

TEMA 1: INTRODUCCIÓN.

SISTEMA ELÉCTRICO.

Conjunto de instalaciones que se encarga de generar, transportar y distribuir energía eléctrica hasta los usuarios.

Rendimiento motor técnica 38-40%.

- Es una energía limpia en su uso.
- Relativamente fácil de generar. transportar.
- Bien rendimiento.

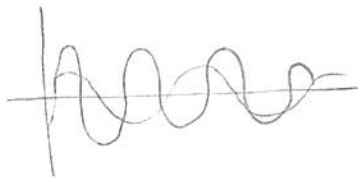
SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA.

Son los que se encargan de transportar y distribuir hasta los usuarios.

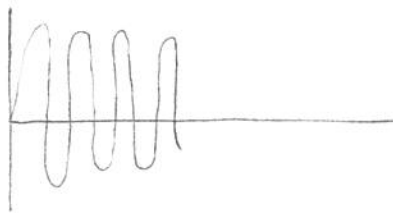
MOTORES MECÁNICOS

- tienen un rendimiento muy malo.

como señal



Potencia instantánea.



la parte positiva no tiene por que ser igual que la negativa.

En un momento teórica la potencia instantánea puede ser

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

principal receptor de energía eléctrica → MOTORES, (MECÁNICOS), etc.

Cartagena99

- Sistema eléctrico fiable → sin cortes de suministro (servicio siempre continuo). Interrupciones largas 1 min.
- Calidad del suministro eléctrico. Hace referencia a todas las perturbaciones que se pueden producir: forma de onda, la amplitud o el valor eficaz, la frecuencia y la simetría del sistema. (Parámetros a vigilar).

Microred → ~~aprovecha~~^{Producen} y consumen su energía. Pequeños generadores, mayor parte renovables, conectados a red pero pueden ser autónomos.

Línea de muy alta tensión → L (Inductancia).

Línea baja tensión → R (Resistencia)

Inconvenientes:

- Los usuarios están muy dispersos y no consumen de forma continua.
- No se puede almacenar la energía.

NIVEL DE GENERACIÓN.

Constituido por generadores de energía eléctrica:

- Generadores síncronos situados en los grandes ^{sistemas} ~~instalaciones~~ de generación: térmicas (fósiles y nucleares) y eléctricas.
- Generadores asíncronos.
- Elevadores de tensión.

NIVEL DE TRANSPORTE.

Constituido por grandes líneas eléctricas que parten de las centrales (trabajan en M.A.T. → 132, 230 y 400 kV).

• M.A.T.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

TEMA 2: MODELOS DE LÍNEAS.

PARÁMETROS LONGITUDINALES.

- EFECTO PELICULAR: Trabajando en alterna, aumentando la frecuencia la corriente se focaliza hacia la película exterior del conductor y el centro (el interior) se queda sin corriente.
 - a altas frecuencias no podemos transmitir la señal mediante conductores metálicos porque la impedancia es mayor que la del propio aire. (en telecomunicaciones, la señal va por el aire o por fibra óptica).
- INDUCTANCIA: efecto inductivo. En una línea aérea tendemos como una gran espira inductiva.
- RESISTENCIA.

PARÁMETROS TRANSVERSALES: entre el conductor y el suelo

- CAPACIDADES (EFECTOS CAPACITIVOS): es muy superior en los cables que en las líneas aéreas.
- CONDUCTANCIA: Resistencia (pérdido de potencia activa) transversal, es debido a el efecto corona (pérdidos de potencia activa, calentamiento) y por los aislamientos imperfectos (en los aisladores o en los cables)

DIFERENTES MODELOS DE LÍNEAS. INTRODUCCIÓN.

1. CONCENTRADOS: los anteriores parámetros se encuentran concentrados en un punto concreto en la línea.
2. DISTRIBUIDOS: los parámetros se distribuyen a lo largo

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

f → frecuencia señal

la velocidad de la onda es muy próxima a la de la luz.

$$\lambda = \frac{v}{f} \ll \ell \text{ (longitud de línea)} \Rightarrow \text{Parámetros concentrados (sin incluir errores importantes)}$$

si no es el caso, trabajaremos con parámetros distribuidos.

