ECUACIONES A APLICAR EN LOS PROBLEMAS

- **Fórmulas del coeficiente de autoinducción con fases simples y múltiples. Reactancia inductiva ($X_{Lk} = w \cdot L_k$) Ω/km**

Fases	Coeficiente de autoinducción en H/Km
Simples	$L_k = \left[0{,}5 + 4{,}6 \lg \frac{D}{r}\right] 10^{-4}$
Dúplex	$L_k = \left[0{,}25 + 4{,}6 \lg \frac{D}{\sqrt{r \Delta}}\right] 10^{-4}$
Tríplex	$L_k = \left[0{,}166 + 4{,}6 \lg \frac{D}{\sqrt[3]{r \Delta^2}}\right] 10^{-4}$
Cuádruplex	$L_k = \left[0{,}125 + 4{,}6 \lg \frac{D}{\sqrt[4]{\sqrt{2}\, r \Delta^3}}\right] 10^{-4}$

- **Fórmulas de capacidad con fases simples y múltiples. Susceptancia ($B_k = w \cdot C_k$) (S/km)**

Fases	coeficiente de capacidad F/km
Simples	$C_k = \frac{24{,}2}{\lg \frac{D}{r}} 10^{-9}$
Dúplex	$C_k = \frac{24{,}2}{\lg \frac{D}{\sqrt{r \Delta}}} 10^{-9}$
Tríplex	$C_k = \frac{24{,}2}{\lg \frac{D}{\sqrt[3]{r \Delta^2}}} 10^{-9}$
Cuádruplex	$C_k = \frac{24{,}2}{\lg \frac{D}{\sqrt[4]{\sqrt{2}\, r \Delta^3}}} 10^{-9}$

- **Método de las funciones hiperbólicas y circulares.**

$$\overline{A} = \overline{D} = (a' + ja'') = \cosh \overline{\Theta}c = (\cosh \Theta_c' \cdot \cos \Theta_c'') + j(\operatorname{senh} \Theta_c' \cdot \operatorname{sen} \Theta_c'')$$

$$\overline{B} = (b' + jb'') = \overline{Z}_C \cdot \operatorname{senh} \overline{\Theta}c = \overline{Z}_C \cdot ((\operatorname{senh} \Theta_c' \cdot \cos \Theta_c'') + j(\cosh \Theta_c' \cdot \operatorname{sen} \Theta_c''))$$

$$\overline{C} = (c' + jc'') = \frac{1}{\overline{Zc}} \cdot \operatorname{senh} \overline{\Theta}c = \frac{1}{\overline{Zc}} \cdot ((\operatorname{senh} \Theta_c' \cdot \cos \Theta_c'') + j(\cosh \Theta_c' \cdot \operatorname{sen} \Theta_c''))$$

- **Método del desarrollo en series de funciones hiperbólicas y circulares.**

$$\overline{A} = \overline{D} = (a' + ja'') = \left[1 + \frac{\overline{Z}_L \cdot \overline{Y}_L}{2} + \frac{(\overline{Z}_L \cdot \overline{Y}_L)^2}{4} + \frac{(\overline{Z}_L \cdot \overline{Y}_L)^3}{6} + \frac{(\overline{Z}_L \cdot \overline{Y}_L)^4}{8} + \ldots\ldots\right]$$

$$\overline{B} = (b' + jb'') = \overline{Z}_L \left[1 + \frac{\overline{Z}_L \cdot \overline{Y}_L}{3} + \frac{(\overline{Z}_L \cdot \overline{Y}_L)^2}{5} + \frac{(\overline{Z}_L \cdot \overline{Y}_L)^3}{7} + \frac{(\overline{Z}_L \cdot \overline{Y}_L)^4}{9} + \ldots\ldots\right]$$

$$\overline{C} = (c' + jc'') = \overline{Y}_L \left[1 + \frac{\overline{Z}_L \cdot \overline{Y}_L}{3} + \frac{(\overline{Z}_L \cdot \overline{Y}_L)^2}{5} + \frac{(\overline{Z}_L \cdot \overline{Y}_L)^3}{7} + \frac{(\overline{Z}_L \cdot \overline{Y}_L)^4}{9} + \ldots\ldots\right]$$

Se tomará un término con 80km, dos términos con 160km, tres términos con 240km, etc.

