Terna STELLATA **DIRETTA**

$$\begin{cases} \bar{E}_1 = E_0 \\ \bar{E}_2 = E_0\, e^{-j\frac{2}{3}\pi} \\ \bar{E}_3 = E_0\, e^{-j\frac{4}{3}\pi} \end{cases}$$

Ritardo 120

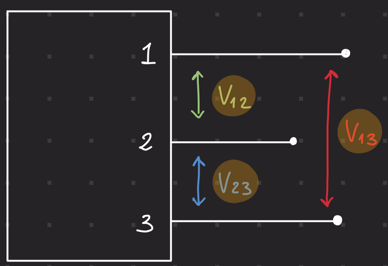
Ritardo 240

Terna STELLATA **INVERSA**

$$\begin{cases} \bar{E}_1 = E_0 \\ \bar{E}_2 = E_0\, e^{+j\frac{2}{3}\pi} \\ \bar{E}_3 = E_0\, e^{+j\frac{4}{3}\pi} \end{cases}$$

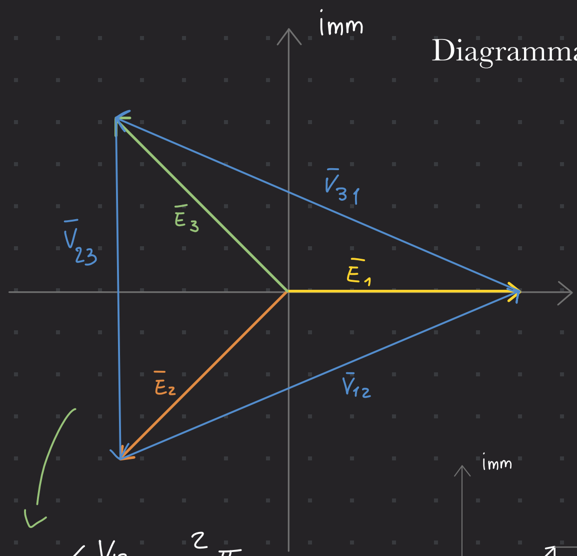
Anticipo 120

Anticipo 240



Tensioni CONCATENATE

Diagramma di Gauss



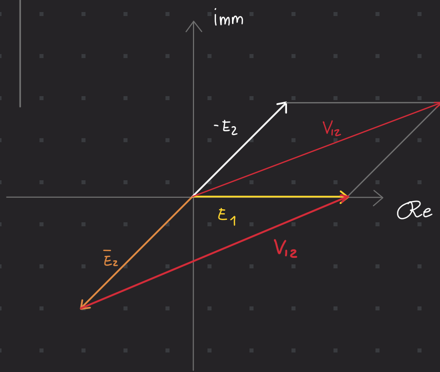
$$\bar{V}_{12} = \bar{E}_1 - \bar{E}_2 = \underbrace{\sqrt{3}\; E_0}_{400\,V} \; e^{j\frac{\pi}{6}}$$

230 V, 30°

$$\bar{V}_{23} = \bar{E}_2 - \bar{E}_3 = \bar{V}_{12}\; e^{-j\frac{2}{3}\pi}$$

$$\bar{V}_{31} = \bar{E}_3 - \bar{E}_1 = \bar{V}_{12}\; e^{-j\frac{4}{3}\pi}$$

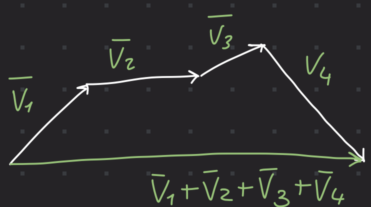
$$\angle V_{23} = \angle V_{12} - \frac{2}{3}\pi = \frac{\pi}{6} - \frac{2}{3}\pi = -\frac{\pi}{2}$$



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

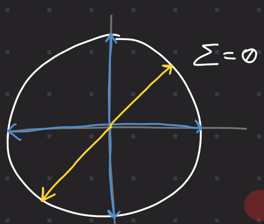
(a) $E_1 - E_2 + E_2 - E_3 + E_3 - E_1 = 0$

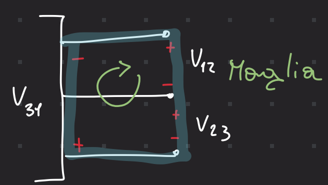
(b) Regola della POLIGONALE



(c) Elettrotecnica: V_{12}, V_{23} e V_{13} formano una Maglia

$\rightarrow \sum_{k=1}^{\ell} V_k = 0$ LKT





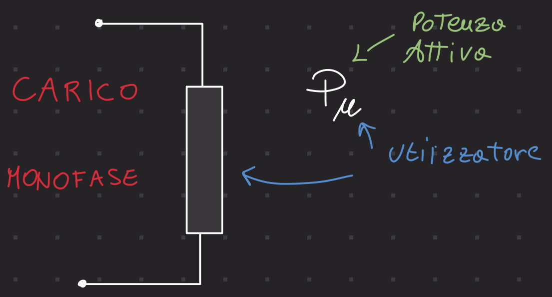
Abbiamo diviso una circonferenza in 3 parti uguali, di conseguenza la somma dei 3 vettori (sfasati di fase costante) fa sempre zero.

