



*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*



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

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

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

*Se podrían disponer de tal manera de hacer posible su suma.*

*Si se cumple que*

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

*(simetría de módulo)*

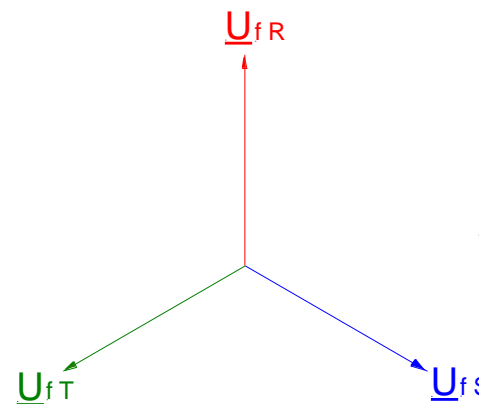
y

*si el desfase entre ellos vale  $120^\circ$*

*(simetría de fase)*

*Se puede escribir*

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



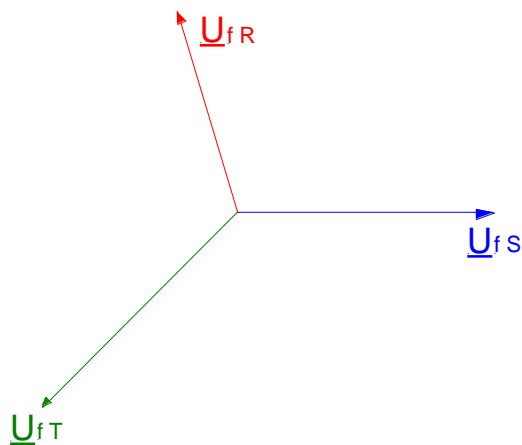
*Fuente o generador  
trifásico perfecto:  
**Equilibrado y simétrico***

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

Fuente o generador **equilibrado asimétrico**

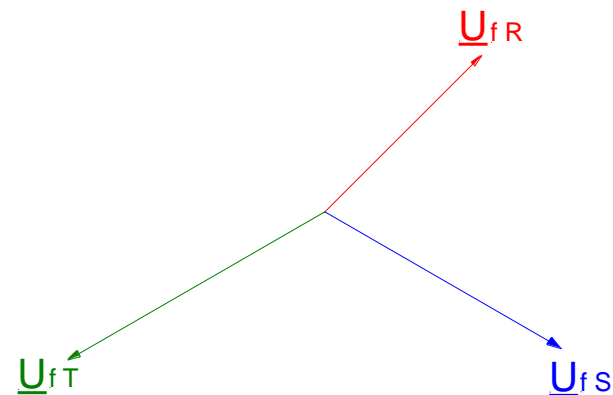
$$|\underline{U}_{fR}| \neq |\underline{U}_{fS}| \neq |\underline{U}_{fT}|$$

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

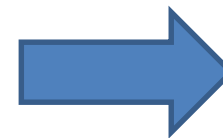


Fuente o generador **desequilibrado**

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

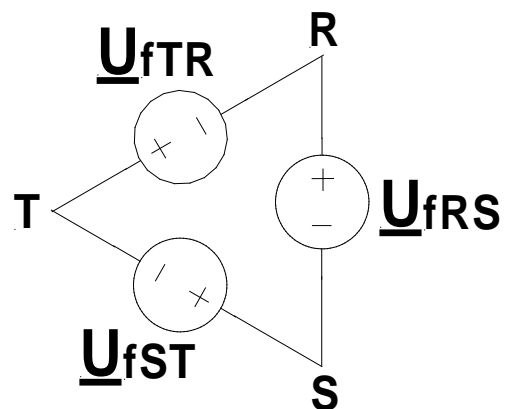


¿Conexión de un generador trifásico?



