

CIRCUITOS TRIFÁSICOS



Si se tienen tres fuentes de tensión alterna senoidal de las siguientes características

$$u_{fR}(t) = U_{fR} \cdot \text{sen}(\omega t + \theta_R)$$

$$u_{fS}(t) = U_{fS} \cdot \text{sen}(\omega t + \theta_S)$$

$$u_{fT}(t) = U_{fT} \cdot \text{sen}(\omega t + \theta_T)$$

Que también
se pueden
escribir como



$$\underline{U}_{fR} = U_{fR} / \theta_R$$

$$\underline{U}_{fS} = U_{fS} / \theta_S$$

$$\underline{U}_{fT} = U_{fT} / \theta_T$$

Se podrían combinar de tal manera de hacer posible su suma.

Si se cumple que

$$|\underline{U}_{fR}| = |\underline{U}_{fS}| = |\underline{U}_{fT}|$$

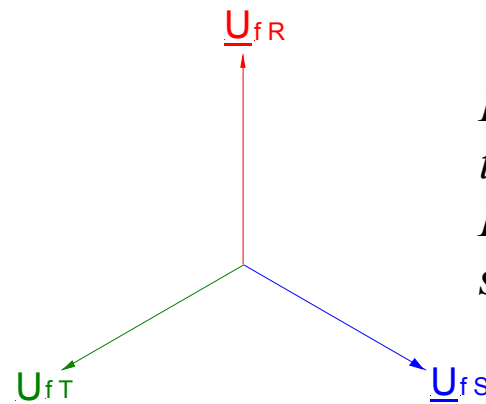
(simetría de módulo)

y si el desfase entre ellos vale 120°

(simetría de fase)

Se puede escribir

$$\underline{U}_{fR} + \underline{U}_{fS} + \underline{U}_{fT} = 0$$



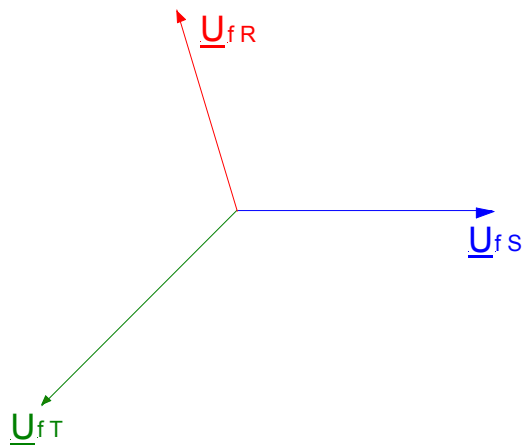
Fuente o generador
trifásico perfecto:
**Equilibrado y
simétrico**

También se puede obtener una fuente o generador trifásico **imperfecto** cuando alguna de las condiciones anteriores no se cumple:

Fuente o generador **equilibrado asimétrico**

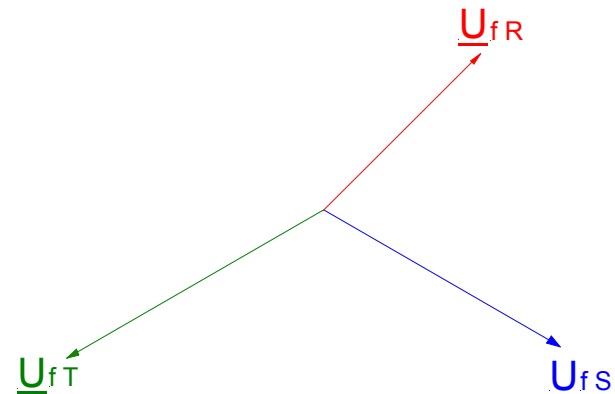
$$|\underline{U}_{fR}| \neq |\underline{U}_{fS}| \neq |\underline{U}_{fT}|$$

$$\underline{U}_{fR} + \underline{U}_{fS} + \underline{U}_{fT} = 0$$

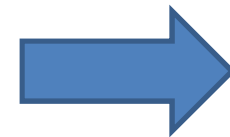


Fuente o generador **desequilibrado**

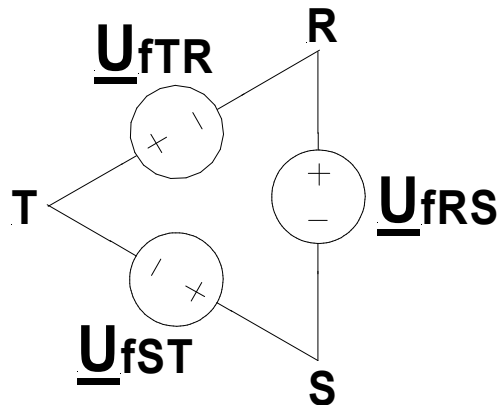
$$\underline{U}_{fR} + \underline{U}_{fS} + \underline{U}_{fT} \neq 0$$



¿Conexión de un generador trifásico?



