ Hz}$$

Calculamos las variaciones de carga y generación

$$\Delta P_{LD1} = D_1 \cdot \Delta f = 400 \cdot 0.0385 = 15.4 \text{ MW}$$

$$\Delta P_{LD2} = D_2 \cdot \Delta f = 800 \cdot 0.0385 = 30.8 \text{ MW}$$

$$\Delta P_{m1} = -\frac{\Delta f}{R_1} = \frac{-0.0385}{1.25 \cdot 10^{-4}} = -308 \text{ MW}$$

$$\Delta P_{m2} = -\frac{\Delta f}{R_2} = \frac{-0.0385}{5.9524 \cdot 10^{-5}} = -646.7979 \text{ MW}$$

Hecho esto, es importante resumir las conclusiones

	Área 1	Área 2
Carga	20 000 - 1000 + 15.4 = 19 015.4 MW	40 000 + 30.8 40 030.8 MW
Generación	19 000 - 308 = 18 692 MW	41 000 - 646.7979 40 353.2021 MW



Incluyendo el flujo entre áreas, el cual se puede calcular tanto a partir del área 1 como del área 2, y de dos formas distintos:

Formo 1: mediante el uso de la Tabla

$$\begin{aligned} \Delta P_{12} &= \text{Generación A1} - \text{Carga A1} \\ &= 18692 - 19015.4 \\ &= -323.4 \text{ MW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta P_{21} &= \text{Generación A2} - \text{Carga A2} \\ &= 40353.2021 - 40030.8 \\ &= 322.402 \text{ MW} \end{aligned}$$

En el resultado se puede apreciar el signo opuesto entre áreas. Además de acuerdo a la teoría los números deberían ser iguales, sin embargo no ocurre en este caso por el uso de aproximaciones

$$\begin{aligned} \text{Formo 2 Recordando: } \Delta P_{m1} &= \Delta P_{L1} + \Delta P_{12} + D_1 \Delta f \\ \Delta P_{m2} &= \Delta P_{L2} - \Delta P_{12} + D_2 \Delta f \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta P_{12} &= \Delta P_m - \Delta P_{L1} - D_1 \Delta f \\ &= -308 - 15.4 + 1000 \\ &= 676.6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta P_{21} &= -\Delta P_m + \Delta P_{L2} + D_2 \Delta f \\ &= 646.7979 + 30.8 \\ &= 677.5979 \text{ MW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{12}' &= P_{12} \text{ inicial} - \Delta P_{12} \\ &= -1000 + 676.6 \\ &= -323.4 \text{ MW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{21}' &= P_{12} \text{ inicial} - \Delta P_{12} \\ &= 1000 - 677.5979 \\ &= 322.402 \text{ MW} \end{aligned}$$

Se corrobora que con ambas formas se llega al mismo resultado por área



2. Esta pregunta tiene un enfoque teórico. La idea es percibir que el área 1 cuenta con una reserva secundaria de 1000 MW, suficiente para compensar la pérdida de carga ( $\Delta P_L = -1000 \text{ MW}$ ).

↳ Por lo tanto, una vez que actúe el control secundario (recordar que en la parte 1) no actuaba), los errores de ambos áreas se anularán. Es decir, la frecuencia vuelve a 50 Hz y el flujo de potencia del área 2 al 1 volverá a ser 1000 MW (valores régimen permanente).

Por último, la carga y la generación en el área 1 se reducirán en 1000 MW, y la carga y la generación en el área 2 serán los iniciales.

\* Nota: para este tipo de preguntas es importante tener en mente que la función del CSF es llevar el error de frecuencia y flujos programados a cero en el régimen permanente.

3. Datos: notar que es pérdida de GENERACIÓN  $\Delta P_{mi} = -500 \text{ MW}$

Nuevamente esta pregunta apunta al control secundario, por lo tanto, es necesario calcular el nuevo nivel de reserva. Antes teníamos en el área 1 para las plantas que realizan regulación secundaria una reserva de 1000 MW por cada 3000 MW de generación. Por lo tanto, usando regla de 3:

$$\frac{500}{X} = \frac{3000}{1000}$$



$$X = \frac{1000 \cdot 500}{3000} = 166.6667 \text{ MW} \quad \text{Se pierden } 166.6667 \text{ MW de reserva}$$

Por lo tanto, el nuevo nivel de reserva es  $(1000 - 166.6667) = 833.3333 \text{ MW}$ . Esta reserva es suficiente para compensar la reducción de  $500 \text{ MW}$  en la generación. En conclusión, análogo al caso anterior, en régimen permanente no habrá variación de la frecuencia ni del intercambio entre áreas. La carga y generación en las áreas 1 y 2 no variarán.