# CIRCUITOS TRIFÁSICOS

Generador  
Conexión **TRIÁNGULO**

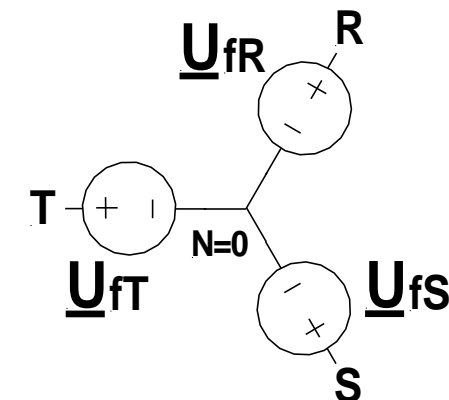


Tensiones de línea  $U_l$

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**

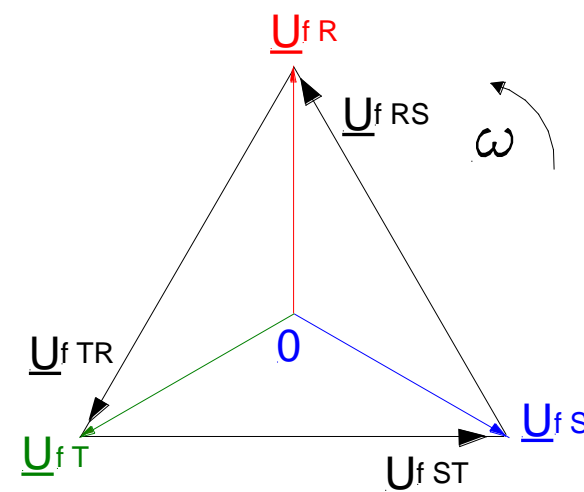


**N=0** centro de estrella  
del generador (*neutro*)

**Ventajas de la conexión ESTRELLA**

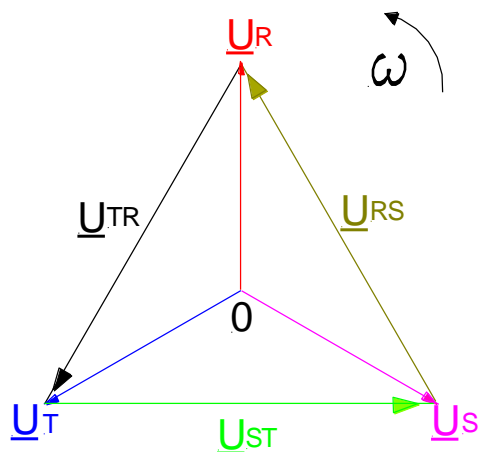
*Dos juegos de tensiones*

*Nodo de referencia para las tensiones*



# CIRCUITOS TRIFÁSICOS

¿Qué se puede observar en el fasorial?

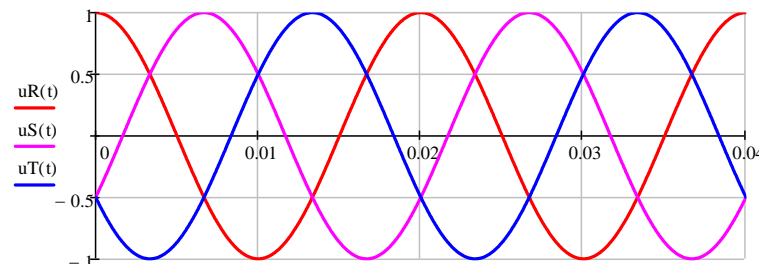


**SECUENCIA** **RST**  
(DIRECTA)

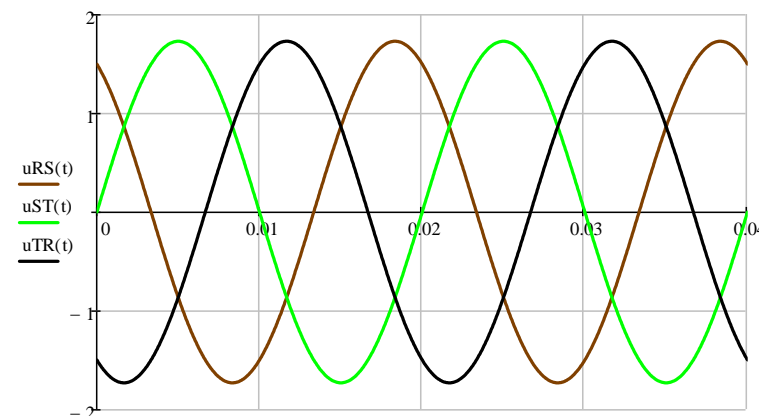
**Relación de módulos**

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

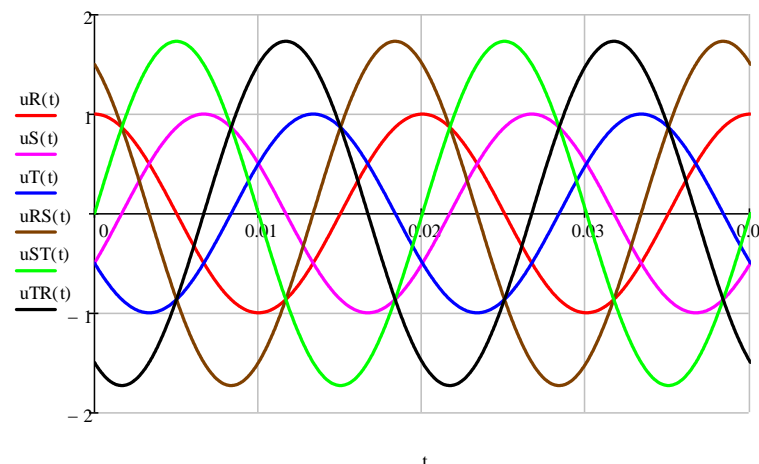
Finalmente  $\underline{U}_R + \underline{U}_S + \underline{U}_T = 0$   
 $\underline{U}_{RS} + \underline{U}_{ST} + \underline{U}_{TR} = 0$