Generador
Conexión **TRIÁNGULO**

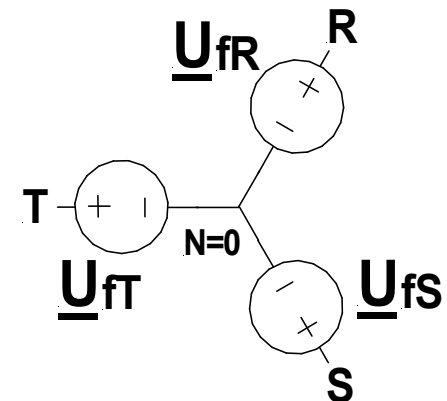


Tensiones de línea U_l

Tensiones de fase U_F

$$\begin{aligned} \underline{U}_{fRS} &= \underline{U}_{fR} - \underline{U}_{fS} \\ \underline{U}_{fST} &= \underline{U}_{fS} - \underline{U}_{fT} \\ \underline{U}_{fTR} &= \underline{U}_{fT} - \underline{U}_{fR} \end{aligned}$$

Generador
Conexión **ESTRELLA**

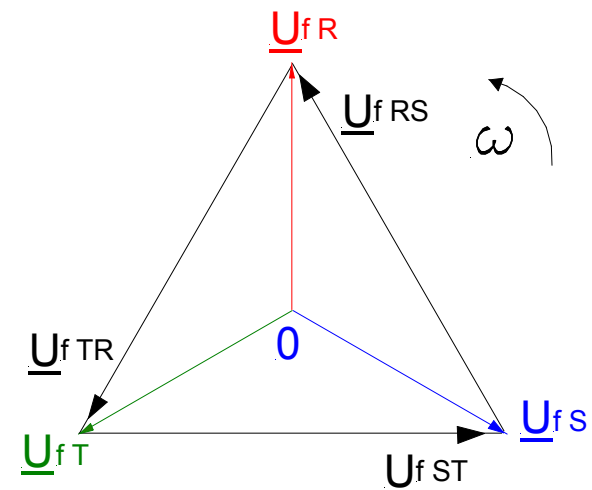


N=0 centro de estrella
del generador (*neutro*)

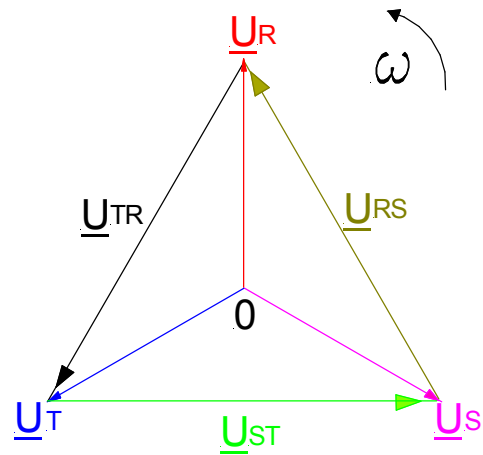
Ventajas de la conexión ESTRELLA

Dos juegos de tensiones

Nodo de referencia para las tensiones



¿Qué se puede observar en el fasorial?



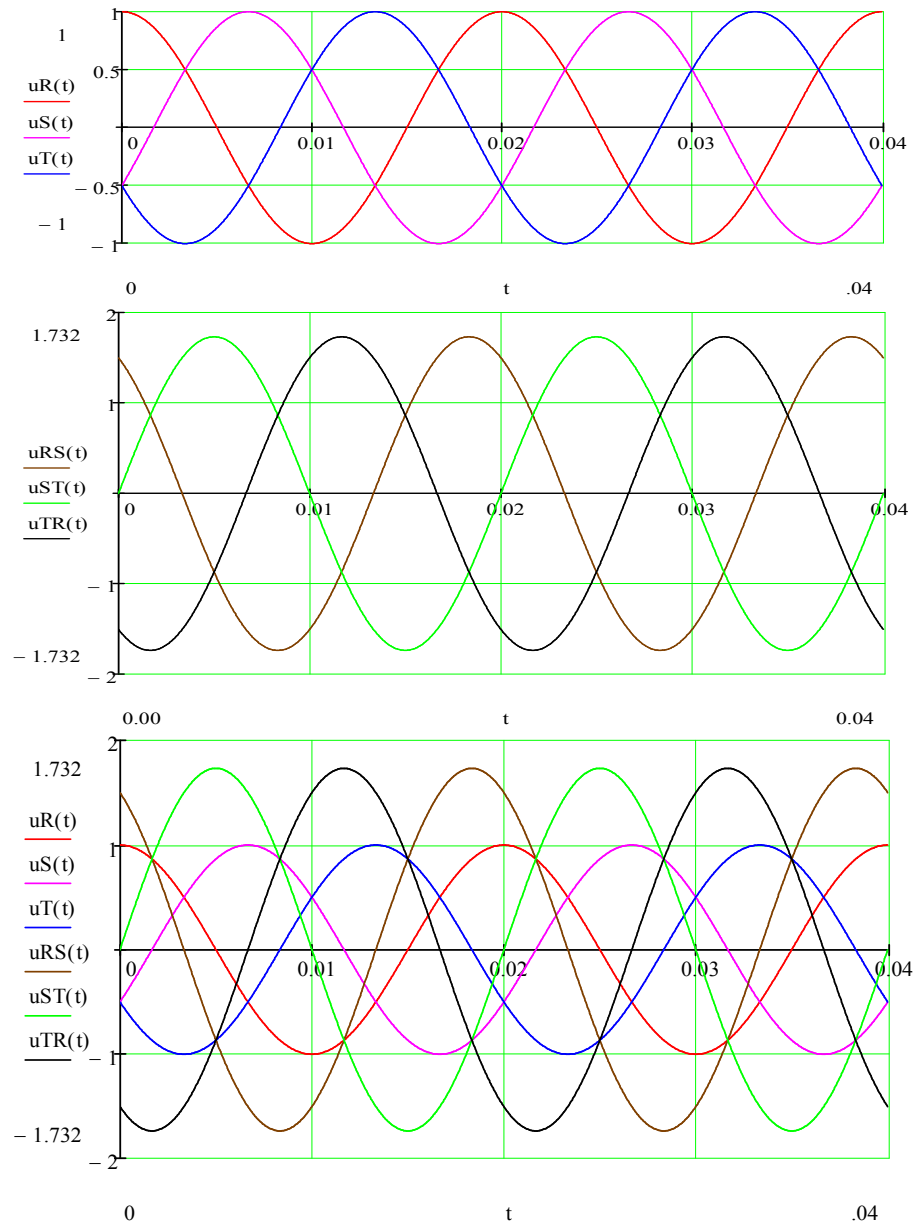
SECUENCIA RST
(DIRECTA)

