Nomenclatura

R [Ω]	Resistencia
C [F]	Capacitancia
L [H]	Inductancia
i [A]	Corriente
v [V]	Tensión o voltaje
w [J]	Energía almacenada
j	Unidad imaginaria
t [s]	Tiempo
LTK	Ley de Kirchhoff para la tensión
LCK	Ley de Kirchhoff para la corriente
P [W]	Potencia
$\boldsymbol{Z}$ [Ω]	Impedancia
X_C [Ω]	Reactancia capacitiva
X_L [Ω]	Reactancia inductiva
τ [s]	Constante de tiempo
α [°/s]	Factor de amortiguamiento
ω_0 [°/s]	Frecuencia natural no amortiguada
ω_d [°/s]	Frecuencia natural amortiguada

UNIDAD 1

TEORÍA ELEMENTAL DE LOS CIRCUITOS

Ley de Ohm $I = \dfrac{V}{R}$

Corriente en el capacitor $i_C = C\dfrac{dv}{dt}$

Voltaje en el inductor $v_L = L\dfrac{di}{dt}$

Potencia $P = VI$

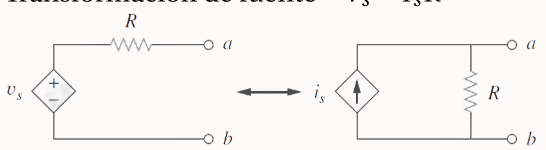
Circuito **en serie**

$$R_{eq} = \sum R_i \qquad L_{eq} = \sum L_i \qquad \frac{1}{C_{eq}} = \sum \frac{1}{C_i}$$

Circuito **en paralelo**

$$\frac{1}{R_{eq}} = \sum \frac{1}{R_i} \qquad \frac{1}{L_{eq}} = \sum \frac{1}{L_i} \qquad C_{eq} = \sum C_i$$

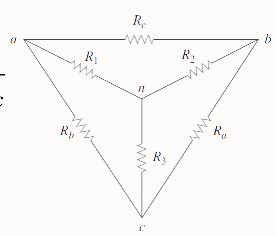
Transformación de fuente $V_s = I_s R$



Transformación Estrella-Delta

$$R_1 = \frac{R_b R_c}{R_a + R_b + R_c}$$

$$R_a = \frac{R_1R_2 + R_2R_3 + R_1R_3}{R_1}$$



Supernodo: Fuente de tensión conectada entre dos nodos de no referencia.
Superlazo: Dos lazos tienen una fuente de corriente en común.

Nomenclatura

f [1/s]	Frecuencia
ω [°/s]	Frecuencia angular
$\boldsymbol{V}$ [V]	Fasor de tensión
$\boldsymbol{I}$ [A]	Fasor de corriente
V_m [V]	Valor de tensión pico
I_m [A]	Valor de corriente pico
V_{rms} [V]	Valor de tensión eficaz
I_{rms} [A]	Valor de corriente eficaz
$p(t)$ [W]	Potencia instantánea
S [VA]	Potencia aparente
ϕ_z [°]	Ángulo de impedancia
$\Re$	Reluctancia

UNIDAD 1

FASORES

Nota: En general para fasores se aplican los métodos ya conocidos, a diferencia de que ahora se trabajan con números complejos.

Relación **reactancias-fasores**

Reactancia	Dominio de frecuencia
$R = R$	$\boldsymbol{V} = R\boldsymbol{I}$
$X_L = j\omega L$	$\boldsymbol{V} = X_L\,\boldsymbol{I}$
$X_C = \dfrac{-j}{\omega C}$	$\boldsymbol{V} = -X_C\,\boldsymbol{I}$
Impedancia	$\boldsymbol{Z} = R + jX$
Admitancia	$\boldsymbol{Y} = \dfrac{1}{\boldsymbol{Z}} = G + jB$

$$G = \frac{R}{R^2 + X^2} \quad B = \frac{-X}{R^2 + X^2} \quad X = X_L - X_C$$

Leyes en **dominio frecuencial** (fasorial)