Trabajando con frecuencias de $f = 50\text{Hz}$.

a) líneas largas $\ell = 150\text{km}$, modelizaremos la línea mediante parámetros distribuidos.

b) líneas intermedias. $\ell = [30, 150]\text{km}$, modelos con parámetros concentrados. (Prescindimos de la conductancia).

c) líneas cortas $\ell < 30\text{km}$, parámetros concentrados simplificados (se prescindirá de algún parámetro) [No se utilizan los transversales]

En líneas cortas, A.T., prescindimos de la R frente a la inductancia

En instalaciones de B.T., despreciaremos la inductancia y se representará la línea mediante la R .

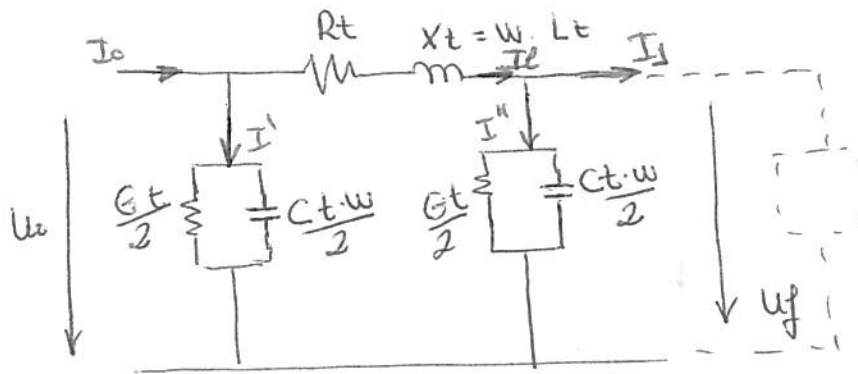
En líneas con una frecuencia mucho mayor de $f = 10\text{MHz}$ (cuando cae un rayo, por ejemplo) la longitud sigue siendo la misma pero, debido a la variación de frecuencia en la línea, λ es mucho menor. Se debe utilizar un modelo de reducción de parámetros distribuidos.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

solo en la entrada de la línea.



Se busca una relación matricial entre los parámetros iniciales y finales.

Aplicamos la 2ª ley de Kirchhoff:

$$\text{NUDO INICIAL: } U_o = U_f + Z_t \cdot I_l \quad (1)$$

$$\text{NUDO FINAL: } I_l = I_f + I'' = I_f + U_f \cdot \frac{1}{2} Y_t \quad (2)$$

$$\begin{cases} Y_t = G_t + j\omega C_t \\ Z_t = R_t + jX_t \end{cases}$$

$$I_o = I' + I_l \quad (3)$$

$$U_o = U_f + \left(I_f + U_f \cdot \frac{Y_t}{2} \right) \cdot Z_t = Z_t \cdot I_f + U_f \cdot \left(1 + \frac{Z_t \cdot Y_t}{2} \right)$$

$$\begin{aligned} (3) \quad I_o &= \underbrace{U_o \frac{1}{2} \cdot Y_t}_{I'} + I_f + U_f \cdot \frac{Y_t}{2} = I_f \cdot \frac{Y_t \cdot Z_t}{2} + U_f \left(\frac{Z_t \cdot Y_t^2}{4} + \frac{Y_t}{2} \right) + \\ &+ I_f + U_f \cdot \frac{Y_t}{2} = I_f \left(1 + \frac{Z_t \cdot Y_t}{2} \right) + U_f \left(\frac{Z_t \cdot Y_t^2}{4} + Y_t \right) \end{aligned}$$

lo ponemos en forma matricial:

$$\begin{bmatrix} U_o \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_f \end{bmatrix}$$

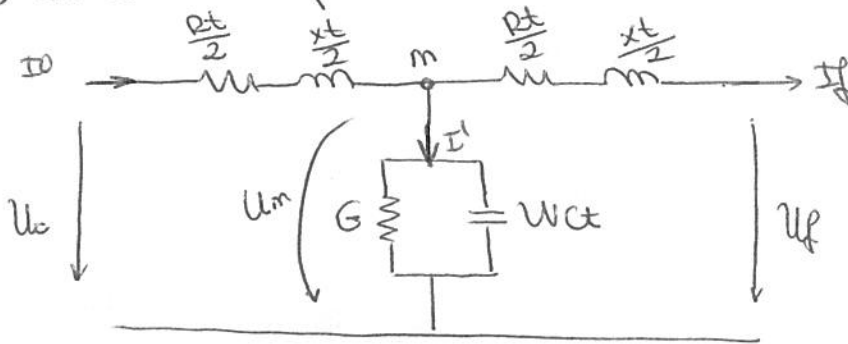
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

en el modelo π .

