



Electrotecnia: Análisis de circuitos

Departamento de Informática y Automática
UNIVERSIDAD DE SALAMANCA





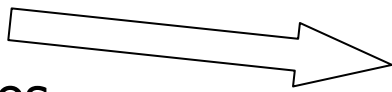
Sistemas polifásicos

✍ Sistema polifásico

- ✓ Conjunto formado por varias tensiones alternas monofásicas senoidales de la misma frecuencia desfasadas entre sí un ángulo eléctrico $\frac{2\pi}{q}$
 - ✓ q número de tensiones alternas monofásicas
- ✓ Tensiones se suponen engendradas en " q " bobinas repartidas regularmente en un circuito movido en el seno de un campo magnético estacionario a una velocidad de ω rad/s
- ✓ Si mediante estas bobinas " q " se alimentan " q " impedancias, circularán por las impedancias corrientes desfasadas

✍ Sistemas equilibrados

- ✓ En tensiones (valores eficaces de f.e.m iguales)
- ✓ En corrientes



✍ Sistemas desequilibrados

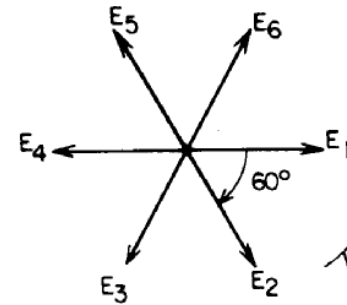
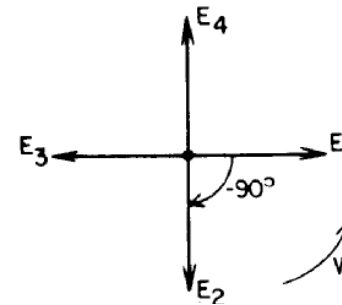
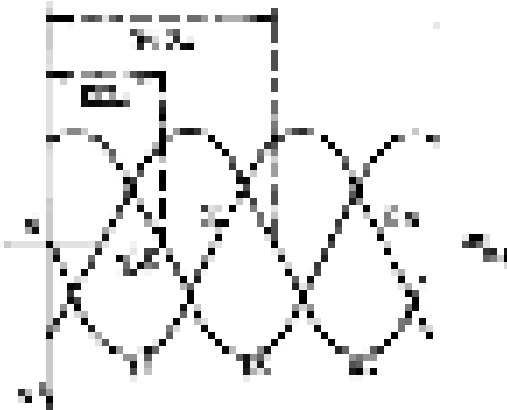
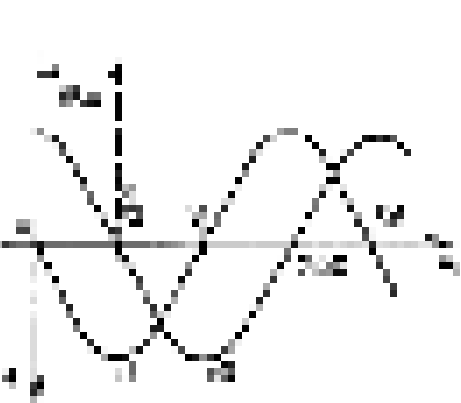
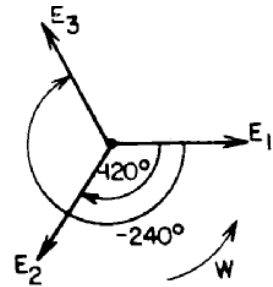
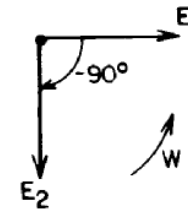
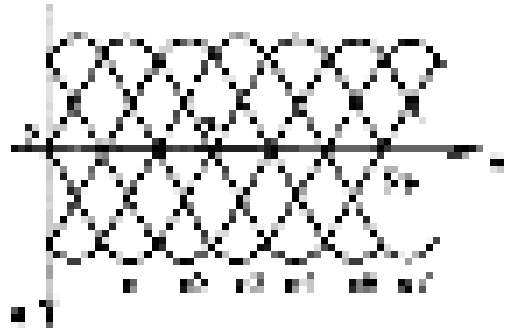
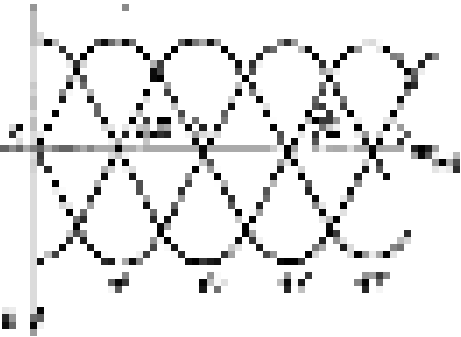
$$\left. \begin{array}{l} R_1 = R_2 = \dots = R_n \\ X_1 = X_2 = \dots = X_n \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} \varphi_1 = \varphi_2 = \dots = \varphi_n \\ I_1 = I_2 = \dots = I_n \end{array}$$