*Tensiones de FASE*



*Tensiones de LÍNEA*

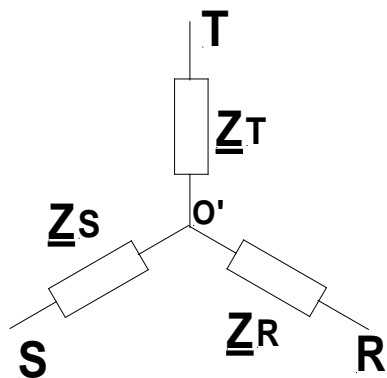


*Tensiones de FASE y  
de LÍNEA*



## CARGAS TRIFÁSICAS

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

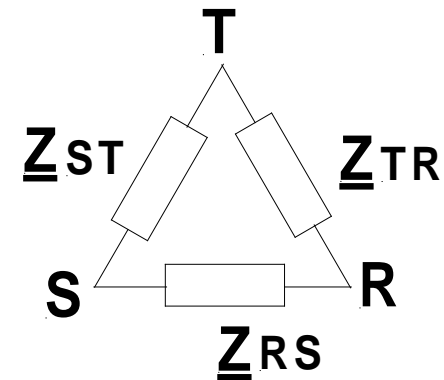


$$|\underline{Z}_R| = |\underline{Z}_S| = |\underline{Z}_T|$$

y

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

Carga en **TRIÁNGULO** o  $\Delta$



$$|\underline{Z}_{RS}| = |\underline{Z}_{ST}| = |\underline{Z}_{TR}|$$

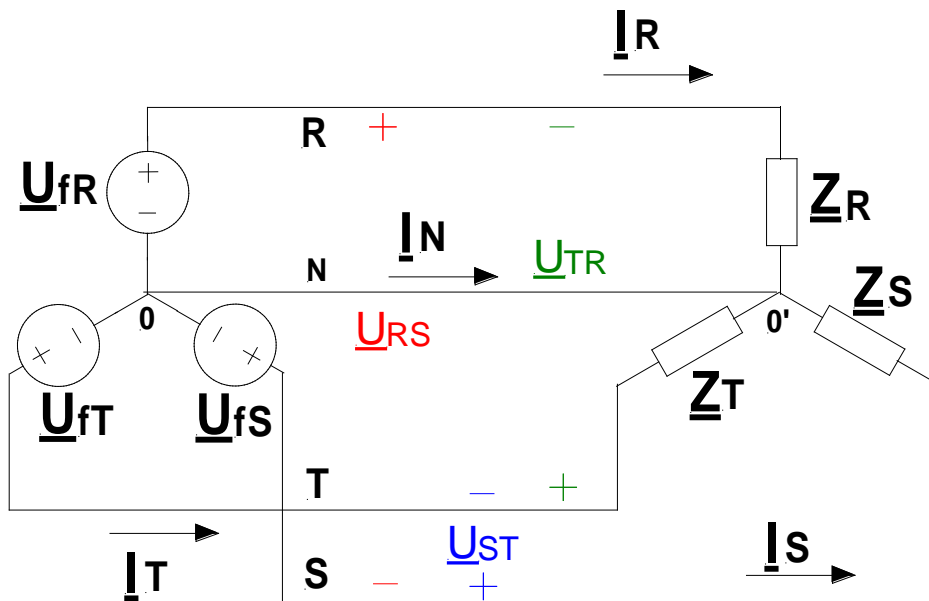
y

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

Si se cumple

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

## CIRCUITOS

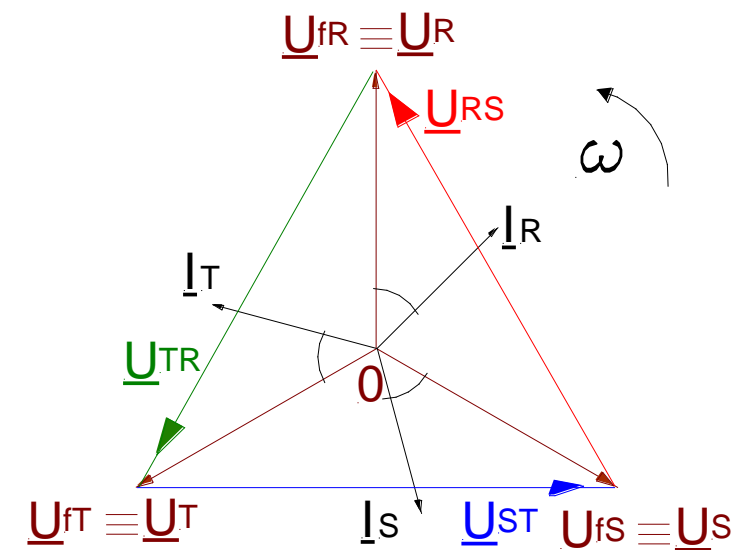


$$\underline{I}_R + \underline{I}_S + \underline{I}_T + \underline{I}_N = 0$$

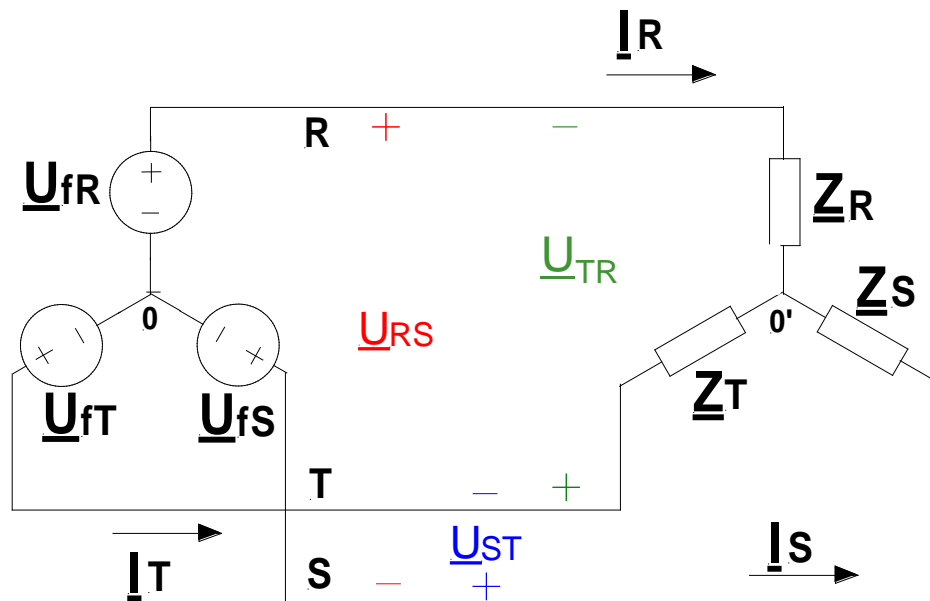
$$y \quad \underline{U}_{0'0} = 0$$

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

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



## CIRCUITOS



Ahora, si en estas condiciones (generador *perfecto* y carga *equilibrada*) se desconecta el neutro