Cartagena99

- MODELO EN T. Separar los longitudinales y dejar los transversales en un único punto.



$$U_0 = U_f + I_0 \left(\frac{1}{2} Z_t \right) + I_f \left(\frac{1}{2} Z_t \right)$$

$$I_0 = I_f + \underbrace{U_m \cdot Y_t}_{I'} = I_f + (U_f + I_f \cdot \frac{1}{2} Z_t) \cdot Y_t$$

$$\begin{aligned} U_0 &= U_f + \frac{1}{2} Z_t \left(I_f + U_f Y_t + \frac{1}{2} I_f Y_t Z_t \right) + \frac{1}{2} Z_t \cdot I_f = \\ &= U_f \left(1 + \frac{1}{2} Z_t Y_t \right) + I_f \left(\frac{1}{2} Z_t + \frac{1}{2} Z_t + \frac{1}{4} Y_t \cdot Z_t^2 \right) = \\ &= U_f \left(1 + \frac{Z_t \cdot Y_t}{2} \right) + I_f \left(Z_t + \frac{Z_t^2 \cdot Y_t}{4} \right) \end{aligned}$$

$$I_0 = U_f \cdot Y_t + I_f \left(1 + \frac{Z_t \cdot Y_t}{2} \right)$$

$$\begin{bmatrix} U_0 \\ I_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_f \\ I_f \end{bmatrix}$$

$$A = \frac{Z_t \cdot Y_t}{2} + 1$$

$$B = \frac{Z_t^2 \cdot Y_t}{4} + Z_t$$

$$C = Y_t$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Se dispone una línea trifásica de 220V al final de línea.
 Con una longitud de 100km , y tiene los siguientes parámetros:

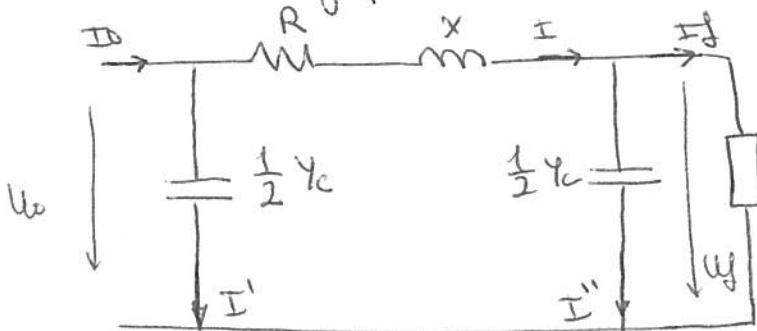
$$R = 0,072 \ \Omega/\text{km}$$

$$x_f = 0,42 \ \Omega/\text{km}$$

$$Y_c = 2,64 \cdot 10^{-6} \ \text{S}/\text{km}$$

La línea alimenta una carga con una potencia de 75MVA
 al final de la línea ($S_f = 75\text{MVA}$) con un $\cos \varphi = 0,8$

Trabajando con un modelo en π , calcúlese todo. (Tensión,
 intensidad y potencias en cabecera de π).



$$U_f = \frac{220}{\sqrt{3}} \cdot 10^3 \angle 0^\circ$$

Calculamos la intensidad:

$$I_f = \frac{S_f}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{75 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 10^3} = 196,8 \text{ A } \angle -36,87^\circ$$

$$I'' = j \frac{1}{2} Y_c \cdot U_f = 16,77 \angle 90^\circ \text{ A}$$

$$I_L = I_f + I'' = 187,18 \angle -32^\circ$$

$$\Delta U = I_L (R + jx) = 5388 + j 5881 \text{ V}$$

$$U_0 = U_f + \Delta U = 132,5 \cdot 10^3 \angle 21,5^\circ \text{ V} \rightarrow \text{Está adelantado. la ener-}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