Relación de módulos

$$\frac{|\underline{U}_l|}{|\underline{U}_F|} = \sqrt{3} \quad \text{¿y los ángulos?}$$

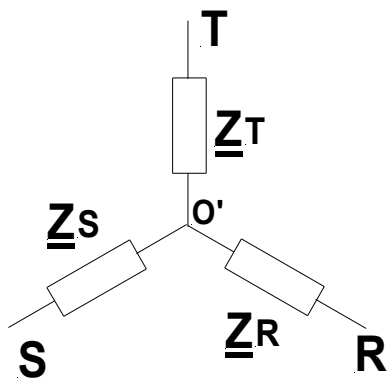
Finalmente $\underline{U}_R + \underline{U}_S + \underline{U}_T = 0$

$$\underline{U}_{RS} + \underline{U}_{ST} + \underline{U}_{TR} = 0$$

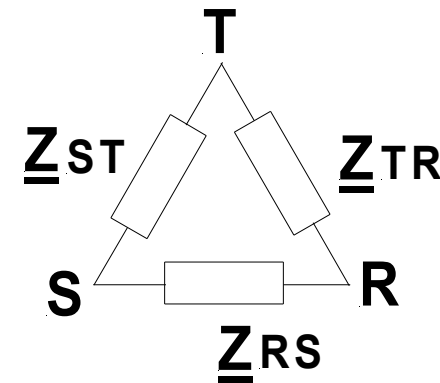


CARGAS TRIFÁSICAS

Carga en **ESTRELLA** o **Y**



Carga en **TRIÁNGULO** o Δ



Si se cumple

$$|Z_R| = |Z_S| = |Z_T|$$

y

$$\theta_R = \theta_S = \theta_T$$

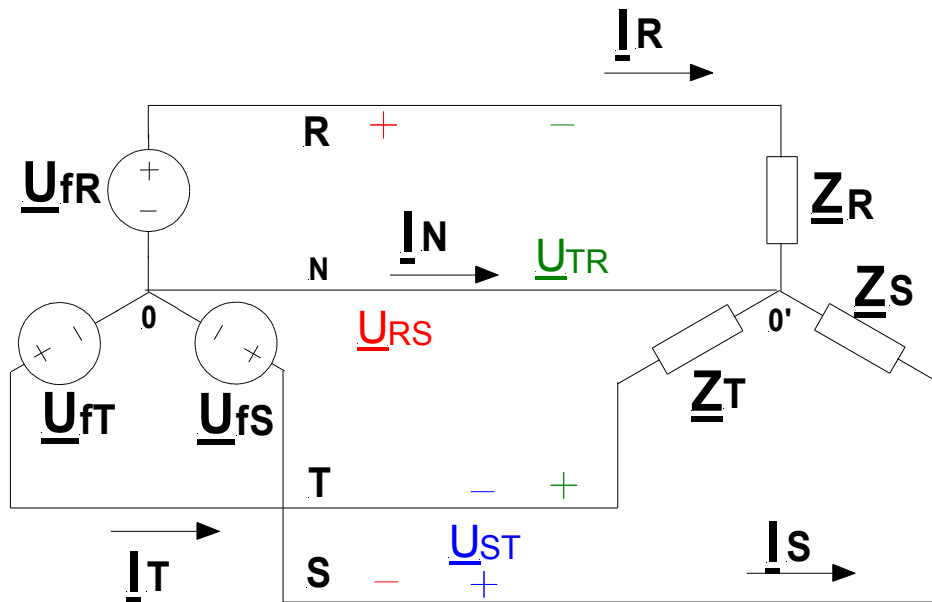
$$|Z_{RS}| = |Z_{ST}| = |Z_{TR}|$$

y

$$\theta_{RS} = \theta_{ST} = \theta_{TR}$$

la carga trifásica (en estrella o en triángulo) se dice que es **EQUILIBRADA**

CIRCUITOS

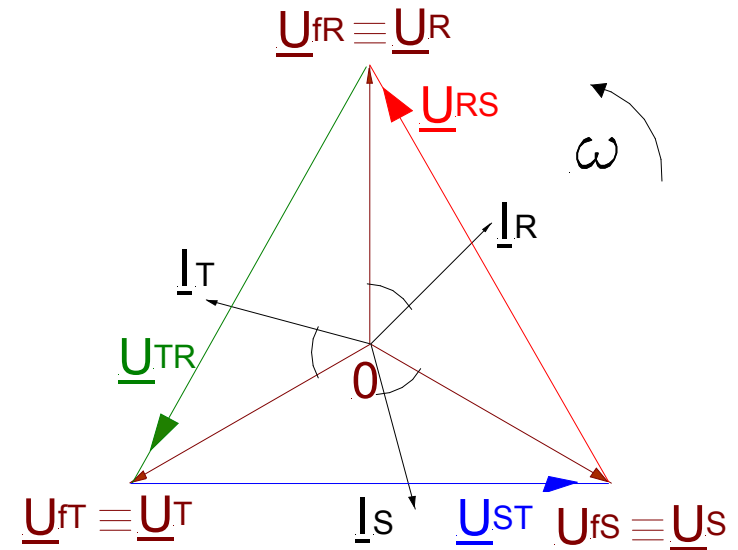


$$\underline{I}_R + \underline{I}_S + \underline{I}_T + \underline{I}_N = 0$$

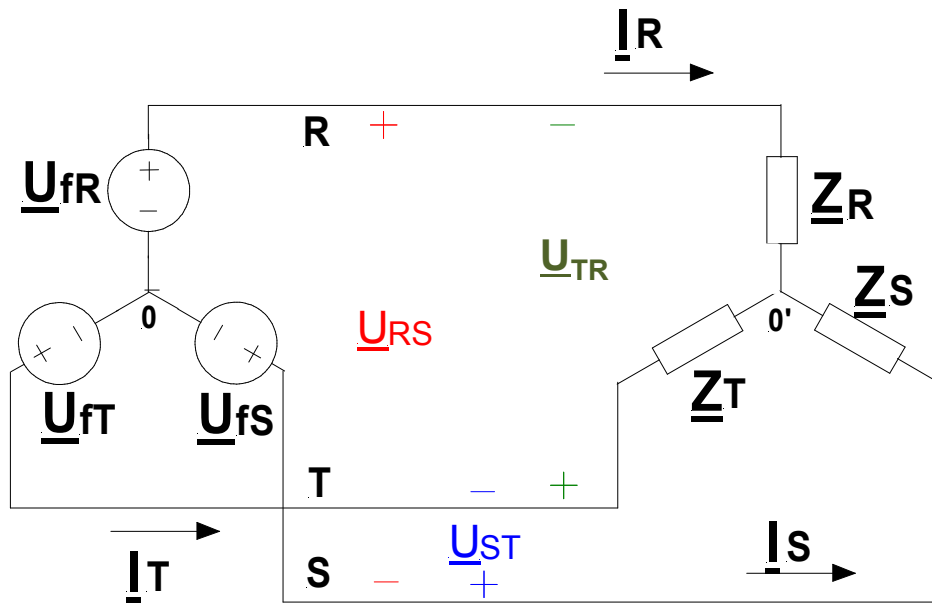
$$y \quad \underline{U}_{0'0} = 0$$

Si el generador es **perfecto** y la carga **equilibrada** se puede dibujar el diagrama fasorial de tensiones y corrientes

Y del fasorial resulta $-\underline{I}_N = \underline{I}_R + \underline{I}_S + \underline{I}_T = 0$