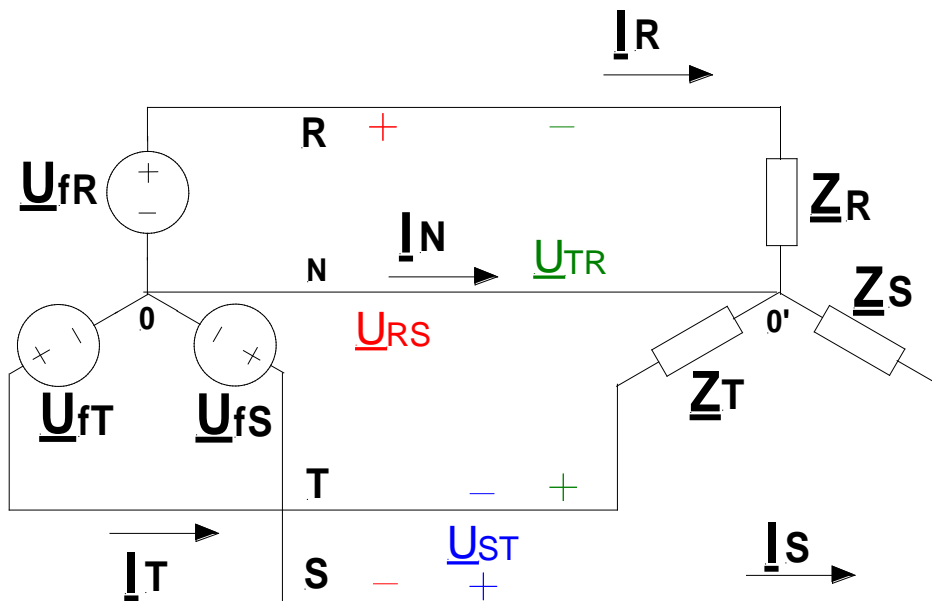


$$-\underline{I}_N = \underline{I}_R + \underline{I}_S + \underline{I}_T = 0$$

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



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

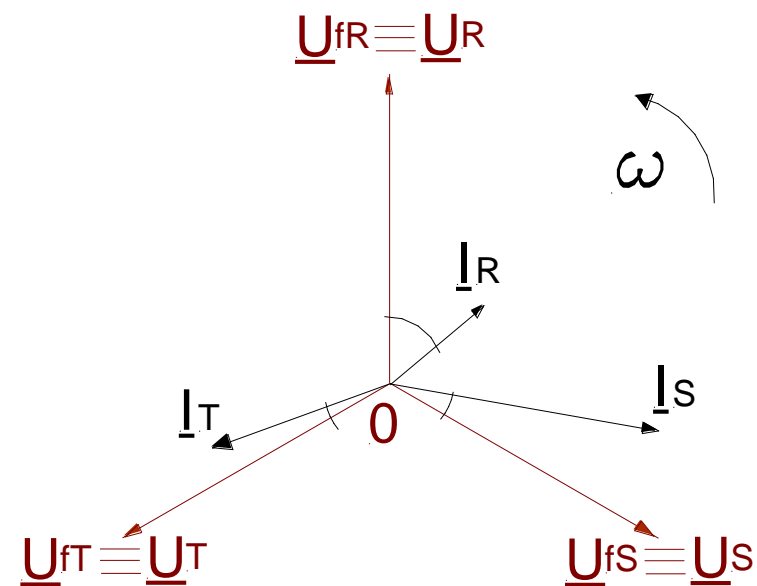


$$\underline{I}_R + \underline{I}_S + \underline{I}_T + \underline{I}_N = 0$$

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

Pero el diagrama fasorial de tensiones y corrientes resulta

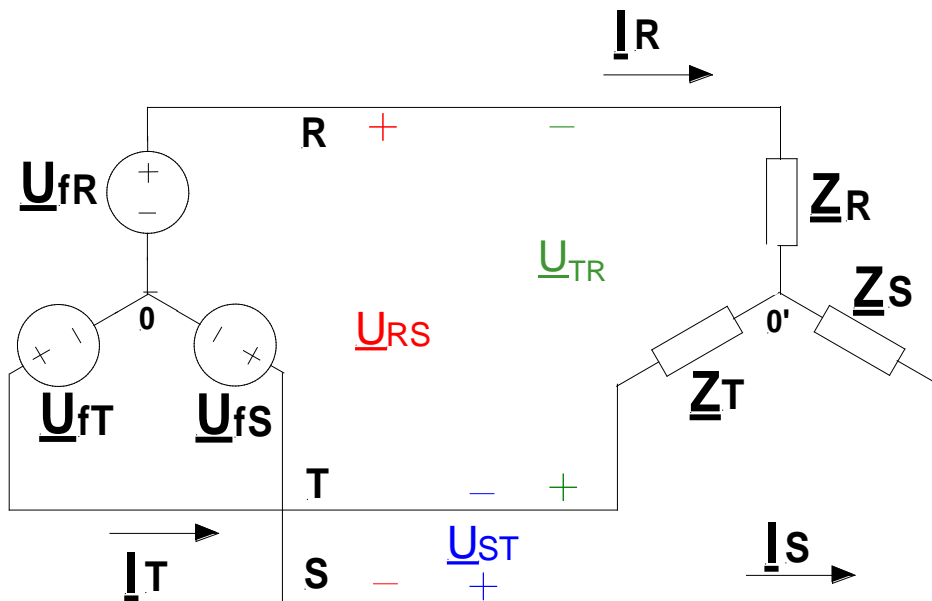
$$\text{Y ahora } -\underline{I}_N = \underline{I}_R + \underline{I}_S + \underline{I}_T \neq 0$$