Sistemas polifásicos

Sistemas polifásicos

✓ Bifásico, trifásico, tetrafásico, hexafásico,, q-fásicos





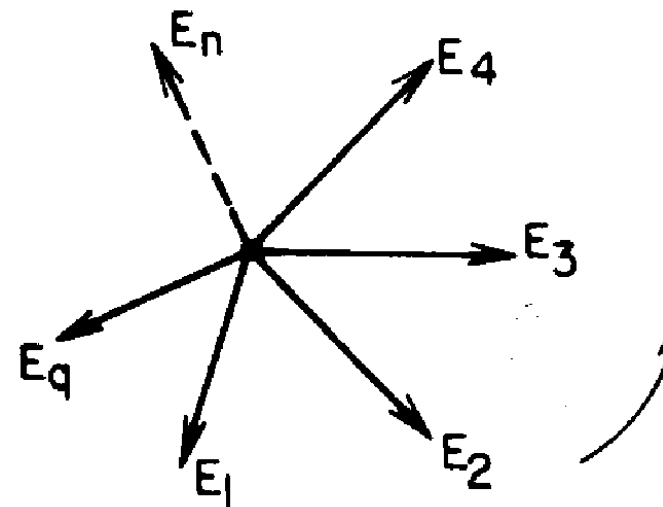
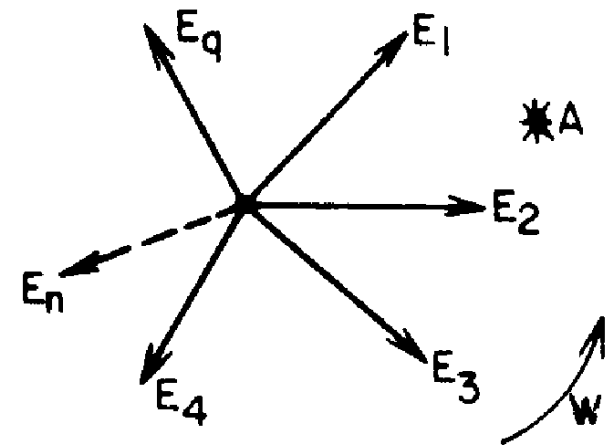
Sistemas polifásicos

✎ Fase

- ✓ Cada una de las "q" bobinas donde se engendran las f.e.m

✎ Secuencia de fase

- ✓ Orden en que se suceden las f.e.m generadas en las "q" fases
- ✓ Secuencia positiva (directa)
 - ✓ Observador situado en A ve pasar los vectores de tensión en sentido creciente al girar con velocidad ♦ en sentido contrario a las agujas del reloj
- ✓ Secuencia negativa (inversa)





Sistemas polifásicos:

Tipos de conexión

Conexión estrella

- ✓ Se unen entre sí los principios de las "q" bobinas
- ✓ Se superponen los "q" conductores de retorno pueden sustituir por uno ("hilo neutro")
- ✓ Por hilo neutro circula una corriente