CIRCUITOS



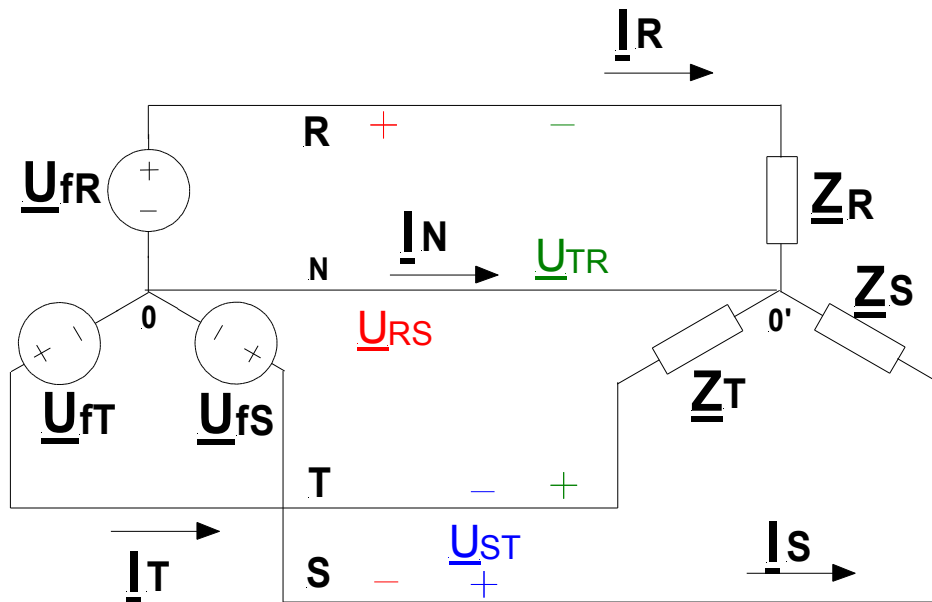
Ahora, si en estas condiciones se desconecta el neutro



$$-\underline{I}_N = \underline{I}_R + \underline{I}_S + \underline{I}_T = 0$$

$$y \quad \underline{U}_{0'0} = 0$$

Si el generador es *perfecto* y la carga *desequilibrada*

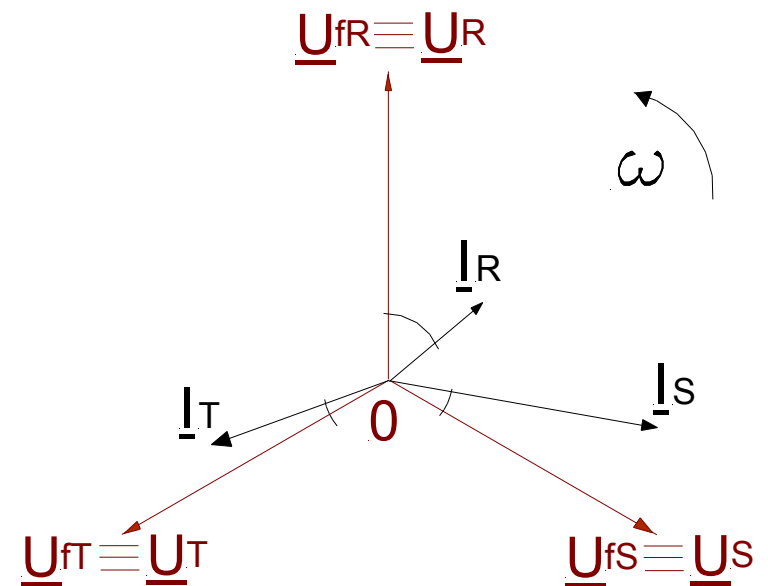


$$\underline{I}_R + \underline{I}_S + \underline{I}_T + \underline{I}_N = 0$$

$$y \quad \underline{U}_{0'0} = 0$$

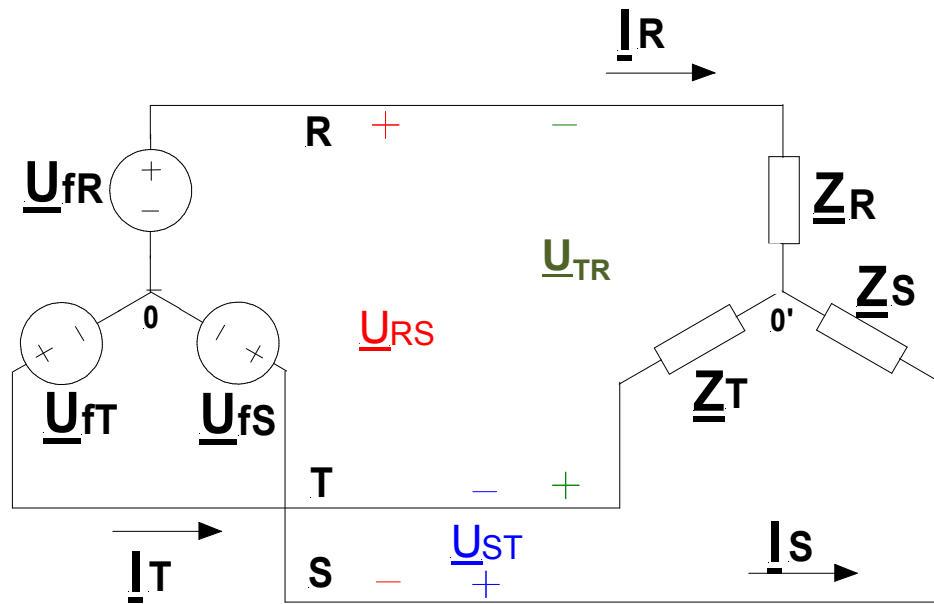
Pero el diagrama fasorial de tensiones y corrientes resulta

Y ahora $-\underline{I}_N = \underline{I}_R + \underline{I}_S + \underline{I}_T \neq 0$



\underline{I}_N no se dibuja para no complicar el diagrama

Ahora, si en estas nuevas condiciones se desconecta el neutro, hay un reacomodamiento de las corrientes y ...

