

**Universidad de Chile**

**Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas**

Departamento de Ingeniería Eléctrica

EL-57A Sistemas Eléctricos de Potencia.

---

# **Sistemas Eléctricos de Potencia**

## **Guía Nro.1**

Curso : EL-57A  
: Sistemas Eléctricos de Potencia.  
Profesor : Oscar Moya  
Preparación : Jaime Herrera  
Cooperación : Denninson Fuentes

# TEORIA: Esquemas topológicos, Centrales eléctricas, variables eléctricas

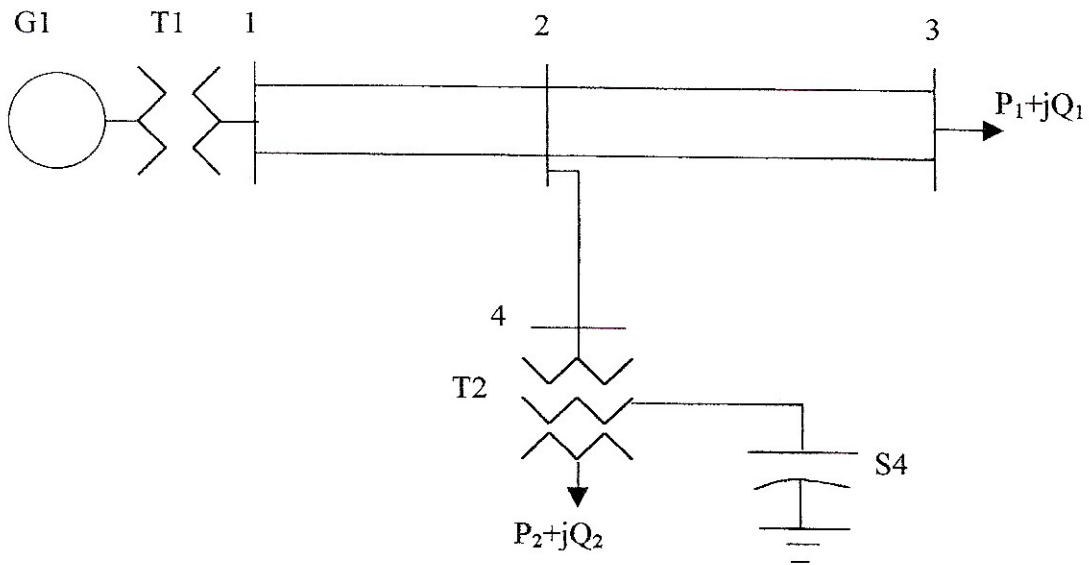
## Problema I 1

Dado el sistema que se muestra en la figura:

1. Deduzca el circuito equivalente de la figura.
2. Obtenga los parámetros en base común (100 [MVA])
3. Calcule el voltaje en la barra 2, despreciando las pérdidas en las líneas 2 – 3 y 2 – 4.
4. Determine el voltaje en el consumo  $P_2$ ,  $Q_2$  considerando el voltaje en la barra 2 igual al calculado en la parte c).

Los parámetros de los elementos se dan en base propia.

El voltaje en bornes del generador se mantiene constante en 1.05 p.u.



Datos de los elementos del sistema:

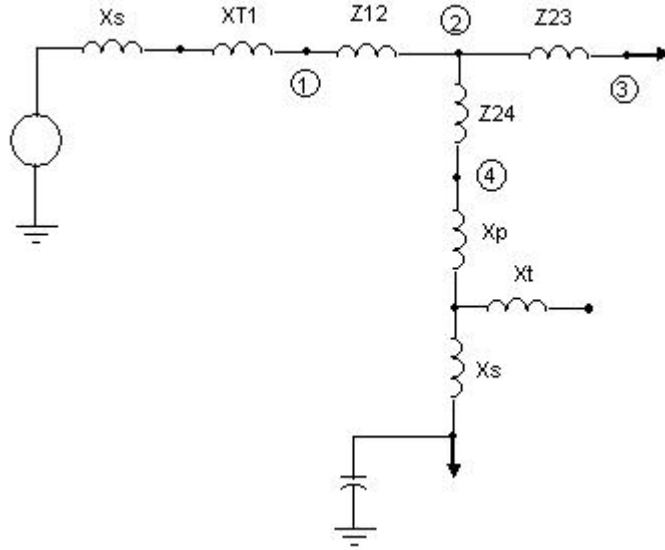
$\mathbf{G_1} :$	$\mathbf{T_1} :$	Consumos:	Líneas
$P_{nom} = 180 \text{ [MW]}$	$S_{nom} = 190 \text{ [MVA]}$	$P_1 = 10 \text{ [MW]}$	$\Gamma_{12} = 0.01$
$\cos\phi = 0.95$	$X_{T1} = 0.095$	$Q_1 = 20 \text{ [MVar]}$	$\Gamma_{23} = 0.02$
$X' = 0.2$		$P_2 = 120 \text{ [MW]}$	$\Gamma_{24} = 0.015$
$X_S = 1.3$	$T_2 :$	$Q_2 = 80 \text{ [MVar]}$	$\Gamma_{12} = 0.04$
$X'' = 0.1$	$S_{nom} = 200 \text{ [MVA]}$		$\Gamma_{23} = 0.07$
	$X_{PS} = 0.084$		$\Gamma_{24} = 0.06$
$\mathbf{S_4} :$	$X_{PT} = 0.123$		Todas por circuito
$S_{nom} = 40 \text{ [MVar]}$	$X_{ST} = 0.098$		