- **Impedancia característica:**

$$\overline{Zc} = \sqrt{\frac{\overline{Z}_{LÍNEA}}{\overline{Y}_{LÍNEA}}} \quad \text{con:} \quad \begin{aligned} \overline{Z}_{LÍNEA} &= (R_{LÍNEA} + jX_{LÍNEA}) = \overline{Z}_L \\ \overline{Y}_{LÍNEA} &= (G_{LÍNEA} + jB_{LÍNEA}) = \overline{Y}_L \end{aligned}$$

- **Ángulo característico:**

$\overline{\Theta}c = \sqrt{\overline{Z}_{LÍNEA} \cdot \overline{Y}_{LÍNEA}}$ En radianes. $\overline{\Theta}c_{GRADOS} = \frac{360º}{2\pi}(\Theta_c^{'} + j\Theta_c^{''}) = \frac{360º}{2\pi}\sqrt{\overline{Z}_{LÍNEA} \cdot \overline{Y}_{LÍNEA}} = en..\text{gra}\,dos$.

- **Potencia característica:**

$Pc = \frac{U_{LÍNEA}^{2}}{Zc}$ Siendo el valor de la tensión, sólo en módulo: $\overline{U}_{LÍNEA} = \overline{V}_{FASE} \cdot \sqrt{3}$

- **Comprobación de las constantes auxiliares**.

1. $\overline{A} - \overline{B} \cdot \overline{C} = (1 + j0)$ Siendo $\overline{A} = (a' + ja'')$ $\overline{B} = (b' + jb'')$ $\overline{C} = (c' + jc'')$
2. (a’^{2}-a’’^{2}) - (b’c’) + (b’’c’’) = 1
3. (2a’a’’) - (b’c’’) + (b’’c’) = 0

- **Conocidos los valores al principio de línea. (Todos los parámetros son vectores)**

Carga: $\overline{V}_2 = \overline{V}_1 \cdot \overline{D} - \overline{I}_1 \cdot \overline{B}$, $\overline{I}_2 = \overline{I}_1 \cdot \overline{A} - \overline{V}_1 \cdot \overline{C}$ Vacío: $\overline{V}_2 = \overline{V}_1 \cdot \overline{D}$, $\overline{I}_2 = \overline{I}_1 \cdot \overline{A}$

- **Conocidos los valores al final de línea. (Todos los parámetros son vectores)**

Carga: $\overline{V}_1 = \overline{V}_2 \cdot \overline{A} + \overline{I}_2 \cdot \overline{B}$, $\overline{I}_1 = \overline{V}_2 \cdot \overline{C} + \overline{I}_2 \cdot \overline{D}$ Vacío: $\overline{V}_1 = \overline{V}_2 \cdot \overline{A}$, $\overline{I}_1 = \overline{V}_2 \cdot \overline{C}$

Fórmulas generales para sistemas eléctricos de potencia.

- **Potencia activa, reactiva y aparente trifásicas**

$$P_i = U_i \cdot I_i \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\varphi_i \qquad Q_i = U_i \cdot I_i \cdot \sqrt{3} \cdot \text{sen}\,\varphi_i \qquad \overline{S}_i = \overline{U}_i \cdot \overline{I}_i^{*} \cdot \sqrt{3} = (P_i + jQ_i)$$

$$P_1 = S_i \cdot \cos\varphi_i \qquad Q_1 = S_i \cdot \text{sen}\,\varphi_i \qquad S_1 = \frac{P_i}{tag\varphi_i}$$

- **Impedancia, reactancia inductiva, y ángulo total de un sistema de potencia.**

$$\overline{Z}_i = (R_i + jX_i) = Z_i \angle\varphi_i \qquad X_{TRi} = \frac{U_{ni}^2}{S_{ni}} \varepsilon_{XCCni} \qquad \varphi_i = \varphi_{\overline{U}i} - \varphi_{\overline{I}i} = \varphi_{\overline{S}i}$$