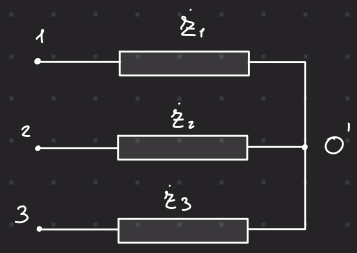
La somma dei fasori di una terna simmetrica (diretta o inversa) è sempre zero.

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

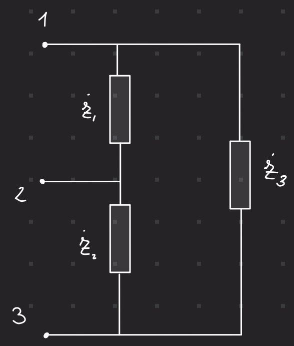
PROPRIETA' GEOMETRICA

Carichi elettrici trifase: stella e triangolo



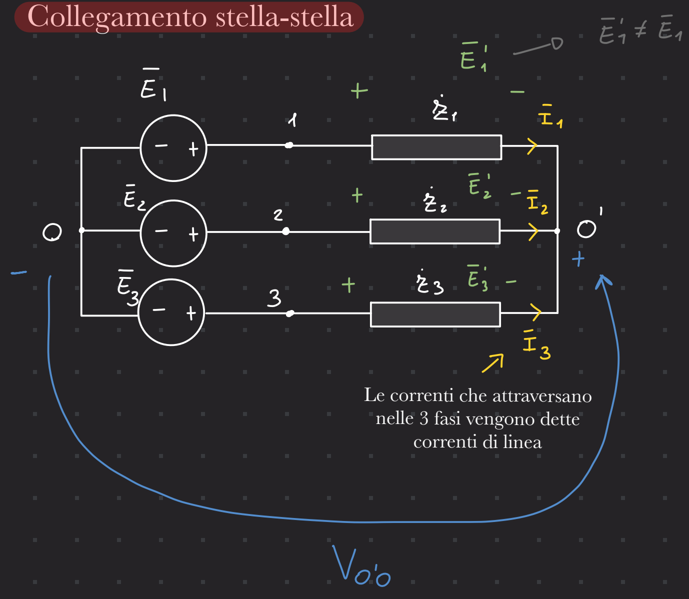


Carico trifase a **stella**



Carico trifase a **triangolo**

Collegamento stella-stella



Le correnti che attraversano nelle 3 fasi vengono dette correnti di linea

(1)

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

LK Maglia

ma
$$\begin{cases} \bar{I}_1 = \dfrac{\bar{E}'_1}{\dot{Z}_1} = \dfrac{\bar{E}_1 - \bar{V}_{o'o}}{\dot{Z}_1} \\ \bar{I}_2 = \dfrac{\bar{E}'_2}{\dot{Z}_2} = \dfrac{\bar{E}_2 - \bar{V}_{o'o}}{\dot{Z}_2} \\ \bar{I}_3 = \dfrac{\bar{E}'_3}{\dot{Z}_3} = \dfrac{\bar{E}_3 - \bar{V}_{o'o}}{\dot{Z}_3} \end{cases}$$

dalla (1)

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

$$\to \quad \frac{\bar{E}_1}{\dot{Z}_1} + \frac{\bar{E}_2}{\dot{Z}_2} + \frac{\bar{E}_3}{\dot{Z}_3} = \bar{V}_{o'o}\left(\frac{1}{\dot{Z}_1} + \frac{1}{\dot{Z}_2} + \frac{1}{\dot{Z}_3}\right)$$

pongo $\dot{Y} = \dfrac{1}{\dot{Z}_K}$

Ammettenza di linea

$$\to \quad \bar{E}_1 \dot{Y}_1 + \bar{E}_2 \dot{Y}_2 + \bar{E}_3 \dot{Y}_3 = \bar{V}_{o'o}\left(\dot{Y}_1 + \dot{Y}_2 + \dot{Y}_3\right)$$

Formula di millmann

$$\to \quad \boxed{\bar{V}_{o'o} = \frac{\bar{E}_1 \dot{Y}_1 + \bar{E}_2 \dot{Y}_2 + \bar{E}_3 \dot{Y}_3}{\dot{Y}_1 + \dot{Y}_2 + \dot{Y}_3}}$$