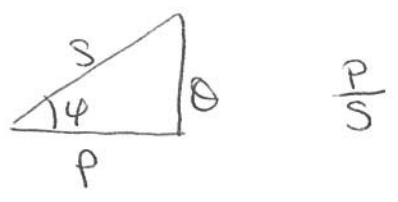
$$S_0 = U_0 \cdot I_0^* = 20243 + j 12017 \text{ KVA}$$

$$P_0 = (\text{POTENCIA ACTIVA}) = 3 \cdot 20243 = 60730 \text{ KW} \quad \rightarrow \text{TRIFÁSICO}$$

$$Q_0 = 3 \cdot 12017 = 36051 \text{ KVA}$$

$$S_0 = 70600 \text{ KVA}$$

$$\cos \phi_0 = (\text{FACTOR DE POTENCIA}) = \frac{P_0}{S_0} = 0,86$$



Cálculo de potencia de las pérdidas de activa:

$$\Delta P = P_0 - P_f = 60730 - 75 \cdot 10^3 \cdot 0,8 = 730 \text{ KW} \quad (\text{FORMA DIRECTA})$$

$$\Delta P = 3 \cdot R \cdot I^2 = 3 \cdot 0,072 \text{ } \Omega/\text{km} \times 100 \text{ km} \times 187,18 = 756,785 \text{ KW} \quad (\text{OTRA FORMA})$$

$$\text{Porcentaje de error} = \frac{756,785 - 730}{756,785} = 3,4\% \quad (\text{Pequeño})$$

→ Suponemos que la R recibe toda la intensidad total, pero en la realidad no es así. La I de entrada es menor a la I de salida. La intensidad se va dispersando.

* Tensión del FASE de cabecera (U_0). Aplicar el método matricial aplicado anteriormente:

$$\begin{bmatrix} U_0 \\ I_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_f \\ I_f \end{bmatrix}$$

$$U_0 = A \cdot U_f + B \cdot I_f$$



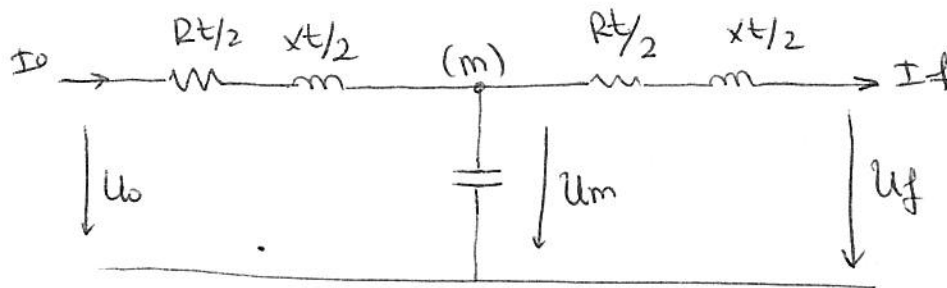
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

$$I_f = 157,4 - 118,1j$$

A partir del esquema, demostrar que cuando la línea está trabajando en vacío se cumple:

$$\frac{U_f}{U_0} \approx \frac{1}{1 - \frac{1}{2} \omega^2 L_t \cdot C_t}$$

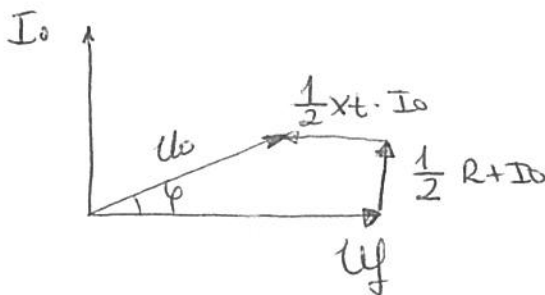


$$U_0 = U_f + I_0 \left(\frac{1}{2} Z_t \right) + I_f \frac{1}{2} Z_t \quad \text{* línea trabajando en VACÍO!!!}$$

$$I_0 = I_f + (U_f + I_f \cdot \frac{1}{2} Z_t) Y_t$$

$$U_0 = U_f + I_0 \cdot \left(\frac{R_t}{2} + j \frac{X_t}{2} \right)$$

$$I_0 = U_f \cdot Y_t$$



En vacío se produce:

$$U_0 < U_f$$

Al final de la línea habrá más corriente (sobretensión)
"EFECTO FERRANTI"

$$U_0 \approx U_f - \frac{1}{2} x_t \cdot I_0 = U_f - \frac{1}{2} \omega L_t (U_f \cdot \omega \cdot C_t)$$

$$U_0 \approx U_f - \frac{1}{2} U_f \cdot \omega^2 \cdot L_t \cdot C_t = U_f \left(1 - \frac{1}{2} \omega^2 \cdot L_t \cdot C_t \right)$$