- **Intensidad al final de línea, tensión de fase, tensión al inicio de línea y rendimiento total de un sistema de potencia**

$$\overline{I}_i = \frac{P_i}{U_i \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\varphi_i} \angle(\varphi_{\overline{U}i} - \varphi_{\overline{I}i}) \qquad \overline{V}_i = \frac{\overline{U}_i}{\sqrt{3}} \qquad \overline{V}_1 = \overline{V}_2 + \overline{Z}_{12} \cdot \overline{I}_{12} \qquad \eta = \frac{P_{SALIDA}}{P_{ENTRADA}} 100$$

- **Fórmula para obtener el módulo de la tensión al final de línea conocidos: la tensión al inicio de línea, las potencias finales de línea y la impedancia de la línea.**

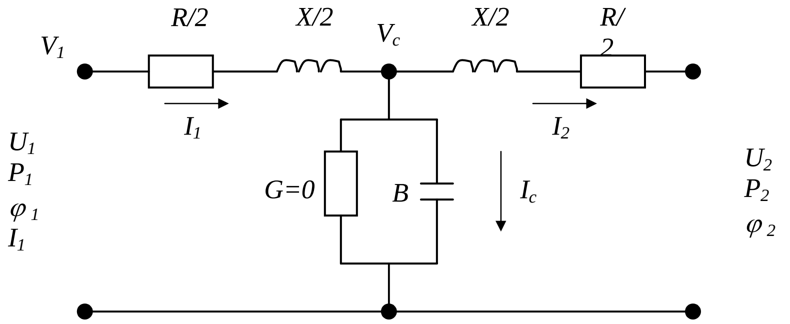
$$U_2^4 + \left[2 \cdot (R_{12} \cdot P_2 + X_{12} \cdot Q_2) - U_1^2\right] U_2^2 + (Z_{12} \cdot S_2)^2 = 0$$

- **Compensación de energía reactiva. Diversas fórmulas para su obtención, conocidas las tensiones de la zona a compensar, así como la potencia total activa y las impedancias.**

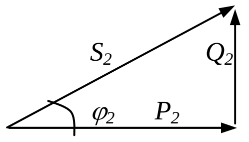
$$Q_{2-NUEVA} = -Kq \pm \sqrt{K^2 - (P_2 + Kp)^2} \qquad Q_{COMP} = (Q_{2-NUEVA} - Q_{2-ANTIGUA})$$

$$K = \frac{U_1 \cdot U_2}{Z_{12}} \qquad K = \frac{U_2^2}{Z_{12}} \cos\varphi_{\overline{Z}12} \qquad K = \frac{U_2^2}{Z_{12}} \text{sen}\,\varphi_{\overline{Z}12} \qquad X_{COMP} = \frac{U_i^2}{Q_{COMP}} \qquad C_{COMP} = \frac{1}{X_{COMP} \cdot 2 \cdot \pi \cdot f}$$

Método del circuito equivalente en "T".



- **Régimen en carga y vacío**



$P_2 = S_2 \cdot \cos\varphi_2$ siendo $P_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\varphi_2$

$Q_2 = S_2 \cdot \text{sen}\,\varphi_2$ siendo $Q_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \sqrt{3} \cdot \text{sen}\,\varphi_2$

$\overline{S}_2 = \dfrac{P_2}{\cos\varphi_2}$ siendo $\overline{S}_2 = \overline{U}_2 \cdot \overline{I}_2^{*} \cdot \sqrt{3} = (P_2 + jQ_2)$

Otras fórmulas importantes son: $\varphi_2 = \varphi_{V2} - \varphi_{I2}$ $\overline{I}_2 = \dfrac{P_2}{U_2 \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\varphi_2} (\varphi_{v2} - \varphi_2$

Las fórmulas específicas del circuito equivalente en "T" (ver figura), son:

$$\overline{V}_C = \overline{V}_2 + \frac{\overline{Z}_{Linea}}{2} \cdot \overline{I}_2 \qquad \overline{I}_C = \overline{B} \cdot \overline{Vc} \qquad \overline{I}_1 = \overline{Ic} + \overline{I}_2 \qquad \overline{V}_1 = \overline{Vc} + \frac{\overline{Z}_{Línea}}{2} \overline{I}_1$$