Kirchhoff LTK $\sum \boldsymbol{V} = 0$

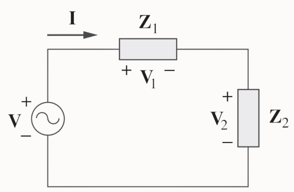
Kirchhoff LCK $\sum \boldsymbol{I} = 0$

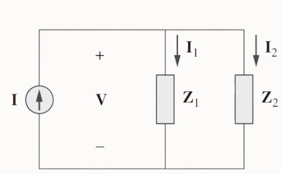
Ley de **Ohm** $\boldsymbol{V} = \boldsymbol{IZ}$

Circuitos en **serie** $\boldsymbol{Z}_{eq} = \sum \boldsymbol{Z}$

Circuitos en **paralelo** $\boldsymbol{Y}_{eq} = \dfrac{1}{\boldsymbol{Z}_{eq}} = \sum \dfrac{1}{\boldsymbol{Z}}$

Divisores de **tensión** y **corriente**





$$\boldsymbol{V}_1 = \frac{\boldsymbol{Z}_1}{\boldsymbol{Z}_1 + \boldsymbol{Z}_2}\boldsymbol{V} \qquad \boldsymbol{I}_1 = \frac{\boldsymbol{Z}_2}{\boldsymbol{Z}_1 + \boldsymbol{Z}_2}\boldsymbol{I}$$

$$\boldsymbol{V} = \sum \boldsymbol{Z}_i \boldsymbol{I}_i \qquad \boldsymbol{I} = \sum \frac{\boldsymbol{V}_i}{\boldsymbol{Z}_i}$$

Franzoi Valentin, Guardiani Franco, Polo Daiana

UNIDAD 2
RESPUESTA NATURAL

ANÁLISIS CON CORRIENTE DIRECTA

Circuitos de **primer orden**

LTK en RL $i_n(t) = Ae^{\frac{-t}{\tau}}$ donde $\tau = \frac{L}{R}$

LCK en RC $v_n(t) = Ae^{\frac{-t}{\tau}}$ donde $\tau = RC$

Circuitos de **segundo orden**

Raíces $s_{1-2} = -\alpha \pm \sqrt{\alpha^2 - \omega_0^2}$

Frecuencia angular $\omega = 2\pi f = 2\pi \frac{1}{\tau}$

Circuito RLC *en serie* (**LTK**)

$$iR + L\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\int_{-\infty}^{t} i\,dt = 0$$

$$\frac{di}{dt}R + L\frac{d^2 i}{dt^2} + \frac{i}{C} = 0$$

$$\forall t = 0 \rightarrow i(0)R + L\frac{di(0)}{dt} + V_0 = 0$$

$$\alpha = \frac{R}{2L} \qquad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \qquad \omega_d = \sqrt{\omega^2 - \alpha^2}$$

Circuito RLC *en paralelo* (**LCK**)

$$\frac{v}{R} + \frac{1}{L}\int_{-\infty}^{t} v\,dt + C\frac{dv}{dt} = 0$$

$$\frac{1}{R}\frac{dv}{dt} + \frac{1}{L}v + C\frac{d^2 v}{dt^2} = 0$$

$$\forall t = 0 \rightarrow \frac{v(0)}{R} + C\frac{dv(0)}{dt} + I_0 = 0$$

$$\alpha = \frac{1}{2RC} \qquad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \qquad \omega_d = \sqrt{\omega^2 - \alpha^2}$$

Funciones para la ED

sobre. $\alpha > \omega_0$ $f(t) = A_1 e^{s_1 t} + A_2 e^{s_2 t}$

crit. $\alpha = \omega_0$ $f(t) = (A_1 + A_2 t)e^{-\alpha t}$

sub. $\alpha < \omega_0$ $f(t) = Ae^{-\alpha t}\sin(\omega_d t + \theta)$

$s_{1-2} = -\alpha + \omega_d j$

Nota: En las ecuaciones se puede utilizar $f(t) \equiv i(t)$ ó $v(t)$ sin importar si el circuito paralelo o en serie.

UNIDAD 3
RESPUESTA FORZADA

La respuesta forzada o en *estado estable* es producida por una 'fuerza' externa, no se extingue con el tiempo.