U_f

1

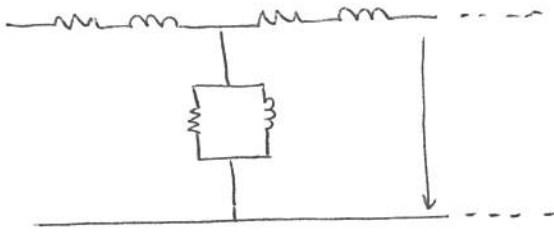
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

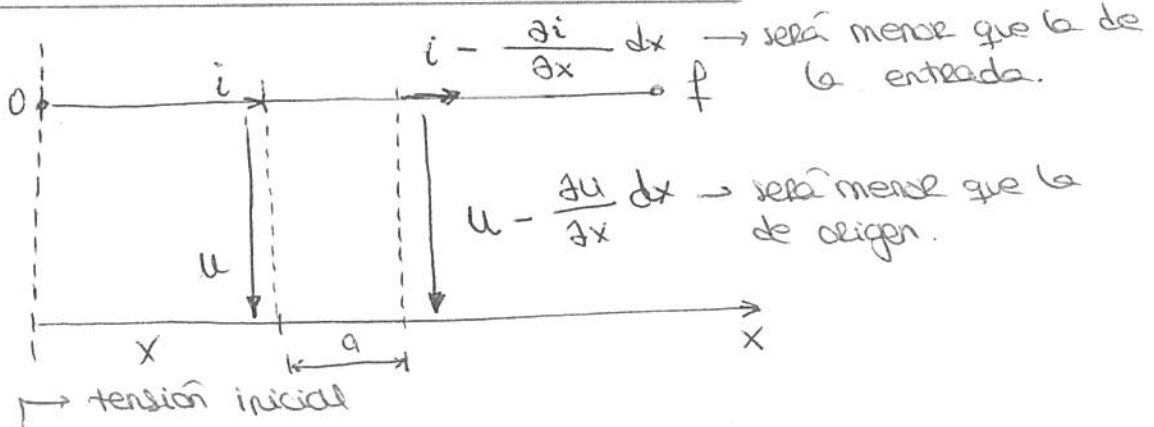
Cartagena99

(la p es despreciable)

- YUSTARPOSICIÓN DE CUADRIPOLOS. Se divide en una infinidad de cuadeipolos



- MODELOS CON PARÁMETROS DISTRIBUIDOS.



$u(t,x)$ / $i(t,x)$ } Son en función de la separación de la línea.

↳ intensidad entrada

$$-\frac{\partial u}{\partial x} dx = R dx \cdot i + L dx \frac{\partial i}{\partial t}$$

(CAIDA DE LA TENSION EN UNA R y en UNA L).

$$-\frac{\partial i}{\partial x} dx = G \cdot u dx + C \cdot dx \frac{\partial u}{\partial t}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} -\frac{\partial u}{\partial x} = R i + L \frac{\partial i}{\partial t} \\ -\frac{\partial i}{\partial x} = G \cdot u + C \frac{\partial u}{\partial t} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Líneas ideales.} \\ \text{[Ec. Dif. de 1er ORDEN DE LA LÍNEA.]} \end{array}$$

... las relaciones a partir de dos ondas :

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

↳ velocidad de ondas / valor de la intensidad

Cartagena99

Para calcular la tensión ($Z_c \rightarrow$ impedancia característica de la línea) se resta una función a la otra multiplicada por el factor Z_c .

caída de tensión con cada "rebote" de onda en la línea. (El tiempo no es indeterminado).

Consideraremos que nuestra línea trabajará en régimen permanente (de ahora en adelante).