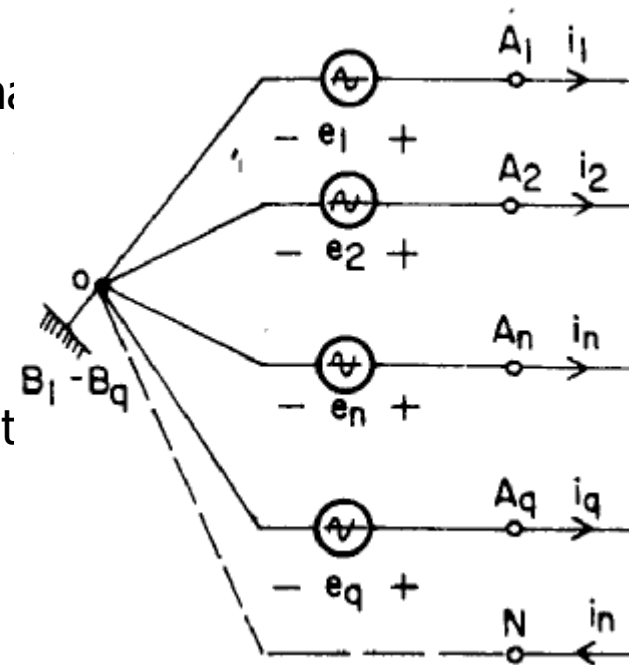
$$i_n = i_1 + i_2 + \dots + i_q$$

- ✓ En sistema equilibrado en tensión y en corriente

$$i_n = 0$$

- ✓ Punto neutro

- ✓ Punto "O" común a todas las bobinas
- ✓ Origen de potenciales





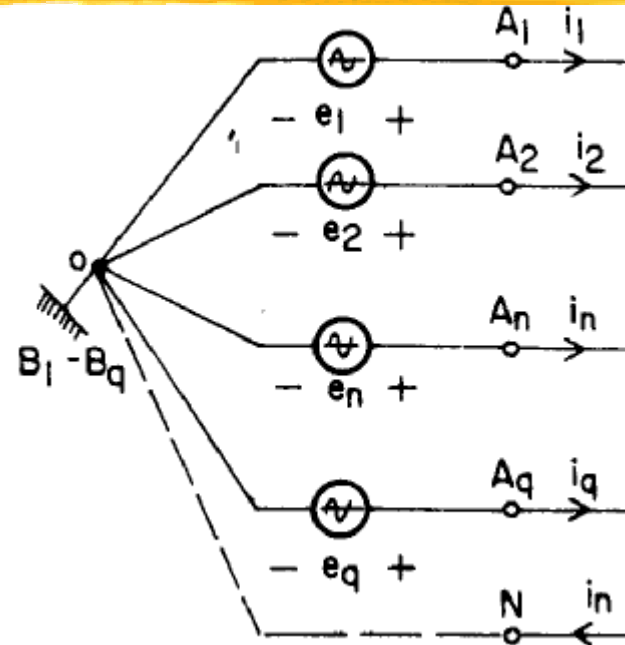
Sistemas polifásicos:

Tipos de conexión

Conexión en estrella

- ✓ Tensión de fase V_f
 - ✓ Diferencia de potencial entre cada uno de los bornes y el neutro
- ✓ Tensión de línea V_L
 - ✓ Diferencia de potencial entre dos bornes consecutivos de fase
- ✓ Corriente de fase I_f
 - ✓ Corriente que circula por las bobinas A_1-O, \dots, A_q-O
- ✓ Corriente de línea I_L
 - ✓ Corriente en los hilos de las líneas

$$I_L = I_f$$



$$\left. \begin{aligned} e_{12} &= e_1 - e_2 \\ &\vdots \\ e_{(q-1)q} &= e_{(q-1)} - e_q \end{aligned} \right\} \text{Tensiones de línea}$$



Sistemas polifásicos:

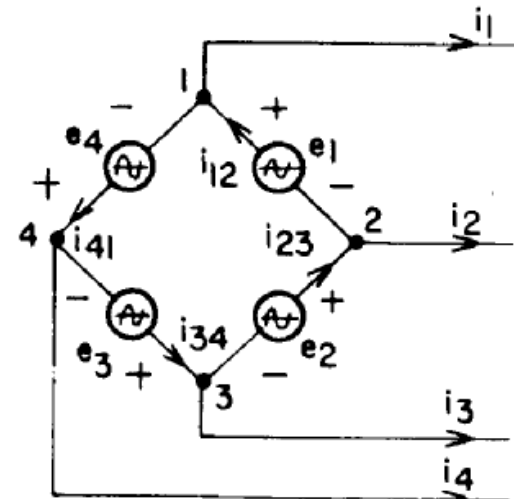
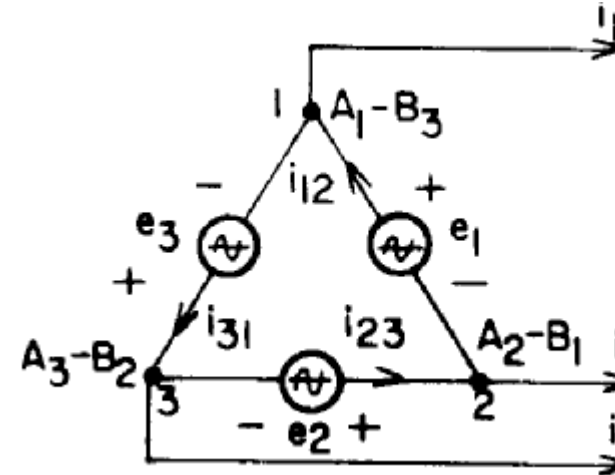
Tipos de conexión