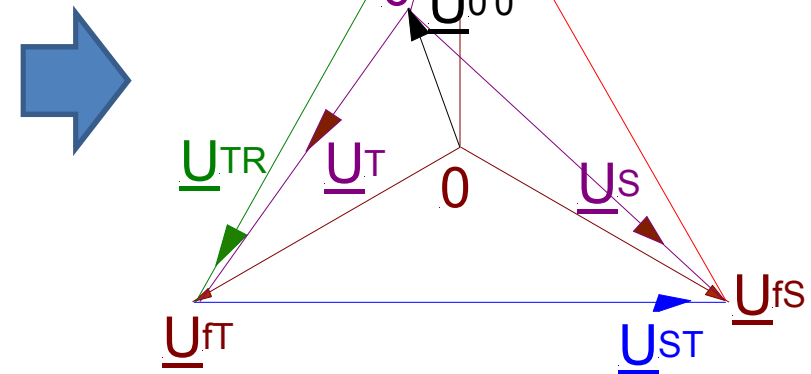


$$\underline{I}_R + \underline{I}_S + \underline{I}_T = 0$$

$$\underline{I}_N = 0$$

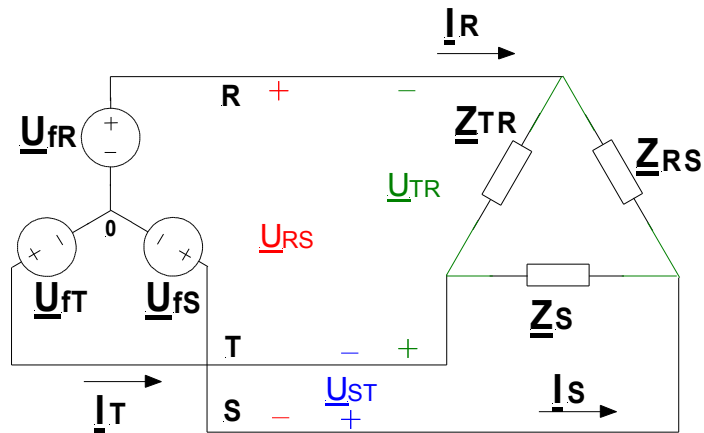
y ya NO es posible asegurar que $\underline{U}_{0'0} = 0$