### SOLUCIÓN:

Del generador 1  $G_1$  se tiene que:

$$\left. \begin{array}{l} P = 180 \text{ [MW]} \\ \cos\phi = 0.95 \end{array} \right\} \Rightarrow S_{bi} = \frac{180}{0.95}$$

Luego se procede a dibujar el circuito y el cálculo de parámetros en p.u.



Parámetros en p.u.

Generador:

$$X_s [^\circ/1]_{bc} = \frac{X_s [^\circ/1]_{bp} S_{bc}}{S_{bp}} = \frac{1,3 \cdot 100}{\frac{180}{0,95}} = 0,686 [^\circ/1]_{bc}$$

Transformadores:

$$X_{T1} [^\circ/1]_{bc} = \frac{X_{T1} [^\circ/1]_{bp} S_{bc}}{S_{bp}} = \frac{0,095 \cdot 100}{190} = 0,05 [^\circ/1]_{bc}$$

$$X_{T2} [^\circ/1]_{bc} = \frac{X_{T2} [^\circ/1]_{bp} S_{bc}}{S_{bp}} = \frac{0,084 \cdot 100}{200} = 0,042 [^\circ/1]_{bc}$$

Líneas:

$$Z_{L1/circuito} = 0,01 + j0,04 = 0,0412 \angle 75,9^\circ \Rightarrow Z_{L12} = 0,0206 \angle 75,9^\circ$$

$$Z_{L23/circuito} = 0,02 + j0,07 = 0,0728 \angle 74,05^\circ \Rightarrow Z_{L23} = 0,0364 \angle 74,05^\circ$$

$$Z_{L24/circuito} = 0,015 + j0,06 = 0,0618 \angle 75,9^\circ \Rightarrow Z_{L24} = 0,0309 \angle 75,9^\circ$$

Para el transformador 3 se tiene lo siguiente:

$$X_{pt} [^\circ/1]_{bc} = \frac{0,113 \cdot 100}{200} = 0,0615 [^\circ/1]_{bc}$$

---

<sup>1</sup>Para líneas de doble circuito se procede a dividir por 2

$$X_{st}[^{\circ}/1]_{bc} = \frac{0,098 \cdot 100}{200} = 0,049[^{\circ}/1]_{bc}$$

Luego de las relaciones se tiene que:

$$Z_{ps} = Z_p + Z_s \quad Z_p = \frac{Z_{ps} + Z_{pt} - Z_{st}}{2} \quad Z_s = \frac{Z_{ps} + Z_{st} - Z_{pt}}{2}$$

$$\Rightarrow X_p = 0,02725[^{\circ}/1]_{bc} \quad X_s = 0,01475[^{\circ}/1]_{bc}$$

Cargas:

$$S_1 = 40 + j20 = 44,72 \angle 26,56^{\circ} \Rightarrow S_1[^{\circ}/1] = 0,447 \angle 26,56^{\circ}$$