Conexión triángulo

- ✓ Se superponen un hilo de retorno y uno de línea
- ✓ Tensión de línea V_L
 - ✓ Tensión entre dos bornes consecutivos
- ✓ Tensión de fase V_f
 - ✓ Tensión engendrada en la bobina
- ✓ Relación entre I_L y I_f

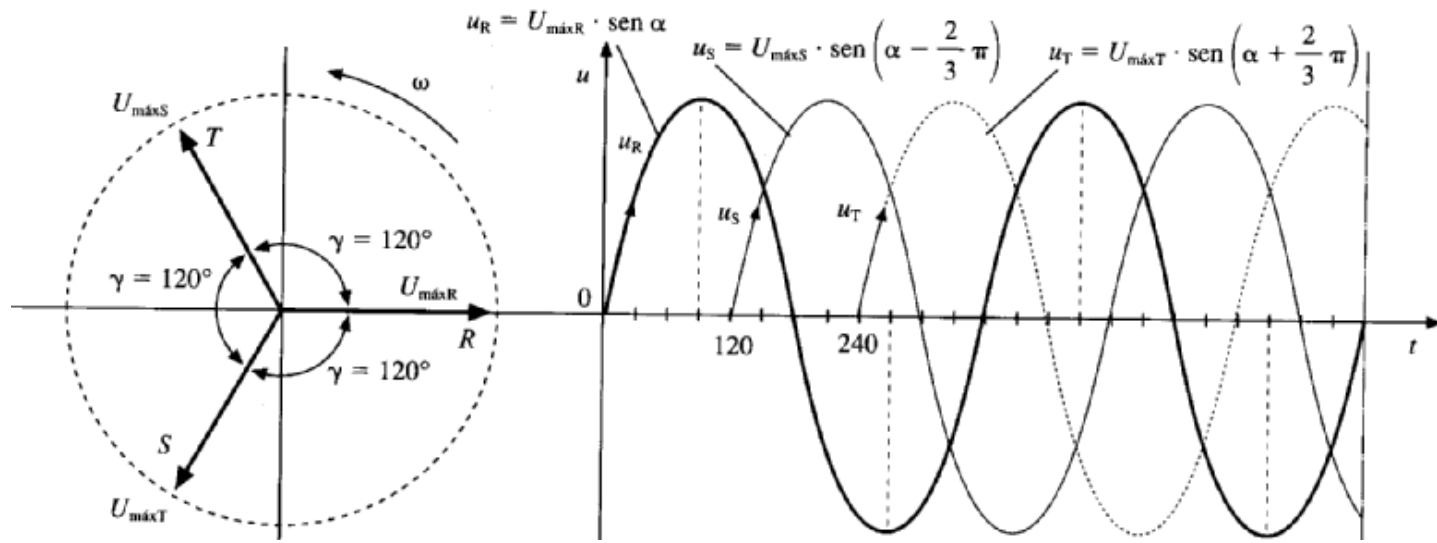
$$\left. \begin{aligned} i_1 &= i_{12} - i_{q1} \\ i_2 &= i_{23} - i_{12} \\ &\vdots \\ i_q &= e_{q1} - i_{(q-1)q} \end{aligned} \right\}$$

$$V_L = V_f$$





Sistemas trifásicos



📌 Vectores de tensión máxima desfasados 120°

$$\left. \begin{aligned} u_R &= U_{\max R} \sin \omega t \\ u_S &= U_{\max S} \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) \\ u_T &= U_{\max T} \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right) \end{aligned} \right\}$$

