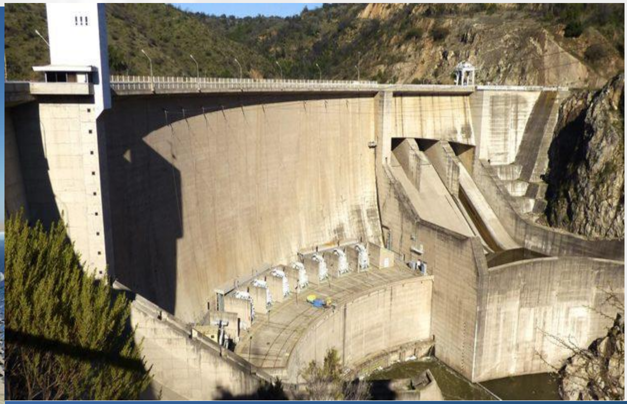
Unidad 1

Fundamentos en sistemas eléctricos de potencia

Parte IV (complemento)

Emerson Madrid Lorca
Ingeniero Civil Electricista
emerson.madrid@utalca.cl



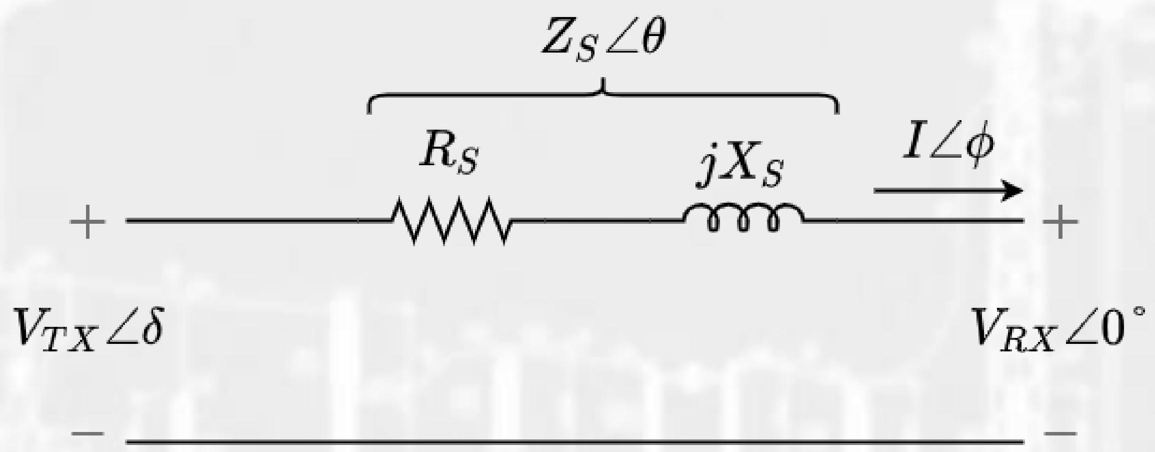
Objetivos de la Unidad 1 (complemento)

Este complemento busca mostrar la relación entre flujo de potencia y reactivos a través de una impedancia serie, con las magnitudes y el desfase entre las tensiones en ambos extremos.

IMPEDANCIA SERIE: V, P y Q

Sea el siguiente circuito:

Voltaje en extremo transmisor V_{TX} y voltaje en extremo receptor V_{RX}, donde ambas barras se conectan a través de una impedancia Z_S.



Se cumple que:

$$V_{TX} = V_{RX} + (R_S + jX_S)I\angle\phi \text{ donde } \quad Z_S = \sqrt{R_S^2 + X_S^2}$$

$$\theta = tan^{-1}(X_S/R_S)$$

FLUJO DE POTENCIA Y DESFASE δ (I)

Del circuito se deduce que: $$I\angle\phi = \frac{V_{TX}\angle\delta - V_{RX}\angle 0°}{Z_S\angle\theta}$$

Entonces, la potencia aparente que consume el extremo receptor está dada por:

$$S_{TX} = (V_{TX}\angle\delta)\cdot(I\angle\phi)^* = (V_{TX}\angle\delta)\cdot\left(\frac{V_{TX}\angle\delta - V_{RX}\angle 0°}{Z_S\angle\theta}\right)^* = \frac{V_{TX}^2}{Z_S}e^{j\theta} - \frac{V_{TX}V_{RX}}{Z_S}e^{j(\theta+\delta)}$$

Lo que separado en su parte real (potencia activa) e imaginaria (potencia reactiva) queda:

$$\boxed{P_{TX} = \frac{V_{TX}^2}{Z_S}cos(\theta) - \frac{V_{TX}V_{RX}}{Z_S}cos(\theta+\delta)}$$

$$\boxed{Q_{TX} = \frac{V_{TX}^2}{Z_S}sen(\theta) - \frac{V_{TX}V_{RX}}{Z_S}sen(\theta+\delta)}$$

FLUJO DE POTENCIA Y DESFASE δ (II)

Entonces, la potencia aparente que consume el extremo receptor está dada por:

$$S_{RX} = (V_{RX}\angle 0°)\cdot(I\angle\phi)^* = (V_{RX}\angle 0°)\cdot\left(\frac{V_{TX}\angle\delta - V_{RX}\angle 0°}{Z_S\angle\theta}\right)^* = \frac{V_{RX}V_{TX}}{Z_S}e^{j(\theta-\delta)} - \frac{V_{RX}^2}{Z_S}e^{j\theta}$$