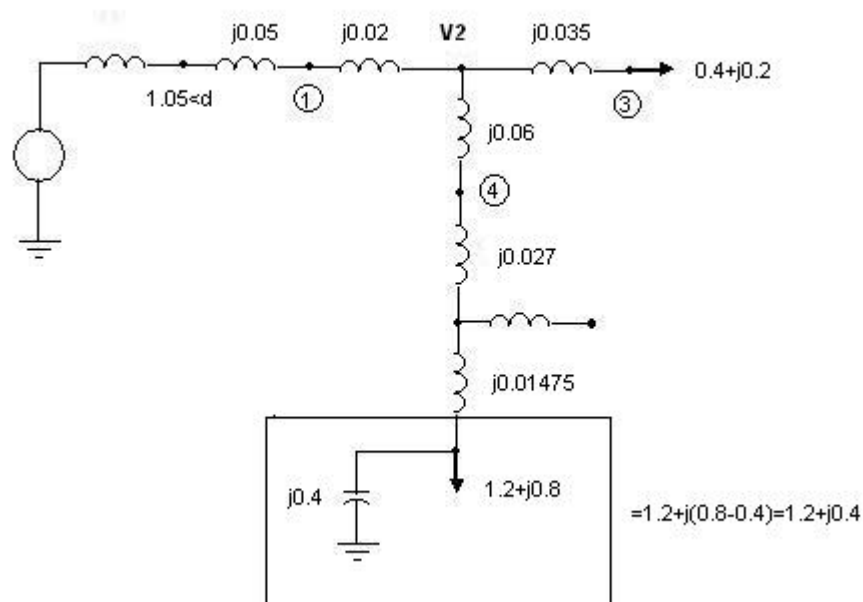
$$S_2 = 120 + j80 = 144,22 \angle 33,69^{\circ} \Rightarrow S_2[^{\circ}/1] = 1,442 \angle 33,69^{\circ}$$

Compensador reactivo:

$$S_4 = 0,4[^{\circ}/1]$$

Luego se procede a calcular el voltaje de la barra 2, con las simplificaciones clásicas para líneas, transformadores y generadores, donde las resistencias son despreciables frente a las reactancias.

En primer lugar se supone un voltaje de  $1,05 \angle \delta$  en bornes del generador.



Luego se procede a la potencia en el nudo 2.

$$S_2 = V \cdot I^*$$

$$S_2 = |V_2| \angle 0^\circ \left( \frac{0,05 \angle \delta - |V_2| \angle 0^\circ}{j \cdot 0,07} \right)$$

$$\frac{|V_2| 1,05 \angle -\delta - |V_2|^2}{-j 0,07} = \frac{|V_2| 1,05 (\cos(-\delta) + j \cdot \text{sen}(-\delta)) - |V_2|^2}{-j 0,07}$$

$$\Rightarrow 15|V_2|(j \cdot \cos(\delta) + \text{sen}(\delta)) - j 15,285|V_2|^2$$

$$S = P + j \cdot Q$$

$$\Rightarrow P = 15|V_2|\text{sen}(\delta)$$

$$\Rightarrow Q = 15|V_2|\cos(\delta) - 14,285|V_2|^2$$

Usando las relaciones del circulo de potencia se tiene que:

$$P = \frac{|V_1||V_2|}{X} \text{sen}(\delta)$$

$$Q = \frac{|V_1||V_2|}{X} \cos(\delta) - \frac{|V_2|^2}{X}$$

Se tiene que la potencia activa en el nudo 2 es la suma de las cargas.

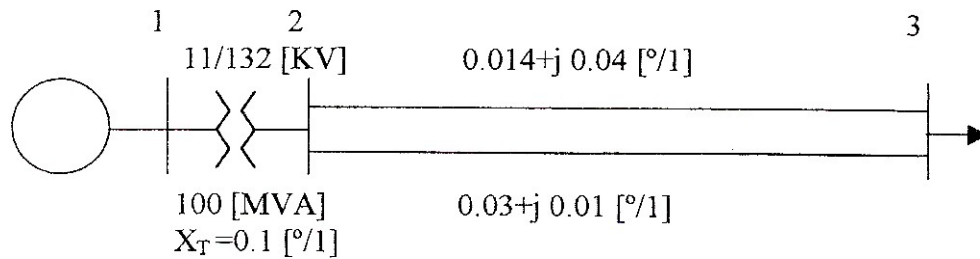
$$1,6 = 15|V_2|\text{sen}(\delta)$$

$$0,6 = 15|V_2|\cos(\delta) - 14,285|V_2|^2$$

$$\Rightarrow V_2 = 1,002 \angle 0 \Rightarrow \delta$$

## Problema I 2

Suponga el siguiente S.E.P.:



Con una carga en el nodo 3 de 80 [MW] y  $fp = 0,9$  ind., se logra mantener la tensión en la barra 3 a 132 [KV]. Considerando que el generador controla su tensión manteniéndola a 11 [KV] constante:

Dibujar el circuito en p.u. del sistema.

Considérese las variables dadas en [°/l] del esquema, referidas a 100 [MVA] y 132 [KV].