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

# CIRCUITOS TRIFÁSICOS

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

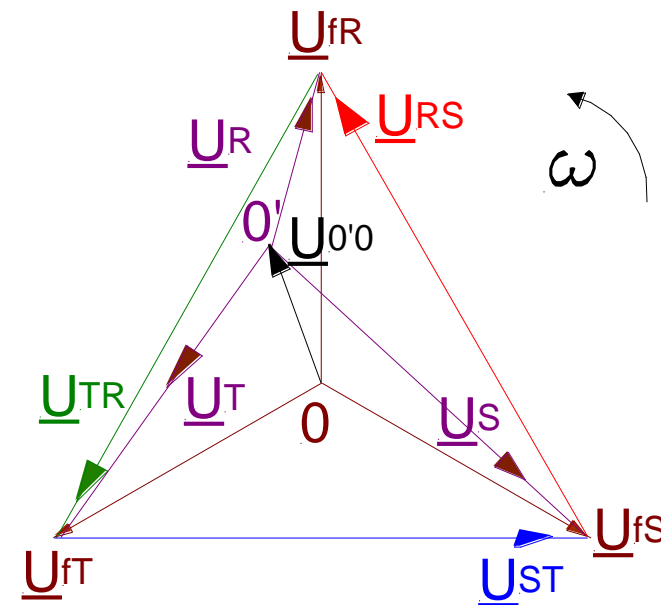


$$\underline{I}_R + \underline{I}_S + \underline{I}_T = 0$$

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

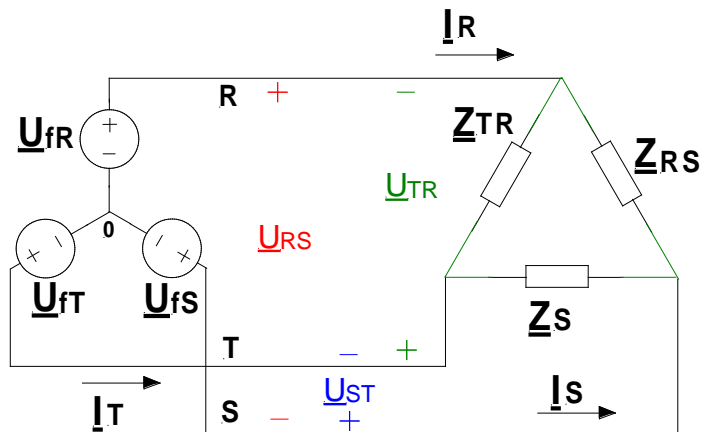
y ya NO es posible asegurar que  $\underline{U}_{0'0} = 0$

