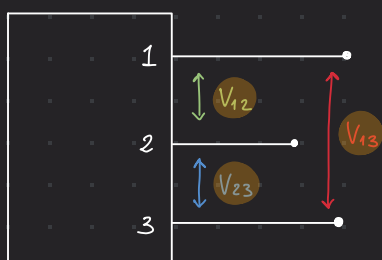


Terna STELLATA
DIRETTA

$$\begin{cases} \bar{E}_1 = E_0 \\ \bar{E}_2 = E_0 e^{-j\frac{2}{3}\pi} \quad \text{Ritardo } 120^\circ \\ \bar{E}_3 = E_0 e^{-j\frac{4}{3}\pi} \quad \text{Ritardo } 240^\circ \end{cases}$$

Terna STELLATA
INVERSA

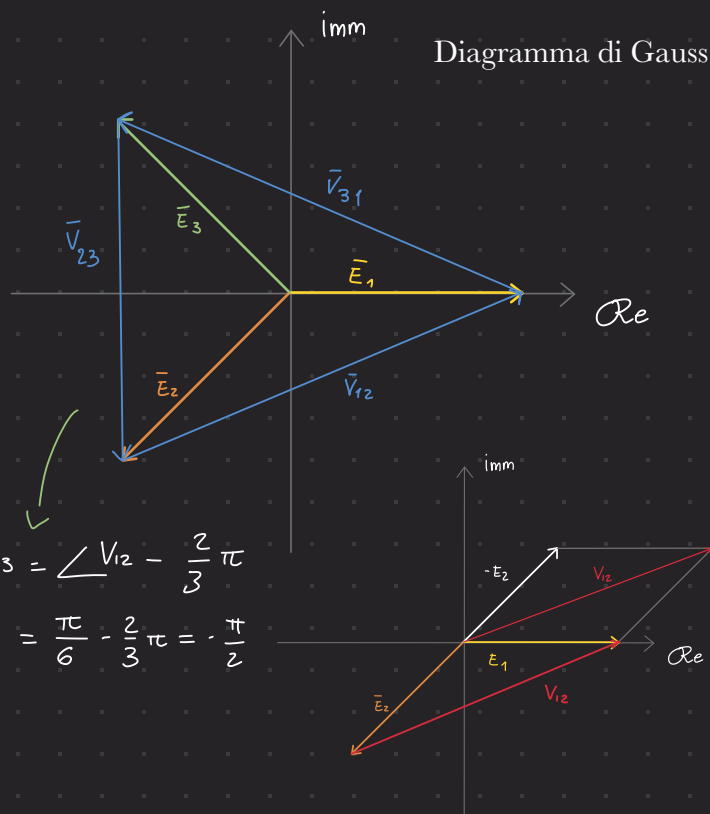
$$\begin{cases} \bar{E}_1 = E_0 \\ \bar{E}_2 = E_0 e^{+j\frac{2}{3}\pi} \quad \text{Anticipo } 120^\circ \\ \bar{E}_3 = E_0 e^{+j\frac{4}{3}\pi} \quad \text{Anticipo } 240^\circ \end{cases}$$



Tensioni
CONCATE NATE

$$\begin{aligned} \bar{V}_{12} &= \bar{E}_1 - \bar{E}_2 = \sqrt{3} E_0 e^{j\frac{\pi}{6}} \quad 400V \quad 230V \quad 30^\circ \\ \bar{V}_{23} &= \bar{E}_2 - \bar{E}_3 = \bar{V}_{12} e^{-j\frac{2}{3}\pi} \\ \bar{V}_{31} &= \bar{E}_3 - \bar{E}_1 = \bar{V}_{12} e^{-j\frac{4}{3}\pi} \end{aligned}$$

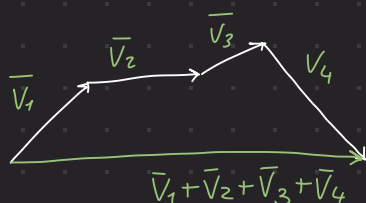
$$\begin{aligned} \angle V_{23} &= \angle V_{12} - \frac{2}{3}\pi \\ &= \frac{\pi}{6} - \frac{2}{3}\pi = -\frac{\pi}{2} \end{aligned}$$