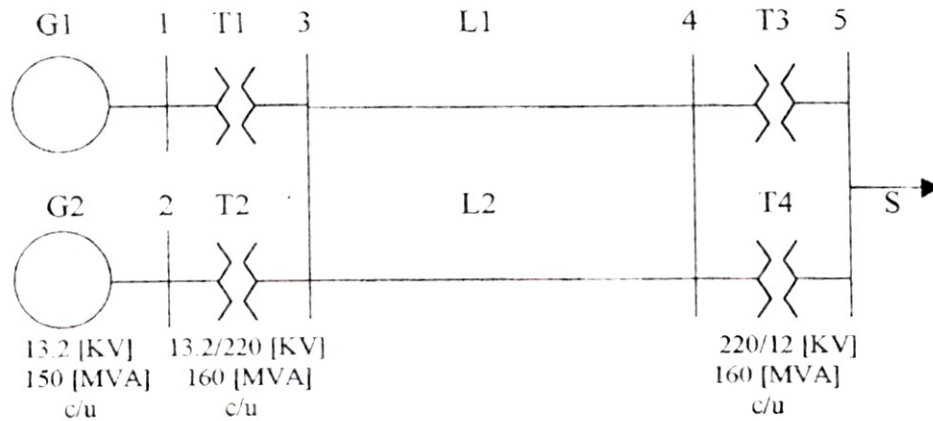
### Problema I 3

Se requiere transmitir potencia desde una central hidroeléctrica a una carga ubicada a 550 [Km] de distancia usando una línea de circuitos paralelos por razones de seguridad (respaldo). Asuma que los conductores están suficientemente dimensionados para no presentar problemas de limitación térmica, además cada circuito posee una reactancia efectiva de 70 [ $\Omega/fase/Km$ ], siendo despreciable su resistencia. La reactancia capacitiva shunt de cada circuito es de 0,2 [ $M\Omega/fase/Km$ ], y cada uno de ellos puede ser representado por el circuito pi equivalente con capacitancia media en cada extremo.

La carga es de 200 [MW] con factor potencia 0,95 ind., e independiente de la tensión.

Represente esta línea por su esquema unilineal, indicando los valores de los parámetros en [°/l], base 100[MVA].

### Problema I 4



$$\begin{aligned}
 X'_d &= 0.18 \\
 X_S &= 1.6 \\
 X_T &= 0.08 \\
 \Gamma_{L1} &= \Gamma_{L2} = 0.01 && \text{base 100 [MVA]} \\
 X_{L1} &= X_{L2} = 0.04 && \text{base 100 [MVA]}
 \end{aligned}$$

1. Obtenga el circuito equivalente transitorio con parámetros en base común 100 [MVA].
2. Para una carga  $S$ , calcule el voltaje en la barra 5, sabiendo que el voltaje en bornes de los generadores se mantiene constante en 13,8 [KV].  
 $S = 120 + j80$  [MVA]
3. Obtenga el ángulo de torque de los generadores [equivalente transitorio]

### Problema I 5

Establezca una comparación, señalando sus características, ventajas y desventajas, de los siguientes tipos centrales:

- Hidráulica de pasada
- Térmica turbina a gas
- Térmica a vapor - carbón
- Térmica de ciclo combinado a gas natural

### Problema I 6

Para el sistema que muestra la figura, que posee las siguientes características:

Línea de transmisión

Consumo

$3\phi$

$P = 700$  [MW]

$V_{nom} = 345$  [KV]

$\cos \phi = 0,99$  en atraso

Largo = 200 [Km]

$V = 95\%$  del nominal

$z = 0,032 + j0,35$  [ $\Omega$ /Km]

$y = j14 * 10^{-6}$  [mho/Km]

Se pide determinar:

1. Los elementos del circuito  $\pi$
2. Los suministros  $V1, I1, P1$
3. La regulación de tensión
4. La eficiencia





## Problema I 7

En el sistema eléctrico de la figura, el generador tiene una capacidad nominal de 120 [MW] y 12.7 [KV]. Su reactancia síncrona en base propia es de 1.05 p.u. b.p.

En el patio de elevación se tiene un transformador delta - estrella, cuya capacidad nominal es de 150 [MVA]. La relación de vueltas entre los enrollados delta primario y estrella secundario, es de 1 : 10. La reactancia del transformador en base propia es de 0.1 p.u. b.p.

Una línea de transmisión de doble circuito de 30 [Km] de longitud abastece un consumo de 80 [MW],  $\cos \phi = 0.9$  ind. La reactancia de cada circuito en base 110 [KV], 150 [MVA] es de 0.4 p.u.

1. Determine la tensión nominal en el lado secundario del transformador y el valor de las reactancias ohms vistas desde el lado primario de él.
2. Determine el valor de las reactancias y del consumo activo y reactivo en p.u. base 100 [MVA]. Dibuje el circuito equivalente.