Dominio Frecuencial:

$$\left. \begin{aligned} -\frac{dU}{dx} &= R \cdot I + L \frac{dI}{dt} \\ -\frac{dI}{dx} &= G \cdot U + C \frac{dU}{dt} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} -\frac{dU}{dx} &= R \cdot I + j\omega L I = I \underbrace{(R + j\omega L)}_Z \\ -\frac{dI}{dx} &= G \cdot U + j\omega C U = U \underbrace{(G + j\omega C)}_Y \end{aligned}$$

Sacamos la segunda derivada:

$$\rightarrow \left. \begin{aligned} \frac{d^2 U}{dx^2} &= Z \cdot Y \cdot U \\ \frac{d^2 I}{dx^2} &= Z \cdot Y \cdot I \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \text{Ec. de 2º orden de las líneas que se} \\ \text{obtienen derivando las de 1º orden.} \end{aligned} \rightarrow$$

Solución del sistema

siendo: $\underline{Z_c} = \sqrt{\frac{Z}{Y}}$ * impedancia característica.

$$\rightarrow \left. \begin{aligned} U &= U_0 \cdot \cosh \gamma x - \underline{Z_c} \cdot I_0 \cdot \sinh \gamma x \\ I &= I_0 \cdot \cosh \gamma x - \underline{Y_c} \cdot U_0 \cdot \sinh \gamma x \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \underline{Y_c} &= \frac{1}{Z_c} = \sqrt{\frac{Y}{Z}} \quad * \text{Admitancia característica} \\ \underline{\gamma} &= \sqrt{ZY} = \gamma_1 + j\gamma_2 \quad * \text{cte de propagación (nº complejo)} \\ \underline{\theta} &= \gamma \cdot l = \theta_1 + j\theta_2 \quad * \text{ángulo complejo} \end{aligned}$$

Valores de los miembros en el Impedancia/admitancia

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

$l \rightarrow$ longitud de la línea.

$\theta_1 \rightarrow$ unidades: radianes hiperbólicos.

$\theta_2 \rightarrow$ unidades: radianes circulares.

Resolveremos las ecuaciones de segundo orden homogéneas:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 u}{dx^2} &= z \cdot y \cdot u \\ \frac{d^2 I}{dx^2} &= z \cdot y \cdot I \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \frac{d^2 u}{dx^2} - z \cdot y \cdot u &= 0 \\ \frac{d^2 I}{dx^2} - z \cdot y \cdot I &= 0 \end{aligned}$$

Ecuación característica: $a^2 - z \cdot y = 0 \rightarrow a = \pm \sqrt{z \cdot y} = \pm \gamma$

SFS. $\left\{ e^{\gamma x}, e^{-\gamma x} \right\}$
(sist. fundamental de soluciones)

$$\left. \begin{aligned} u &= k_1 \cdot e^{\gamma x} + k_2 \cdot e^{-\gamma x} \\ I &= k'_1 \cdot e^{\gamma x} + k'_2 \cdot e^{-\gamma x} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \frac{A+B}{2} &= k_1 \\ \frac{A-B}{2} &= k_2 \\ \frac{C+D}{2} &= k'_1 \\ \frac{C-D}{2} &= k'_2 \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} u &= A \frac{e^{\gamma x} + e^{-\gamma x}}{2} + B \frac{e^{\gamma x} - e^{-\gamma x}}{2} \\ I &= C \frac{e^{\gamma x} + e^{-\gamma x}}{2} + D \frac{e^{\gamma x} - e^{-\gamma x}}{2} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \cosh \gamma x & & \sinh \gamma x \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} u &= A \cdot \cosh \gamma x + B \cdot \sinh \gamma x \\ I &= C \cdot \cosh \gamma x + D \cdot \sinh \gamma x \end{aligned} \right\}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

$$x=0 \rightarrow \left. \begin{array}{l} \cosh(\gamma 0) = 1 \\ \sinh(\gamma 0) = 0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} U|_{x=0} = A \\ I|_{x=0} = C \end{array} \left. \begin{array}{l} A = U_0 \\ C = I_0 \end{array} \right\}$$

valores de las
fuerzas en el origen
de la línea.