INOLTRE: $V_{12} + V_{23} + V_{31} = 0$ \rightarrow Dimostrabile in diversi modi

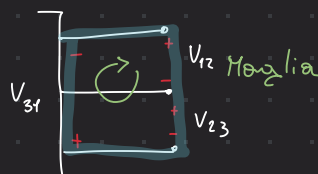
(a) $E_1 - E_2 + E_2 - E_3 + E_3 - E_1 = 0$

(b) Regola della POLIGONALE



(c) Elettrotecnica: V_{12}, V_{23} e V_{31} formano una maglia

$$\rightarrow \sum_{k=1}^3 V_k = 0 \quad \text{LKT}$$

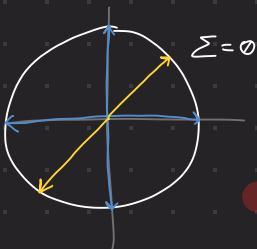


Abbiamo diviso una circonferenza in 3 parti uguali, di conseguenza la somma dei 3 vettori (sfasati di fase costante) fa sempre zero.

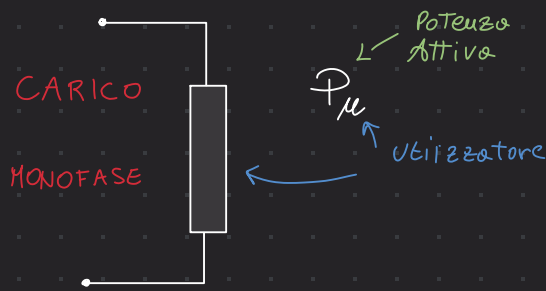
La somma dei fasori di una terna simmetrica (diretta o inversa) è sempre zero.

$$\Rightarrow \bar{E}_1 + \bar{E}_2 + \bar{E}_3 = 0$$

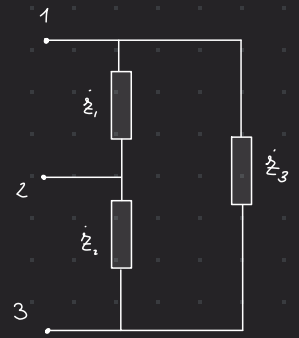
PROPRIETA' GEOMETRICA



Carichi elettrici trifase: stella e triangolo



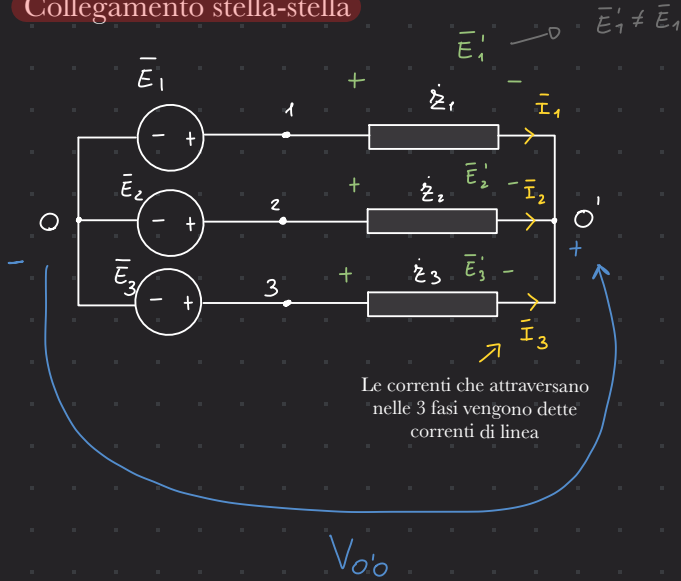
Carico trifase a **stella**



Carico trifase a **triangolo**



Collegamento stella-stella



$$LKC O': \bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3 = 0 \quad (1)$$

ma

$$\begin{cases} \bar{I}_1 = \frac{\bar{E}_1'}{\bar{Z}_1} = \frac{\bar{E}_1 - \bar{V}_{0'0}}{\bar{Z}_1} \\ \bar{I}_2 = \frac{\bar{E}_2'}{\bar{Z}_2} = \frac{\bar{E}_2 - \bar{V}_{0'0}}{\bar{Z}_2} \\ \bar{I}_3 = \frac{\bar{E}_3'}{\bar{Z}_3} = \frac{\bar{E}_3 - \bar{V}_{0'0}}{\bar{Z}_3} \end{cases}$$