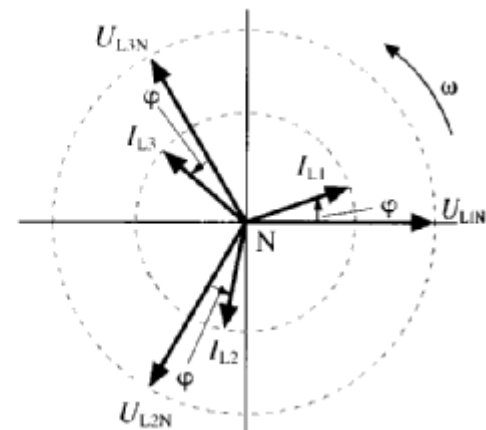
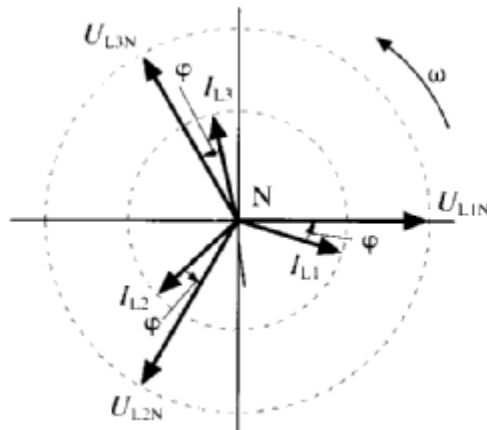
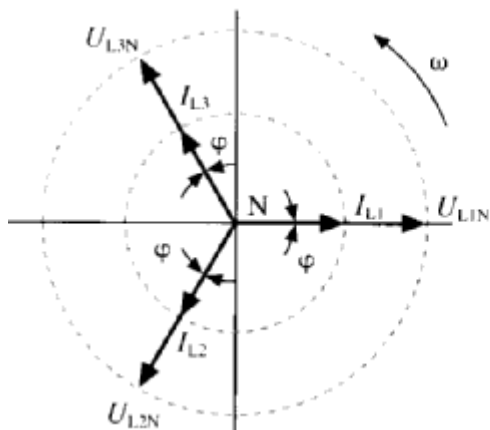
$$\begin{aligned} \vec{u}_R &= u_R \angle 0^\circ \\ \vec{u}_S &= u_S \angle -120^\circ \\ \vec{u}_T &= u_T \angle -240^\circ \end{aligned}$$



Sistemas trifásicos

✎ Sistemas equilibrados

- ✓ Igualdad de valores eficaces de tensión e intensidad en todas las fases
- ✓ Las cargas marcan el desfase entre tensiones e intensidades
 - ✓ Fijan el valor del factor de potencia