$$\left. \begin{array}{l} U = U_0 \cdot \cosh \gamma x + B \cdot \sinh \gamma x \\ I = I_0 \cdot \cosh \gamma x + D \cdot \sinh \gamma x \end{array} \right\}$$

$$\frac{dU}{dx} = (-I \cdot Z) = \gamma \cdot U_0 \cdot \sinh \gamma x + \gamma \cdot B \cdot \cosh \gamma x$$

$$\frac{dI}{dx} = (-U \cdot Y) = \gamma \cdot I_0 \cdot \sinh \gamma x + \gamma \cdot D \cdot \cosh \gamma x$$

Particularizamos $\frac{dU}{dx}$ y $\frac{dI}{dx} =$

$$\frac{dU}{dx} \Big|_{x=0} = (-I_0 \cdot Z) = \gamma \cdot B \rightarrow B = -\frac{I_0 \cdot Z}{\gamma}$$

$$B = -\frac{I_0 \cdot Z}{\sqrt{Z} \cdot \sqrt{Y}} = -I_0 \sqrt{\frac{Z}{Y}} = -I_0 \cdot Z_c$$

$$\frac{dI}{dx} \Big|_{x=0} = (-U_0 \cdot Y) = \gamma \cdot D \rightarrow D = -\frac{U_0 \cdot Y}{\gamma}$$

$$D = -U_0 \cdot Y_c$$

Resultados:

$$U(x) = U_0 \cdot \cosh \gamma x - Z_c \cdot I_0 \cdot \sinh \gamma x$$

$$I(x) = I_0 \cdot \cosh \gamma x - Y_c \cdot U_0 \cdot \sinh \gamma x$$

Ec. hiperbólicas de la línea

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

$$x=l$$

$$\left. \begin{aligned} U_f &= U_0 \cdot \cosh \theta \cdot l - Z_c \cdot I_0 \cdot \sinh \theta \\ I_f &= I_0 \cdot \cosh \theta \cdot l - Y_c \cdot U_0 \cdot \sinh \theta \end{aligned} \right\}$$

$$\begin{bmatrix} U_f \\ I_f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A' & B' \\ C' & D' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_0 \\ I_0 \end{bmatrix} \quad \left. \vphantom{\begin{bmatrix} U_f \\ I_f \end{bmatrix}} \right\} \text{MATRIX } [P]$$

$$\begin{aligned} A' &= \cosh \theta & C' &= -Y_c \cdot \sinh \theta \\ B' &= -Z_c \cdot \sinh \theta & D' &= A' \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} U_0 \\ I_0 \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} A' & B' \\ C' & D' \end{bmatrix}}_{[P]^{-1}} \cdot \begin{bmatrix} U_f \\ I_f \end{bmatrix}$$

$$[P]^{-1} = \frac{1}{|P|} \cdot \text{adj}[P]^t$$

$$|P| = \begin{vmatrix} \cosh \theta & -Z_c \cdot \sinh \theta \\ -Y_c \cdot \sinh \theta & \cosh \theta \end{vmatrix} = \cosh^2 \theta - 1 \cdot \sinh^2 \theta = 1$$

$$[P]^t = \begin{bmatrix} \cosh \theta & -Y_c \cdot \sinh \theta \\ -Z_c \cdot \sinh \theta & \cosh \theta \end{bmatrix}$$

$$\text{adj}[P]^t = \begin{bmatrix} \cosh \theta & Z_c \cdot \sinh \theta \\ Y_c \cdot \sinh \theta & \cosh \theta \end{bmatrix}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

$[I_0] [C] [D] [I_f]$

$$A = \cosh \theta$$

$$C = Z_c \cdot \sinh \theta$$

$$B = Y_c \cdot \sinh \theta$$

$$D = A.$$

FUNCIONES HIPERBÓLICAS DE NÚMEROS COMPLEJOS:

$$\theta = \theta_1 + j\theta_2$$

$$\boxed{\cosh \theta} = \cosh \theta_1 \cdot \underbrace{\cosh j\theta_2}_{\cos \theta_2} + \sinh \theta_1 \cdot \underbrace{\sinh j\theta_2}_{j \sin \theta_2} =$$

$$= \cosh \theta_1 \cdot \cos \theta_2 + j \cdot \sinh \theta_1 \cdot \sin \theta_2$$

Magnitudes angulares;
no tienen dimensiones.