dalla (1)

$$\frac{\bar{E}_1 - \bar{V}_{0'0}}{\bar{Z}_1} + \frac{\bar{E}_2 - \bar{V}_{0'0}}{\bar{Z}_2} + \frac{\bar{E}_3 - \bar{V}_{0'0}}{\bar{Z}_3} = 0 \quad \rightarrow \quad \frac{\bar{E}_1}{\bar{Z}_1} - \frac{\bar{V}_{0'0}}{\bar{Z}_1} + \frac{\bar{E}_2}{\bar{Z}_2} - \frac{\bar{V}_{0'0}}{\bar{Z}_2} + \frac{\bar{E}_3}{\bar{Z}_3} - \frac{\bar{V}_{0'0}}{\bar{Z}_3} = 0$$

$$\rightarrow \frac{\bar{E}_1}{\bar{Z}_1} + \frac{\bar{E}_2}{\bar{Z}_2} + \frac{\bar{E}_3}{\bar{Z}_3} = \bar{V}_{0'0} \left(\frac{1}{\bar{Z}_1} + \frac{1}{\bar{Z}_2} + \frac{1}{\bar{Z}_3} \right)$$

pongo

$$\dot{Y} = \frac{1}{\bar{Z}_k}$$

Ammettenza di linea

$$\rightarrow \bar{E}_1 \dot{Y}_1 + \bar{E}_2 \dot{Y}_2 + \bar{E}_3 \dot{Y}_3 = \bar{V}_{0'0} (\dot{Y}_1 + \dot{Y}_2 + \dot{Y}_3)$$

Formula di millmann

$$\rightarrow \bar{V}_{0'0} = \frac{\bar{E}_1 \dot{Y}_1 + \bar{E}_2 \dot{Y}_2 + \bar{E}_3 \dot{Y}_3}{\dot{Y}_1 + \dot{Y}_2 + \dot{Y}_3}$$

SE

$$\dot{Z}_1 = \dot{Z}_2 = \dot{Z}_3 = \dot{Z} \quad \Rightarrow$$

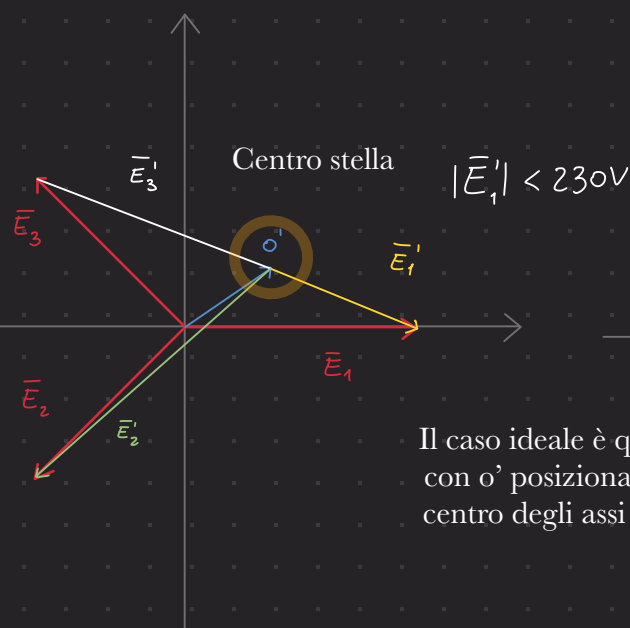
$$\bar{V}_{o'o} = \frac{\dot{Y} (\bar{E}_1 + \bar{E}_2 + \bar{E}_3)}{3 \dot{Y}} = 0 \text{ V}$$