Y el diagrama fasorial de tensiones podría resultar de la siguiente forma

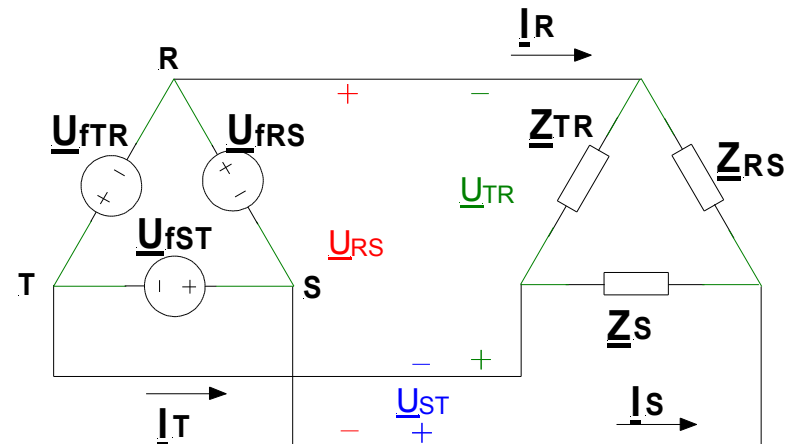


OTRAS CONEXIONES

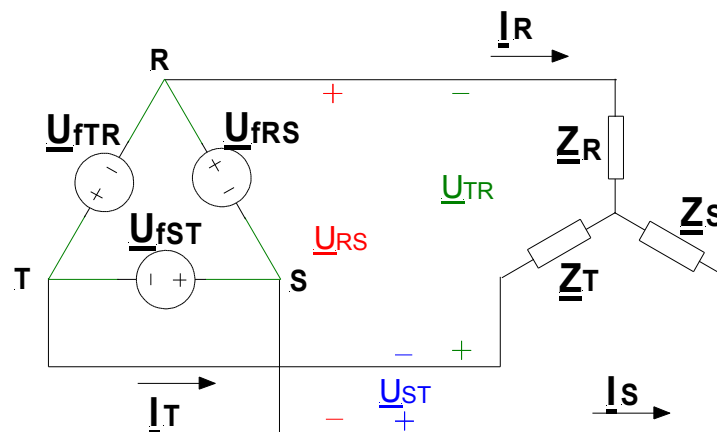
Generador en Y – Carga en Δ



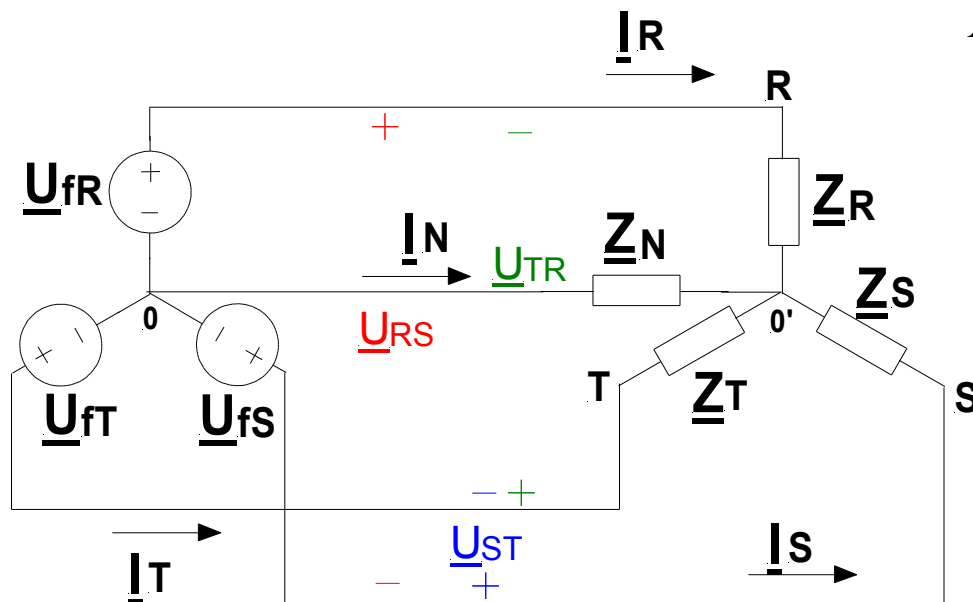
Generador en Δ – Carga en Δ



Generador en Δ – Carga en Y



"CORRIMIENTO" DEL NEUTRO



Aplicando LKC (análisis nodal) en 0 ó en $0'$



$$\underline{I}_R + \underline{I}_S + \underline{I}_T + \underline{I}_N = 0$$

Por ley de Ohm

$$\underline{I}_R = \frac{\underline{U}_{R0'}}{\underline{Z}_R} \quad \underline{I}_S = \frac{\underline{U}_{S0'}}{\underline{Z}_S}$$