Y recordando que: $\overline{I}_{1L} = \overline{I}_{1Fase}$ la tensión es: $\overline{U}_{1L} = \overline{V}_{1Fase} \cdot \sqrt{3}$ y el ángulo inicial es: $\varphi_1 = \varphi_{U1} - \varphi_{I1}$

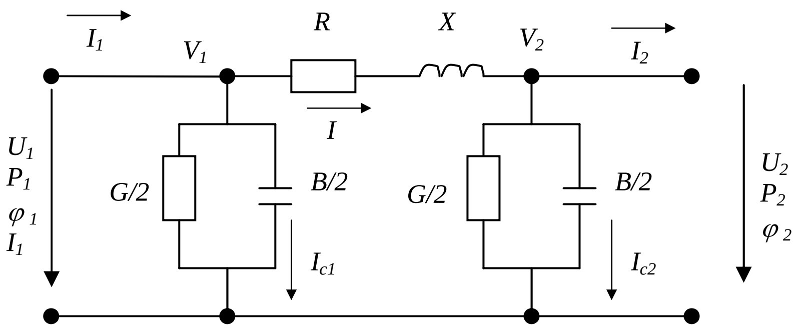
Conocidos la tensión, intensidad y ángulo inicial podremos hallar las potencias iniciales:

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\varphi_1 \qquad Q_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \sqrt{3} \cdot \text{sen}\,\varphi_1 \qquad \overline{S}_1 = \overline{I}_1^{*} \cdot \overline{U}_1 \cdot \sqrt{3} = (P_1 + jQ_1)$$

Finalmente la caída de tensión, la pérdida de potencia y el rendimiento del sistema serán:

$$\Delta U = \frac{U_1 - U_2}{U_1} 100 \qquad \Delta P = \frac{P_1 - P_2}{P_1} 100 \qquad \eta = \frac{P_2}{P_1} 100$$

Método del circuito equivalente en Π.



- **Régimen en carga y vacío.**

Las fórmulas específicas del circuito equivalente en "Π" (ver figura), son:

$$\overline{I}_{C2} = \overline{V}_2 \cdot \frac{\overline{B}}{2} \qquad \overline{I} = \overline{I}_{C2} + \overline{I}_2 \qquad \overline{V}_1 = \overline{V}_2 + (R_L + jX_L) \cdot \overline{I} \qquad \overline{I}_{C1} = \overline{V}_1 \cdot \frac{\overline{B}}{2}$$

Al principio de línea tendremos:

$$\overline{V}_1 = \overline{V}_2 + (R_L + jX_L)\cdot\overline{I} \qquad \overline{I}_{C1} = \overline{V}_1\cdot\frac{\overline{B}}{2} \qquad \overline{I}_1 = \overline{I}_{C1} + \overline{I}$$

Y recordando que: $\overline{I}_{1L} = \overline{I}_{1Fase}$ la tensión es: $\overline{U}_{1L} = \overline{V}_{1Fase}\cdot\sqrt{3}$ y el ángulo inicial es: $\varphi_1 = \varphi_{U1} - \varphi_{I1}$

Conocidos la tensión, la intensidad y ángulo inicial podremos hallar las potencias iniciales:

$$P_1 = U_1\cdot I_1\cdot\sqrt{3}\cdot\cos\varphi_1 \qquad Q_1 = U_1\cdot I_1\cdot\sqrt{3}\cdot\operatorname{sen}\varphi_1 \qquad \overline{S}_1 = \overline{I}_1^{*}\cdot\overline{U}_1\cdot\sqrt{3} = (P_1 + jQ_1)$$

Finalmente la caída de tensión, la pérdida de potencia y el rendimiento del sistema serán:

$$\Delta U = \frac{U_1 - U_2}{U_1}100 \qquad \Delta P = \frac{P_1 - P_2}{P_1}100 \qquad \eta = \frac{P_2}{P_1}100$$