$$\bar{Z} = \frac{1}{\dot{Y}}$$

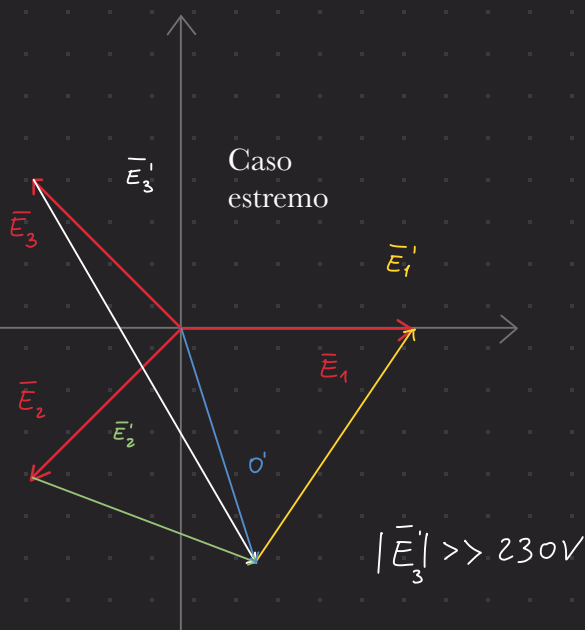
$$\Rightarrow \bar{E}'_1 = \bar{E}_1, \quad \bar{E}'_2 = \bar{E}_2, \quad \bar{E}'_3 = \bar{E}_3$$

Dobbiamo vedere le impedenze $Z_1, Z_2 \dots$ come un utilizzatore, ovvero noi. Siccome non possiamo "metterci d'accordo" su quanto utilizziamo dalla rete (carico) il fornitore di energia elettrica non può essere al 100% certo della tensione finale (E); è per questo motivo che garantisce una tensione $E \pm 10\%$.

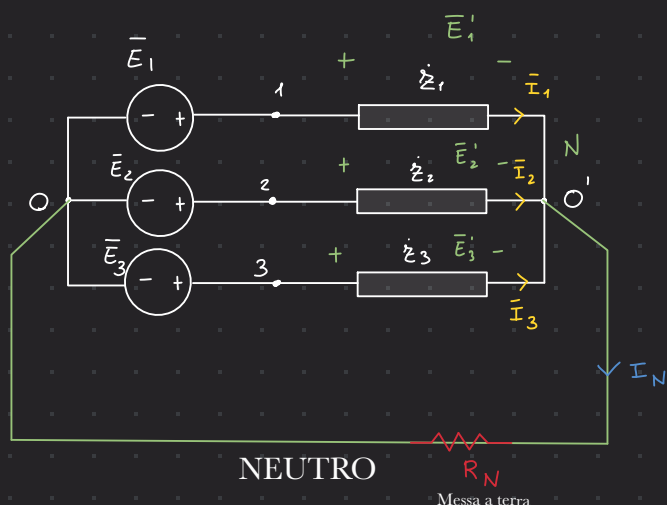
Se il carico è squilibrato, possono esserci delle ripercussioni importanti:



Il caso ideale è quello con o' posizionato al centro degli assi (0,0)



Collegamento stella-stella **con neutro**



IDEALMENTE

$$V_{o'o} = 0 \quad \Rightarrow \quad \bar{E}'_1 = \bar{E}_1, \quad \bar{E}'_2 = \bar{E}_2, \quad \bar{E}'_3 = \bar{E}_3$$