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

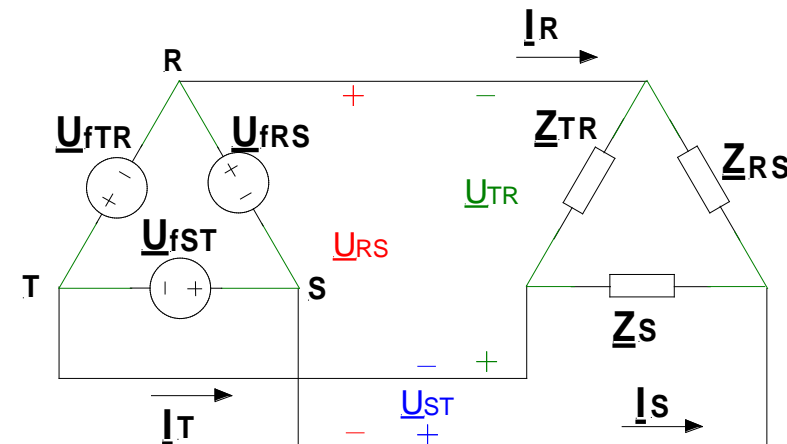


## OTRAS CONEXIONES

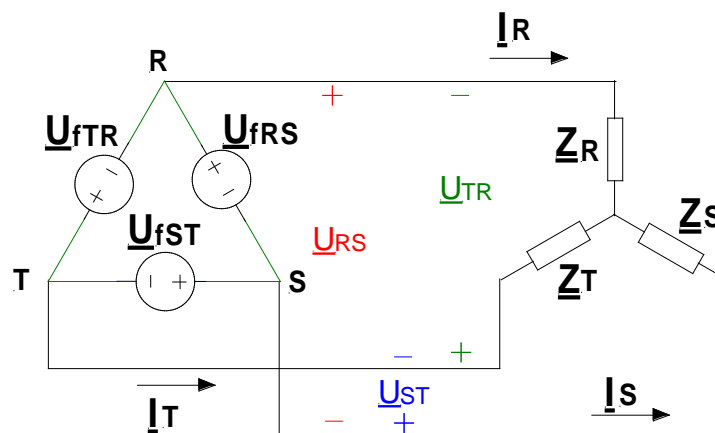
*Generador en Y – Carga en  $\Delta$*



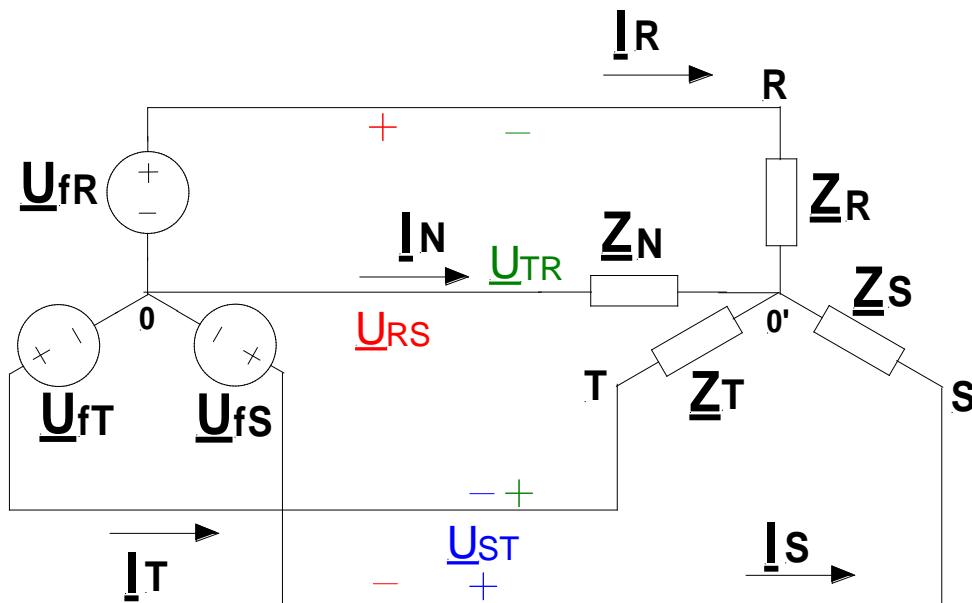
*Generador en  $\Delta$  – Carga en  $\Delta$*