4. Primero debemos notar que la reserva en el área 1 sólo es capaz de reponer  $1000 \text{ MW}$  de generación perdida (es decir,  $\Delta P_{m1} = -2000 \text{ (enunciado)} + 1000$ ), por lo que la regulación secundaria no puede anular el error de control de área ACE 1. Sin embargo, la regulación secundaria en el área 2 sí será capaz de anular el error ACE 2, por lo que:

$$ACE_2 = B_2 \Delta f - \Delta P_{12} = 0$$

$$\Rightarrow |\Delta P_{12} = B_2 \Delta f|$$

$$B_2 = \frac{500 \text{ MW}}{0.1 \text{ Hz}} = \frac{5000 \text{ MW}}{\text{Hz}} \quad (\text{Por enunciado})$$

Reemplazando

$$|\Delta P_{12} = 5000 \Delta f|$$



Planteamos el balance entre la variación de generación, la variación de carga y el flujo de potencia entre áreas para el área 1:

$$\Delta P_{m1}' = D_1 \Delta f + \Delta P_{12}$$

$$\underbrace{-2000}_{\text{pérdida generación}} + \underbrace{1000}_{\text{reserva área 1}} = 400 \Delta f + 5000 \Delta f$$

$$\Delta f = \frac{-1000}{5000 + 400} = -0.1852 \text{ Hz}$$

Por último, calculamos:

$$\Delta P_{LD1} = D_1 \Delta f = 400 \cdot -0.1852 = -74.08 \text{ MW}$$

$$\Delta P_{LD2} = D_2 \Delta f = 800 \cdot -0.1852 = -148.16 \text{ MW}$$

$$\Delta P_{12} = -926 \text{ MW}$$

El nuevo flujo del área 2 al área 1 es  $(1000 + 926) = 1926 \text{ MW}$ .  
La frecuencia final es  $49.8138 \text{ Hz}$ .

	Área 1	Área 2
Carga	$20000 - 74.08 = 19925.92 \text{ MW}$	$40000 - 148.16 = 39851.84 \text{ MW}$
Generación	$19000 - 1000 = 18000 \text{ MW}$	$41000 - 148.16 + 926 = 41777.84 \text{ MW}$



5. Dado que no se modifica la programación de flujo de potencia entre áreas, se mantiene  $\Delta P_{12} = 1000 \text{ MW}$

El control secundario en el área 1 trata de mantener el intercambio de potencia programado, por lo que:

$$\begin{aligned}\Delta ACE_1 &= \Delta P_{12} + B_1 \Delta f_1 = 0 \\ 1000 + \frac{2500}{0.1} \Delta f_1 &= 0\end{aligned}$$

$$\boxed{\Delta f_1 = \frac{-1000}{2500} = -0.4 \text{ Hz}}$$

Cambio de carga en el área 1

$$\Delta P_{LD1} = D_1 \Delta f = 400 \cdot -0.4 = -160 \text{ MW}$$

Análogamente en el área 2

$$ACE_2 = -1000 + \frac{5000}{0.1} \Delta f_2 = 0$$

$$\boxed{\Delta f_2 = \frac{+1000}{5000} = 0.2 \text{ Hz}}$$

$$\Delta P_{LD2} = D_2 \Delta f = 160 \text{ MW}$$

\* Al perderse la línea de enlace, los sistemas se desacoplan, por lo que pueden funcionar a distintas frecuencias.



	Área 1	Área 2
Carga	$20\,000 - 160 = 19\,840$ MW	$40\,000 - 160 = 40\,160$ MW
Generación	19\,840 MW	40\,160 MW
Frecuencia	49.6	50.2

6. Dado que de acuerdo al enunciado la programación de flujo entre áreas pasa a ser nula, como efecto de la acción de la regulación secundaria en el área 1, la generación aumentará en 1000 MW para suplir los 1000 MW que dejan de llegar procedentes del área 2. Análogamente, la generación en el área 2 se reducirá en 1000 MW. La generación en cada área igualará a la carga, y la frecuencia final es 50 Hz.