$$\underline{I}_T = \frac{\underline{U}_{T0'}}{\underline{Z}_T} \quad \underline{I}_N = \frac{\underline{U}_{00'}}{\underline{Z}_N}$$

Y como

$$\underline{U}_0 = 0 \Rightarrow \underline{U}_{0'0} = \underline{U}_{0'} \quad \text{ó} \quad \underline{U}_{00'} = -\underline{U}_{0'}$$

Luego se puede escribir

$$\frac{\underline{U}_{fR} - \underline{U}_{0'}}{\underline{Z}_R} + \frac{\underline{U}_{fS} - \underline{U}_{0'}}{\underline{Z}_S} + \frac{\underline{U}_{fT} - \underline{U}_{0'}}{\underline{Z}_T} + \frac{\underline{U}_{0} - \underline{U}_{0'}}{\underline{Z}_N} = 0$$

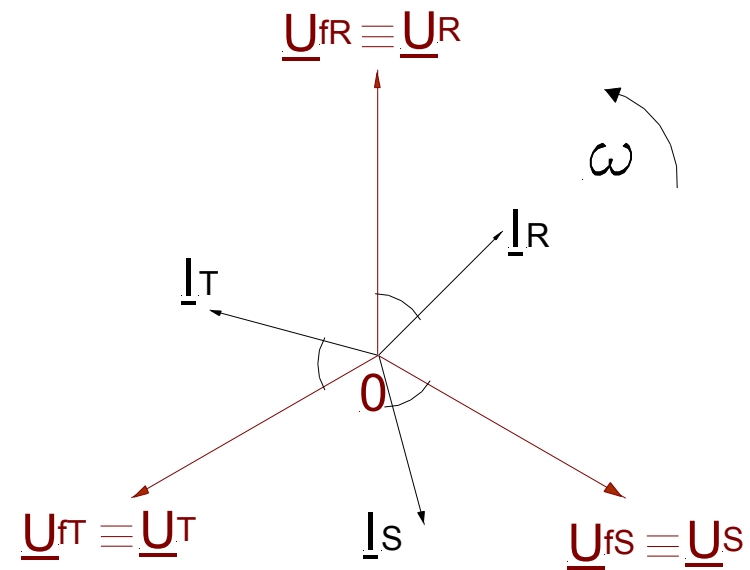
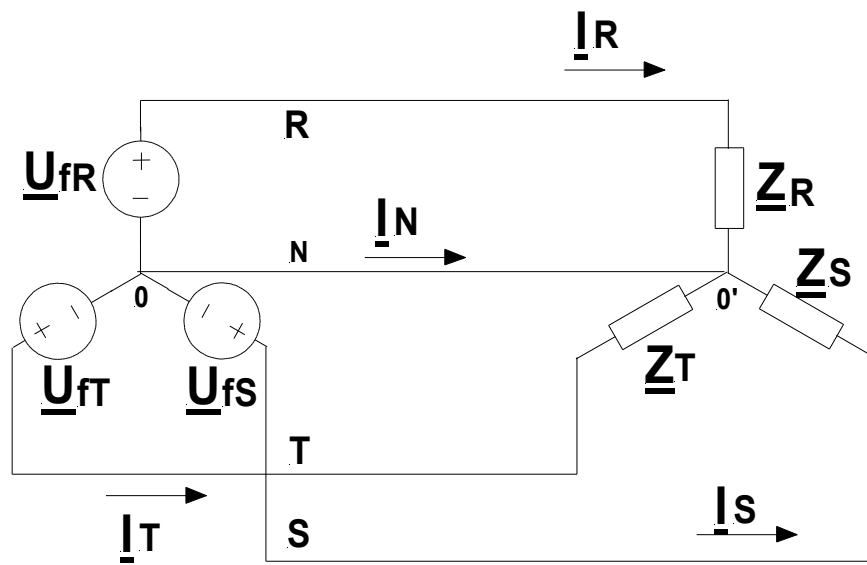
Y reordenando resulta