En un capacitor $v_f = v(\infty)$

En un inductor $i_f = i(\infty)$

UNIDAD 3
RESPUESTA FORZADA

ANÁLISIS CON CORRIENTE ALTERNA

Circuitos de **primer orden**

Dominio temporal	Dominio fasorial
$v(t) = V_m cos(\omega t + \phi_v)$	$\boldsymbol{V} = V_{rms}\underline{/\phi_v}$
$i(t) = I_m cos(\omega t + \phi_i)$	$\boldsymbol{I} = I_{rms}\underline{/\phi_i}$
Circuito inductivo	$\boldsymbol{I} = I_{rms}\underline{/\phi_v - \theta}$
Circuito capacitivo	$\boldsymbol{I} = I_{rms}\underline{/\phi_v + \theta}$

$$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \qquad I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

UNIDAD 4
RESPUESTA COMPLETA

Circuitos de primer orden

$i(t) = i_f + i_n \quad = i(\infty) + [i(\infty) - i(0)]e^{\frac{-t}{\tau}}$

$v(t) = v_f + v_n \quad = v(\infty) + [v(\infty) - v(0)]e^{\frac{-t}{\tau}}$

Circuitos de segundo orden

Serie $i(t) = i_f + i_n = i(\infty) + i_n(t)$

Paralelo $v(t) = v_f + v_n = v(\infty) + v_n(t)$

Importante: Las constantes se determinan con los valores iniciales y se utiliza la función de respuesta completa.

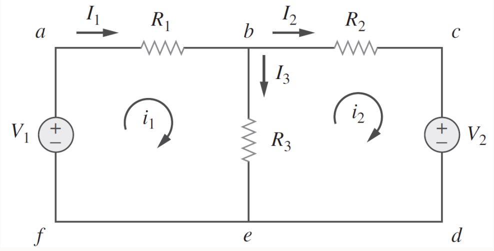
$$i(0) \quad v(0) \quad \frac{di(0)}{dt} \quad \frac{dv(0)}{dt}$$

UNIDAD 5
POTENCIA Y ENERGÍA EN CIRCUITOS MONOFÁSICOS

Potencia instantánea	$p(t) = v(t)i(t)$ v
Potencia promedio	$P = \int_0^T p(t)dt$
Factor de potencia	$fp = cos(\phi_z)$
	$\boldsymbol{Z} = \frac{V_m}{I_m}\underline{/\phi_z}$
Potencia aparente	$S = V_{rms} I_{rms}$
Potencia compleja	$\boldsymbol{S} = \boldsymbol{V} \times \boldsymbol{I}$
Potencia real	$P = \mathrm{Re}(\boldsymbol{S})$
Potencia reactiva	$Q = \mathrm{Im}(\boldsymbol{S})$

UNIDAD 6
REDES ELÉCTRICAS

Método de **mallas**
Se asigna un sentido a la corriente y se escriben las ecuaciones

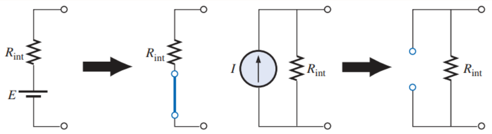


$$\begin{pmatrix} R_1+R_3 & -R_3 \\ -R_3 & R_2+R_3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} i_1 \\ i_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_1 \\ -V_2 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Método de **nodos**

Teorema de **Thevenin**
"Cualquier red de corriente directa lineal bilateral de dos terminales puede ser reemplazada por un circuito equivalente que conste de una fuente de voltaje y un resistor en serie"

Teorema de **Norton**
"Cualquier red de cd lineal bilateral de dos terminales puede ser reemplazada por un circuito equivalente que consista de una fuente de corriente y un resistor en paralelo" Teorema de **superposición**
"La corriente o el voltaje de un elemento en una red lineal bilateral es igual a la suma algebraica de las corrientes o voltajes producidos independientemente por cada fuente."



Teorema de **máxima transferencia de potencia**

UNIDAD 7
POTENCIA POLIFÁSICA

Diferencia de potencial entregada por el generador

Sistema ***ABC***

$V_{AB} = V_L\underline{/120°}$ $\quad V_{AN} = V_F\underline{/90°}$

$V_{BC} = V_L\underline{/0}$ $\quad V_{BN} = V_F\underline{/-30°}$

$V_{CA} = V_L\underline{/-120°}$ $\quad V_{CN} = V_F\underline{/-150°}$

Sistema ***CBA***

$V_{AB} = V_L\underline{/-120°}$ $\quad V_{AN} = V_F\underline{/-90°}$

$V_{BC} = V_L\underline{/0}$ $\quad V_{BN} = V_F\underline{/30°}$

$V_{CA} = V_L\underline{/120°}$ $\quad V_{CN} = V_F\underline{/150°}$

Relación de impedancias. CARGAS EQUILIBRADAS

$$Z_\triangle = 3 \cdot Z_Y$$

Relación conexión estrella-triángulo. CARGAS EQUILIBRADAS

Conexión **estrella**	Conexión **triángulo**
$V_L = \sqrt{3}V_F \quad I_L = I_F$	$V_L = V_F \quad I_L = \sqrt{3}I_F$