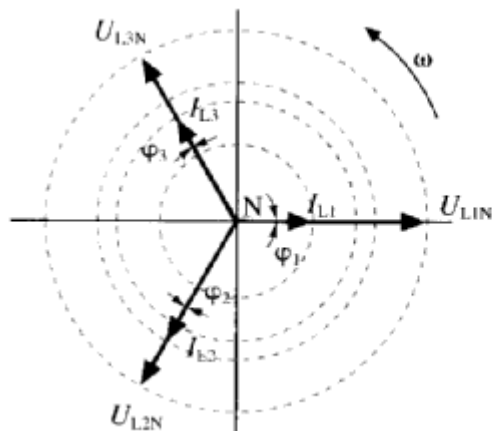




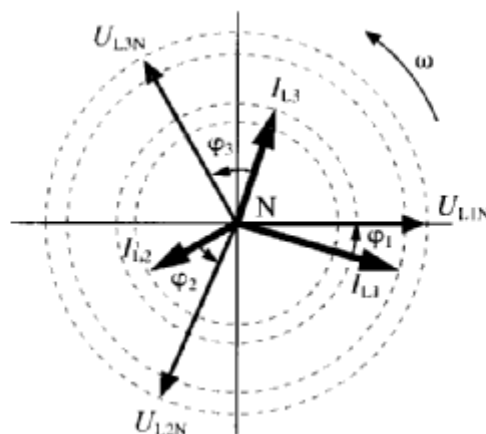
Sistemas trifásicos

✎ Sistemas desequilibrados

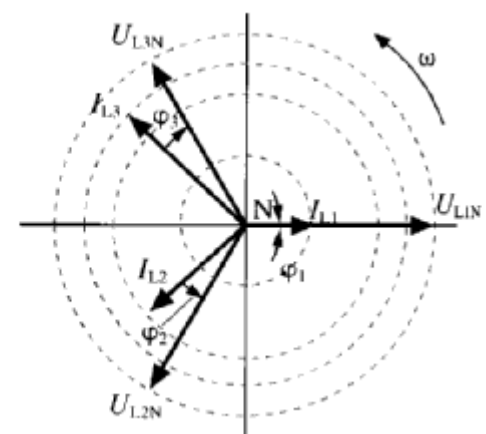
- ✓ Intensidades consumidas diferentes
 - ✓ Receptores de igual naturaleza y distinto consumo
 - ✓ Receptores de distinta naturaleza



resistivo



inductivo



Resistivo/inductivo/capacitivo



Sistemas trifásicos

Conexión en estrella

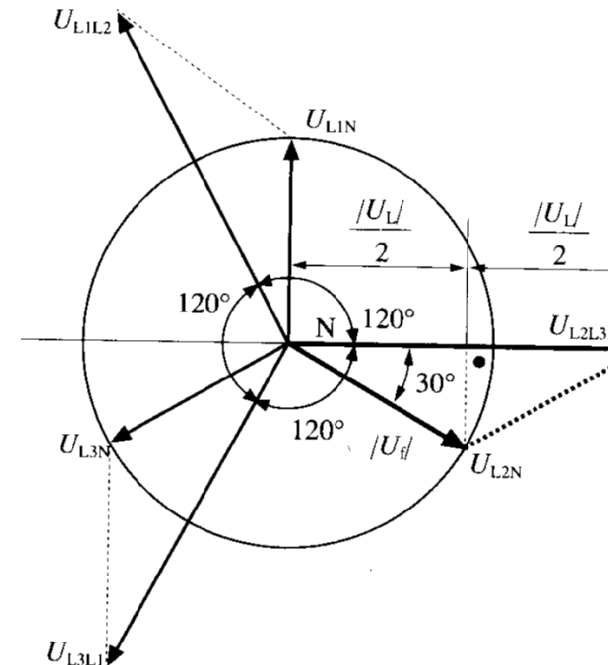
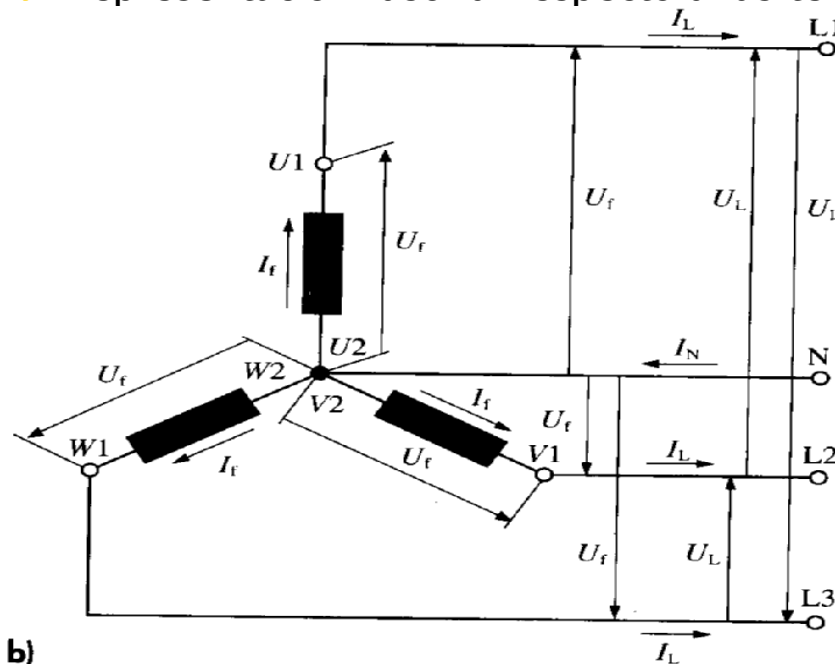
✓ Intensidad