$$\boxed{\sinh \theta} = \sinh \theta_1 \cdot \underbrace{\cosh j\theta_2}_{\cos \theta_2} + \cosh \theta_1 \cdot \underbrace{\sinh j\theta_2}_{j \sin \theta_2} =$$

$$= \sinh \theta_1 \cdot \cos \theta_2 + j \cosh \theta_1 \cdot \sin \theta_2$$

Línea de 320 km con los parámetros indicados a continuación:

$$Z = 0,0683 + j 0,413 \text{ } \Omega/\text{km} = 0,414 \text{ } \angle 80^\circ 30'$$

$$Y = 0,123 \cdot 10^{-6} + j \cdot 2,78 \cdot 10^{-5} \text{ S/km} = 2,78 \cdot 10^{-6} \text{ } \angle 89^\circ 29'$$

$$\frac{80^\circ 30'}{2} + \frac{89^\circ 29'}{2}$$

Calcular γ , θ , Z , λ , v

$$\gamma = \sqrt{Z \cdot Y} = \sqrt{(0,414)^2 \cdot (2,78 \cdot 10^{-6})^2} = 0,0011 \text{ } \angle 84^\circ 55' =$$

$$= \underbrace{0,0952 \cdot 10^{-3}}_{\gamma_1} + j \underbrace{1,07 \cdot 10^{-3}}_{\gamma_2} \text{ rad/circulares} \cdot \text{km}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

completa de la onda.

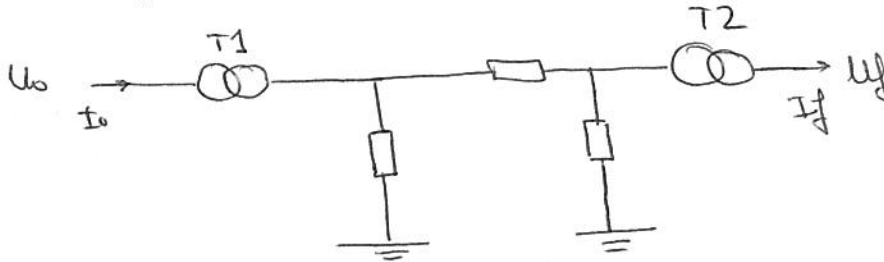
$$\lambda = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{2\pi}{1,07 \cdot 10^{-3}} = 5872 \text{ km}$$

Velocidad de propagación: $V = \lambda \cdot f = (5872) \cdot 50 = 293.600 \text{ km/s}$

↙
Muy próximas a la velocidad de la luz.

Red formada por:

(MODELO CONCENTRADO)



Línea: $l = 50 \text{ km}$, $Z = 0,1 + 0,35j \ \Omega/\text{km}$, $y = 2,64 \cdot 10^{-5} j \text{ S/km}$
(por fase)

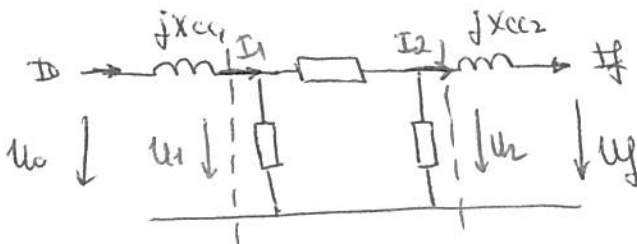
$T1 = 20/66 \text{ KV}$, 10 MVA , $\varepsilon_{cc} = 10\%$.

$T2 = 66/6,6 \text{ KV}$, 10 MVA , $\varepsilon_{cc} = 10\%$.

$U_f = 6,6 \text{ KV}$, $S_f = 7,5 \text{ MVA}$, $\cos \varphi = 0,8 \text{ ind.}$

Calcular U_0 y I_0 .

Utilizamos el diagrama de impedancias → tensión común = 66 KV.
(de la línea).



3 cuadripolos en serie al dividir la red.

en el nivel de los cuadripolos U_0 I_0 será la entrada del

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A' & B' \\ C' & D' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_2 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

2º cuadripolo.

$$\begin{bmatrix} U_2 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A'' & B'' \\ C'' & D'' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_f \\ I_f \end{bmatrix}$$

3º cuadripolo.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark blue font. The '99' is significantly larger and more prominent than the rest of the text. The logo is set against a light blue background with a white arrow pointing to the right, and a white arrow pointing to the left is positioned below the text.

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**