Lo que separado en su parte real (potencia activa) e imaginaria (potencia reactiva) queda:

$$\boxed{P_{RX} = \frac{V_{RX}V_{TX}}{Z_S}cos(\theta-\delta) - \frac{V_{RX}^2}{Z_S}cos(\theta)}$$

$$\boxed{Q_{RX} = \frac{V_{RX}V_{TX}}{Z_S}sen(\theta-\delta) - \frac{V_{RX}^2}{Z_S}sen(\theta)}$$

En general, en los SEPs veremos que $\boldsymbol{X_S \gg R_S}$, con lo cual la potencia en el receptor se maximiza cuando $\boldsymbol{cos(\theta-\delta) = 1}$, esto es $\boldsymbol{\delta \approx \frac{\pi}{2} = 90°}$

VOLTAJES Y REACTIVOS (I)

Podemos expresar la corriente en función de la tensión y potencia aparente en la carga:

$$S_{RX} = (V_{RX}\angle 0°)\cdot(I\angle\phi)^* = P_{RX} + jQ_{RX} \quad \rightarrow I\angle\phi = \frac{P_{RX} - jQ_{RX}}{(V_{RX}\angle 0°)}$$

$$\rightarrow V_{TX}\angle\delta = V_{RX}\angle 0° + (R_S + jX_S)\frac{P_{RX} - jQ_{RX}}{(V_{RX}\angle 0°)}$$

Y en este caso, hemos definido el ángulo 0° en el extremo receptor, por lo cual:

$$(V_{RX}\angle 0°)^* = (V_{RX}\angle 0°) = V_{RX}$$

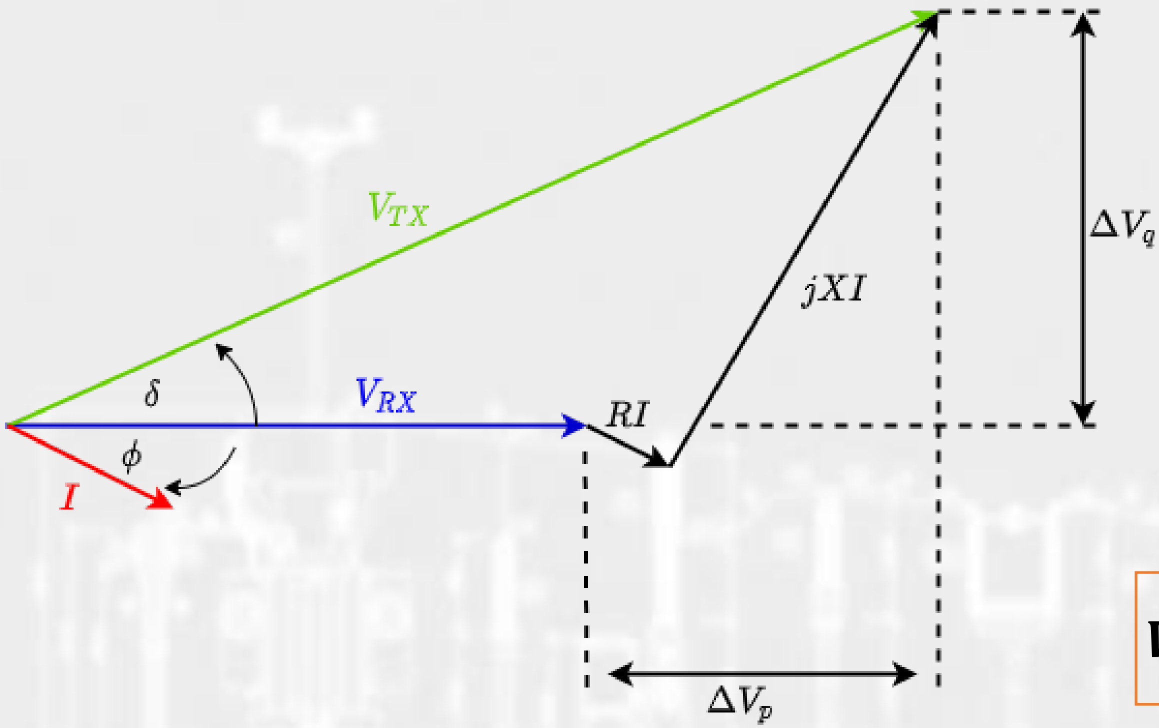
Luego,

$$\rightarrow V_{TX}\angle\delta = V_{RX} + (R_S + jX_S)\frac{P_{RX} - jQ_{RX}}{V_{RX}}$$

$$= \left[V_{RX} + \frac{R_S P_{RX} + X_S Q_{RX}}{V_{RX}}\right] + j\left[\frac{X_S P_{RX} - R_S Q_{RX}}{V_{RX}}\right]$$

VOLTAJES Y REACTIVOS (II)

Representando fasorialmente la ecuación anterior, se tiene:



$$\Delta V_p = \frac{R_S P_{RX} + X_S Q_{RX}}{V_{RX}}$$

$$\Delta V_q = \frac{X_S P_{RX} - R_S Q_{RX}}{V_{RX}}$$

Si δ es pequeño, entonces $\Delta V_q \ll V_{RX} + \Delta V_p$

$$\boxed{V_{TX} - V_{RX} \approx \frac{R_S P_{RX} + X_S Q_{RX}}{V_{RX}}}$$

Si $R_S \ll X_S$ (impedancia serie es más reactiva que resistiva):

- **La diferencia de la magnitud de las tensiones depende mayormente de Q_{RX}.**
- **El ángulo de transmisión δ depende principalmente de P_{RX}.**