✓ Tensión

✓ Representación fasorial respecto a las tensiones de fase

$$I_L = I_f$$

$$\frac{U_L}{2} = U_f \cos 30^\circ \Rightarrow U_L = \sqrt{3} U_f$$





Sistemas trifásicos

Conexión en triángulo

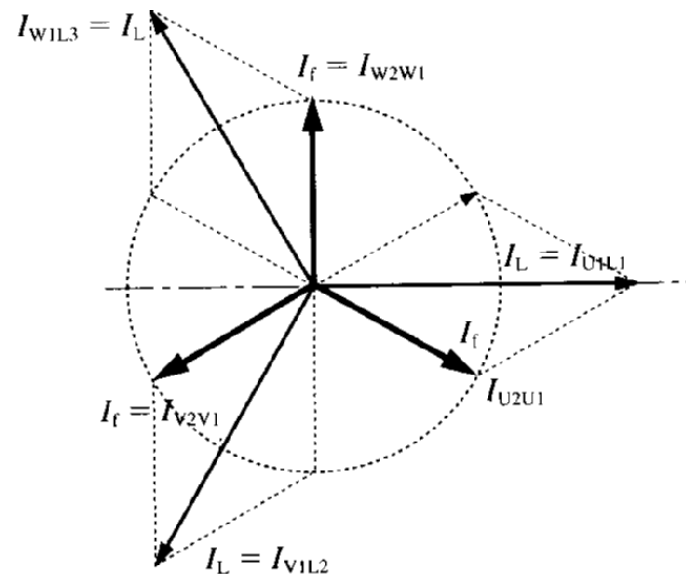
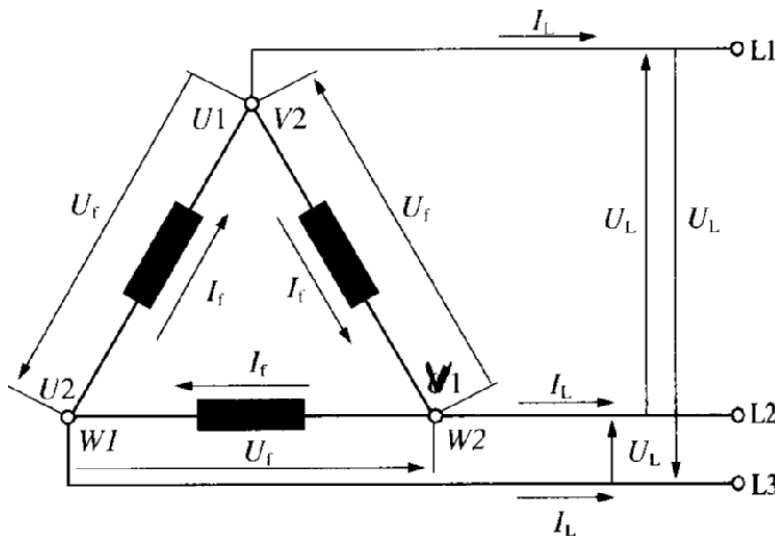
✓ Tensión

$$V_L = V_f$$

✓ Intensidad

✓ Representación fasorial respecto a las intensidades de fase

$$\frac{I_L}{2} = I_f \cos 30^\circ \Rightarrow I_L = \sqrt{3} I_f$$





Sistemas trifásicos:

Potencia

✎ Suma de potencias de fase

$$P = P_{f1} + P_{f2} + P_{f3}$$

✎ En sistemas equilibrados

$$P = 3P_f$$

✓ Potencia activa

$$P = 3U_f I_f \cos \varphi$$

✓ Potencia reactiva

$$Q = 3U_f I_f \sin \varphi$$

✓ Potencia aparente

$$S = 3U_f I_f$$

Generador (receptor)
con capacidad de
generar (consumir)
misma potencia en
estrella y triángulo

✎ Potencia en estrella

$$\left. \begin{array}{l} I_L = I_f \\ U_L = \sqrt{3}U_f \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} P = \sqrt{3}U_L I_L \cos \varphi \\ Q = \sqrt{3}U_L I_L \sin \varphi \\ S = \sqrt{3}U_L I_L \end{array} \right.$$