Per via del Neutro

MA Se $R_N \neq 0 \Rightarrow V_{o'o} = R_N \cdot I_N \neq 0$

$$\Rightarrow P_N = R_N \cdot |\bar{I}_N|^2$$

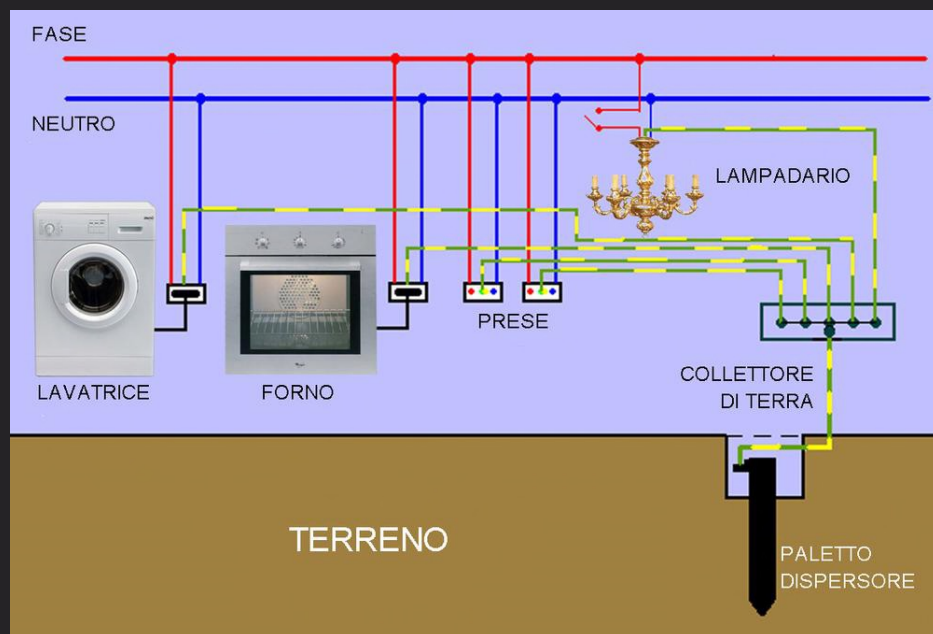
Potenza dissipata dal neutro

Noi cerchiamo quindi di sfruttare entrambe le cose: cerchiamo di avere le impedenze quanto più simili tra loro ed avere la resistenza del neutro quanto più bassa possibile.

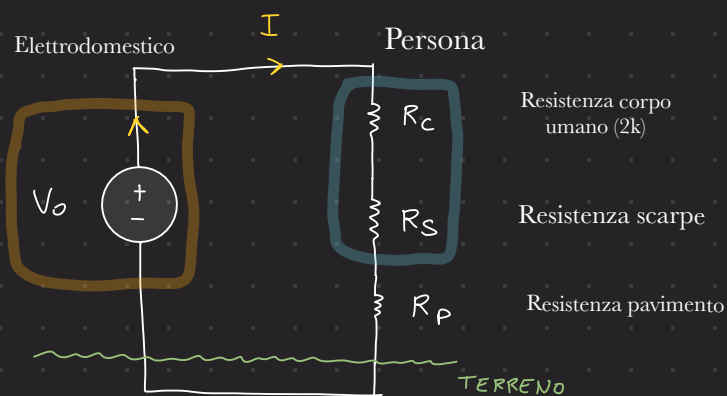
$$I_1 + I_2 + I_3 = 0, \quad I_n = 0$$

$$V_{o'o} = 0$$

Cenni sulla messa a terra

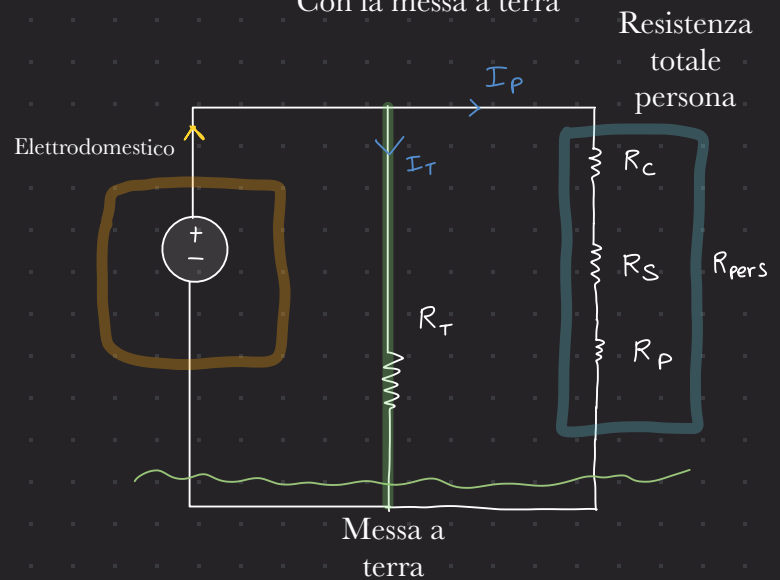


Senza messa a terra



$$I = \frac{V_0}{R_c + R_s + R_p} \rightarrow \text{Se } I > 20\text{mA} \text{ MORTE!}$$

Con la messa a terra



$$I_p = I \cdot \frac{R_t}{R_t + R_{pers}} \quad I_t = I \cdot \frac{R_{pers}}{R_{pers} + R_t}$$

\Rightarrow Se $R_t \ll R_{pers}$ OK!