$$P_T = 3P_F = \sqrt{3}\cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos\phi$$

Equivalente monofásico. CARGAS EQUILIBRADAS en estrella.

$$I_L = \frac{V_F\underline{/0°}}{Z_Y\underline{/\phi}} = I_L\underline{/-\phi}$$

$$V_{fase} = V_F\underline{/\theta_F} \qquad I_{linea} = I_L\underline{/\theta_F - \phi}$$

Desplazamiento del punto neutro.
CARGAS DESEQUILIBRADAS.

$$V_{\mathrm{ON}} = \frac{V_{\mathrm{AN}}Y_{\mathrm{A}} + V_{\mathrm{BN}}Y_{\mathrm{B}} + V_{\mathrm{CN}}Y_{\mathrm{C}}}{Y_{\mathrm{A}} + Y_{\mathrm{B}} + Y_{\mathrm{C}}}$$

UNIDAD 8

CIRCUITO MAGNÉTICO

Fuerza Magnetomotriz $F_m = N \cdot I$

$F_m = H_i \cdot l_i$

Flujo magnético $\phi = B \cdot S$

Ley de Hopkinson $F_m = \phi \cdot \Re$

Densidad de flujo magnético $B = \mu H$

$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$

$$\Phi = \frac{N \cdot I}{\dfrac{l_m}{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot S}} = \frac{F_m}{\Re}$$

En CA:

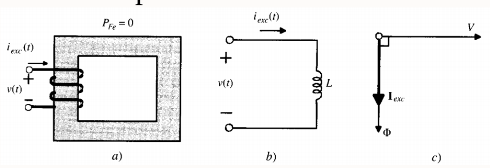
$$\Phi(t) = \Phi_{max} \cos(\omega t - 90)$$

$$\Phi_{max} = \frac{\sqrt{2} V_{ef}}{N\omega}$$

De aca podemos obtener la tension eficaz.

Circuito equivalente de una bobina con nucleo de hierro

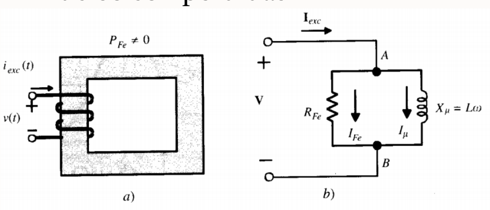
Nucleo sin perdidas

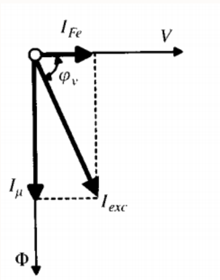


$$\Phi = \frac{F_m}{\Re} = \frac{N \cdot I_{ex}}{\dfrac{l_m}{\mu \cdot S}} = \mu \frac{N I_{ex}}{l_m} S$$

$$v = N\frac{d\Phi}{dt} = \frac{N^2 S \mu}{l_m}\frac{dI_{ex}}{dt} = L\frac{dI_{ex}}{dt}$$

Nucleo con perdidas





Mutua inductancia $M = k\sqrt{L_1 L_2}$

$k = \frac{\phi_{12}}{\phi_1} = \frac{\phi_{21}}{\phi_2}$

$L_1 = \frac{\phi_1}{i_1}$

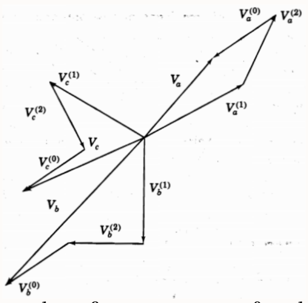
$L_2 = \frac{\phi_2}{i_2}$

Regla de los puntos para M:
"Si las dos corrientes entran o salen de las bobinas por los terminales con punto, los signos de los términos en M son los mismos que los de los términos en L. Si una entra por un terminal con punto y la otra sale por el otro terminal con punto, los signos de los términos en M son opuestos a los de L".
Análogamente: *"Si la corriente en la bobina inductora entra por el extremo punteado la tensión inducida será positiva en el extremo punteado de la bobina inducida"*