Potencia en triángulo

$$\left. \begin{array}{l} U_L = U_f \\ I_L = \sqrt{3}I_f \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} P = \sqrt{3}U_L I_L \cos \varphi \\ Q = \sqrt{3}U_L I_L \sin \varphi \\ S = \sqrt{3}U_L I_L \end{array} \right.$$

Distinta I_L y U_L
para la misma
potencia en las
dos conexiones



Sistemas trifásicos: Potencia

👉 Comparación de conexión estrella/ triángulo para misma tensión de red

✓ Conexión en estrella

$$\left. \begin{array}{l} I_L = I_f \\ U_L = \sqrt{3}U_f \\ S_f = \frac{U_f^2}{Z} \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} S = 3 \frac{U_L^2}{(\sqrt{3})^2 Z} \\ S = \frac{U_L^2}{Z} \end{array} \right.$$

Conexión en triángulo

$$\left. \begin{array}{l} U_L = U_f \\ I_L = \sqrt{3}I_f \\ S_f = \frac{U_f^2}{Z} \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ S = 3 \frac{U_L^2}{Z} \right.$$

Si $U_L = \text{constante}$

Potencia absorbida en triángulo = 3 Potencia absorbida en estrella



Sistemas trifásicos: Cargas equivalentes

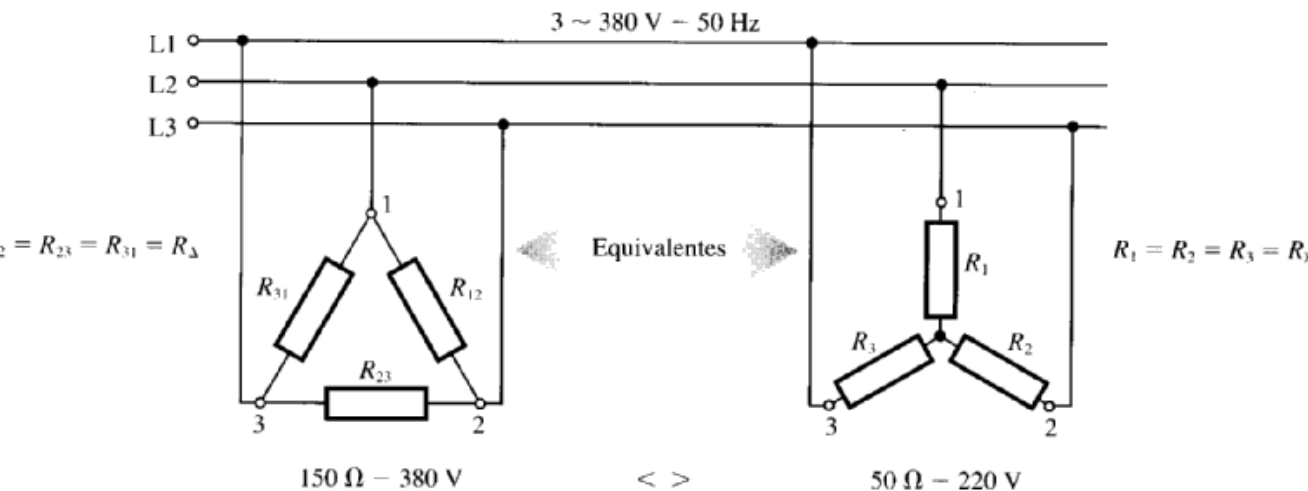
✍ Cargas estrella-triángulo equivalentes

- ✓ Producen la misma potencia manteniendo constante la tensión de red
- ✓ Conexión en estrella

$$R_{12} = R_1 + R_2 = 2R_\lambda$$

Conexión en triángulo

$$R_{12} = \frac{R_{12}(R_{23} + R_{31})}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} = \frac{2R_\Delta R_\Delta}{3R_\Delta} = \frac{2}{3}R_\Delta$$



$$R_\lambda = \frac{1}{3}R_\Delta$$



Sistemas trifásicos: Ventajas



Se utiliza

- ✓ exclusivamente en la generación, transporte y transformación
- ✓ En receptores de media y elevada potencia



Ventajas

- ✓ Potencia uniforme
- ✓ Disposición de dos tensiones
 - ✓ 127/220, 220/380
- ✓ Menor sección en conductores