$$\underline{U}_{0'} = \frac{\underline{U}_{fR} \cdot \underline{Y}_R + \underline{U}_{fS} \cdot \underline{Y}_S + \underline{U}_{fT} \cdot \underline{Y}_T}{\underline{Y}_R + \underline{Y}_S + \underline{Y}_T + \underline{Y}_N}$$

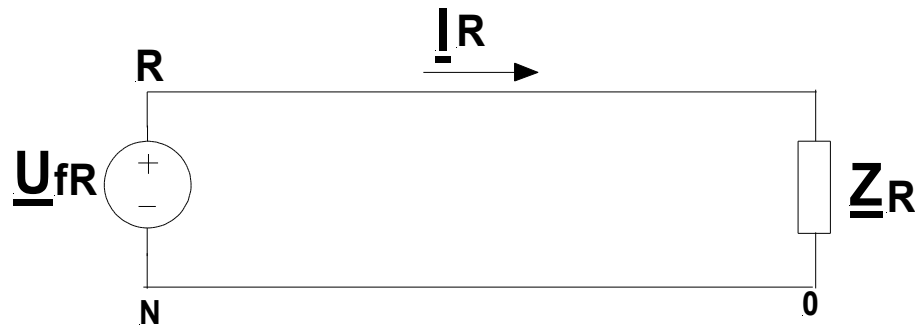
CIRCUITO EQUIVALENTE MONOFÁSICO

Si el generador es *perfecto* y la carga *equilibrada*

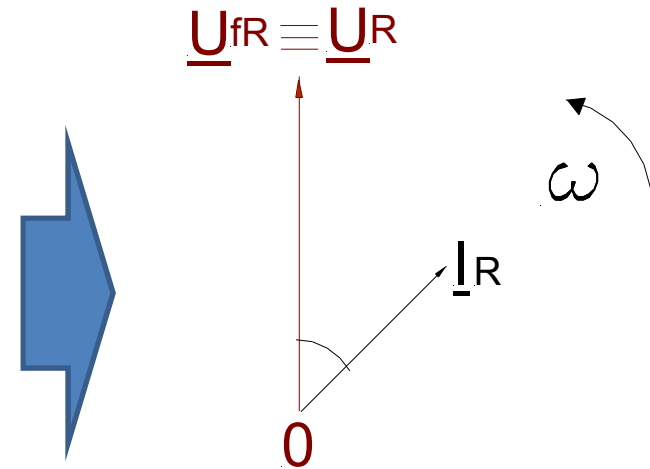


se observa que, debido a la simetría del circuito y del diagrama fasorial, sería posible trabajar con un circuito monofásico equivalente que represente el funcionamiento de una sola fase





*Circuito equivalente monofásico representado por la fase **R***



*Diagrama fasorial del equivalente monofásico representado por la fase **R***

Con este método es posible analizar lo que sucede en una sola fase y luego, dada la simetría, reconstruir el sistema teniendo en cuenta que al diagrama fasorial deben agregarse los fasores de tensión y corriente de las dos fases restantes.

*La idea se puede extender a circuitos de tres conductores, como es el caso de generador y carga en Δ ; con la única condición de que el generador sea **perfecto** y la carga sea **equilibrada**.*

RESUMEN

Definición de sistemas trifásicos

Generadores. Equilibrio. Asimetría.

Diagramas fasoriales.

Tipos de cargas. Estrella (Y), triángulo (Δ). Equilibradas, desequilibradas.

Tipos de circuitos. Y-Y, Δ - Δ , Y- Δ , Δ -Y.

Corrimiento del neutro.

Circuito equivalente monofásico.