Franzoi Valentin, Guardiani Franco, Polo Daiana

Unidad nro

Componentes simétricos



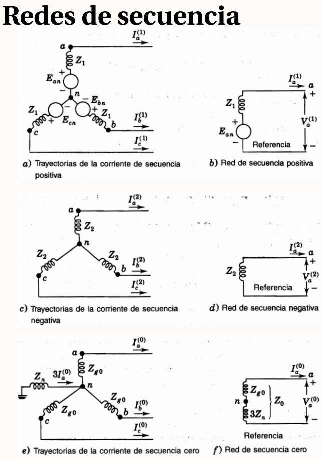
$$V_a = V_a^0 + V_a^1 + V_a^2 \qquad I_a = I_a^0 + I_a^1 + I_a^2$$
$$V_b = V_a^0 + \alpha^2 V_a^1 + \alpha V_a^2 \qquad I_b = I_a^0 + \alpha^2 I_a^1 + \alpha I_a^2$$
$$V_c = V_a^0 + \alpha V_a^1 + \alpha^2 V_a^2 \qquad I_c = I_a^0 + \alpha I_a^1 + \alpha^2 I_a^2$$

Expreso en forma matricial:

$$\begin{bmatrix} X_a \\ X_b \\ X_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \alpha^2 & \alpha \\ 1 & \alpha & \alpha^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_a^{(0)} \\ X_a^{(1)} \\ X_a^{(2)} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} X_a^{(0)} \\ X_a^{(1)} \\ X_a^{(2)} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \alpha & \alpha^2 \\ 1 & \alpha^2 & \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_a \\ X_b \\ X_c \end{bmatrix}$$

Redes de secuencia



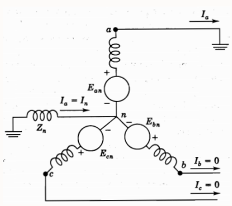
$$V_a^{(1)} = E_{an} - I_a^1.Z_1$$

$$V_a^{(2)} = 0 - I_a^2.Z_2$$

$$V_a^{(0)} = 0 - I_a^0.Z_0$$

Fallo de 1 línea a tierra

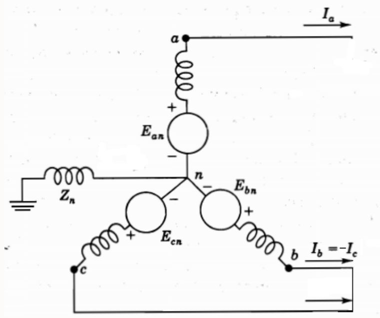
Condiciones : $I_b = I_c = 0$, $V_a = 0$



$$\boxed{I_a^0 = I_a^1 = I_a^2 = \frac{Ea}{Z_1 + Z_2 + Z_0}}$$

Fallo de linea a linea punto

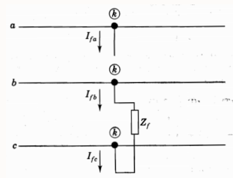
Condiciones : $I_a = 0$, $I_b = -I_c$, $V_b = V_c = 0?$



$$\boxed{I_a^1 = -I_a^2 = \frac{Ea}{Z_1 + Z_2}}$$

Fallo de linea a linea punto

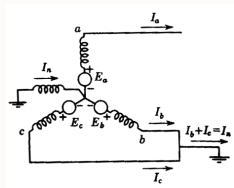
Condiciones : $I_a = 0$, $I_b = -I_c$, $V_{kb} - V_{kc} = I_{fb} Z_f$



$$\boxed{I_a^1 = -I_a^2 = \frac{Ea}{Z_1 + Z_2 + Z_f}}$$

Fallo de doble linea a tierra punto

Condiciones : $I_a = 0$, $V_b = V_c = 0$



$$\boxed{I_a^1 = \frac{Ea}{Z_1 + Z_2 || Z_0}}$$

Franzoi Valentin, Guardiani Franco, Polo Daiana