*Generador en  $\Delta$  – 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

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

Luego se puede escribir

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

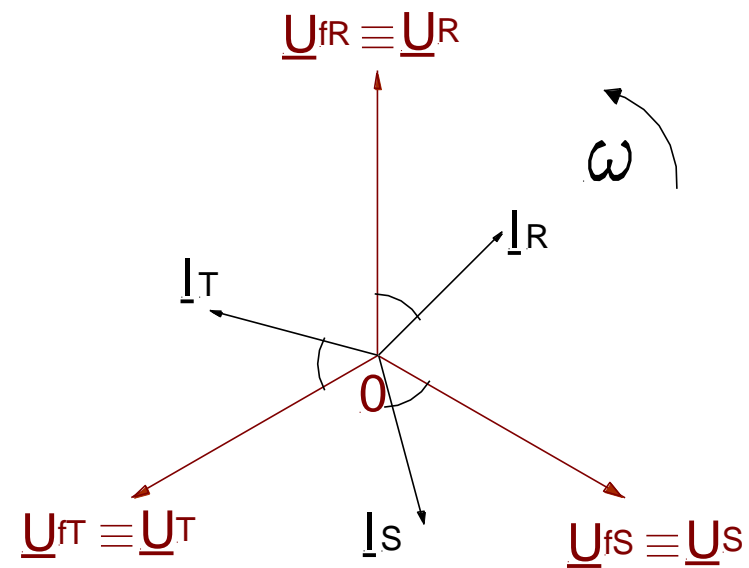
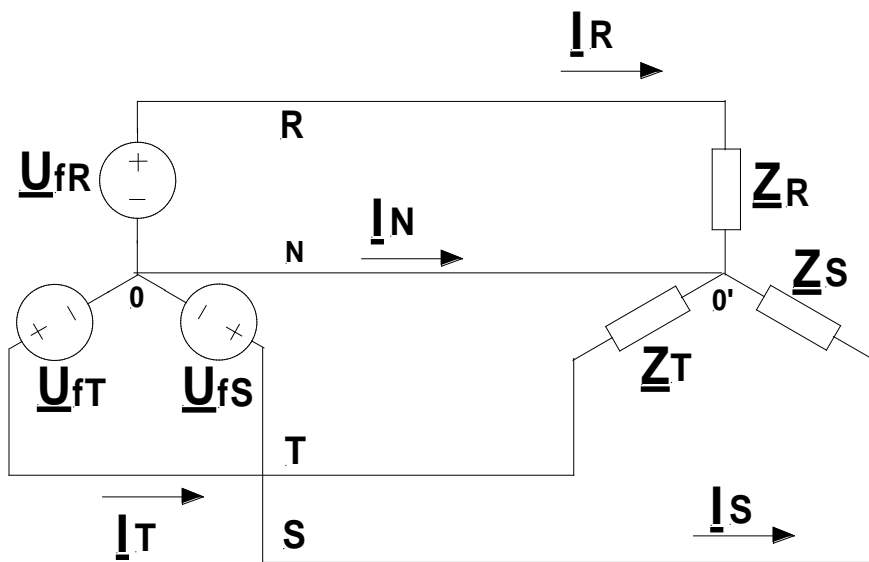
Y reordenando resulta



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

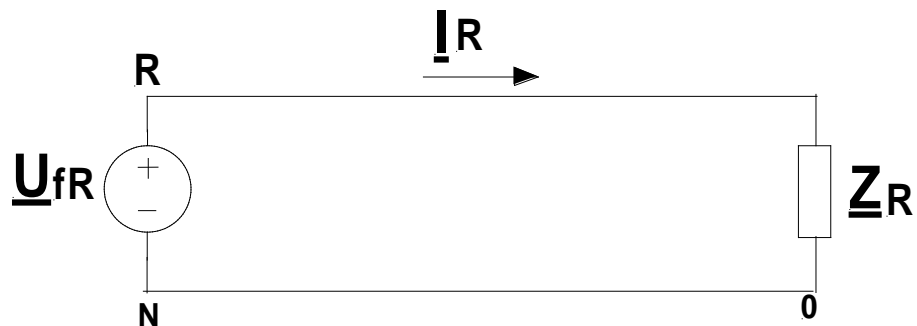
## CIRCUITO EQUIVALENTE MONOFÁSICO

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

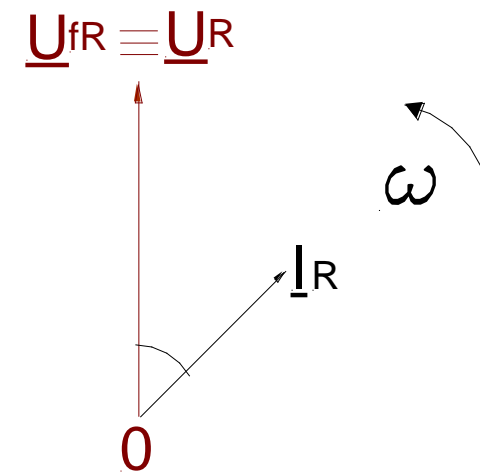




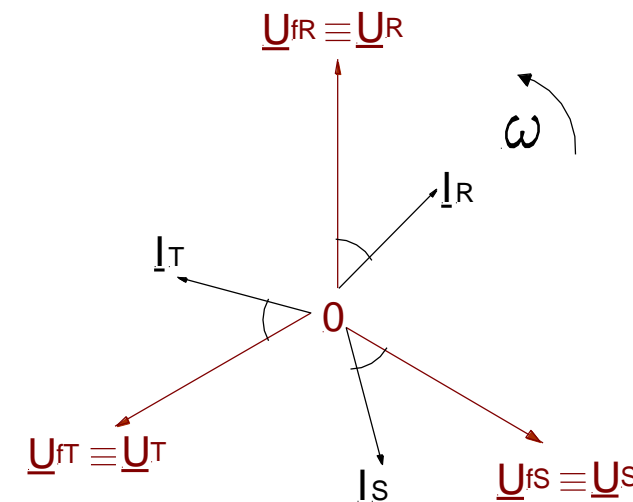
*Circuito equivalente monofásico representado por la fase  $R$*

*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  $\Delta$ ; con la única condición de que el generador sea **perfecto** y la carga sea **equilibrada**.*



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





## RESUMEN

- *Definición de sistemas trifásicos*
- *Generadores. Equilibrio. Asimetría.*
- *Diagramas fasoriales.*
- *Tipos de cargas.*  
*Estrella (Y), triángulo ( $\Delta$ ).*  
*Equilibradas, desequilibradas.*
- *Tipos de circuitos. Y-Y,  $\Delta$ - $\Delta$ , Y- $\Delta$ ,  $\Delta$ -Y.*
- *Corrimiento del neutro.*
- *Circuito equivalente monofásico.*

## BIBLIOGRAFÍA

- *Circuitos eléctricos. Parte 2. Morcelle-Deorsola. Cap 3.*
- *Principios de electrotecnia. Tomo I. Zeveke - Ionkin. Cap XIV.*
- *Circuitos eléctricos. Nilsson. Cap 12.*
- *Circuitos en ingeniería eléctrica. Skilling. Cap 20.*
- *Análisis básico de circuitos eléctricos. Johnson-Hilburn-Johnson. Cap 13.*
- *Teoría de circuitos eléctricos. Sanjurjo - Lázaro - de Miguel. Cap 7.*
- *Análisis de circuitos en ingeniería. Hayt-Kemmerly. Cap 11.*
- *Circuitos eléctricos. Dorf. Cap 19.*
- *Análisis introductorio de circuitos. Boylestad. Cap 23.*
- *Circuitos eléctricos y magnéticos. E. Spinadel. Cap 11.*