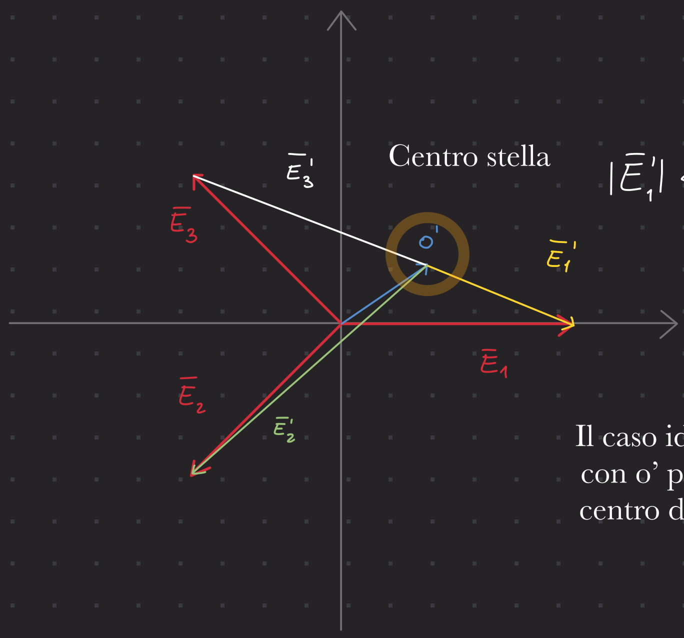
SE $\dot{Z}_1 = \dot{Z}_2 = \dot{Z}_3 = \dot{Z} \Rightarrow \bar{V}_{o'o} = \dfrac{\dot{Y}\,(\overbrace{\bar{E}_1 + \bar{E}_2 + \bar{E}_3}^{\emptyset})}{3\,\dot{Y}} = \emptyset\,V$

$\dot{Z} = \dfrac{1}{\dot{Y}}$

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

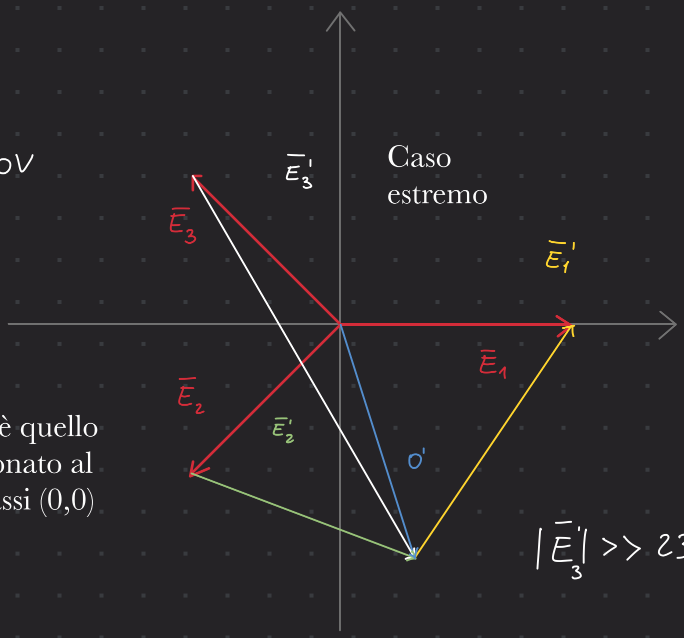
Dobbiamo vedere le impendenze Z1, Z2… come un utilizzatore, ovvero noi. Siccome non possiamo "metterci d'accordo" su quanto utilizziamo dalla rete (carico) il fornitore di energia elettrica non può essere al 100% certo della tensione finale (E); è per questo motivo che garantisce una tensione E +- 10%.

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



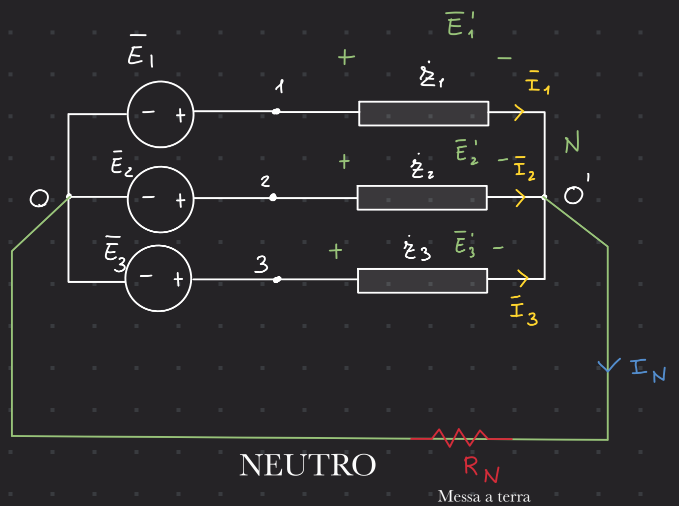
$|\bar{E}_1'| < 230V$

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



$|\bar{E}_3'| >> 230V$

Collegamento stella-stella **con neutro**



IDEALMENTE

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

Per via del Neutro

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

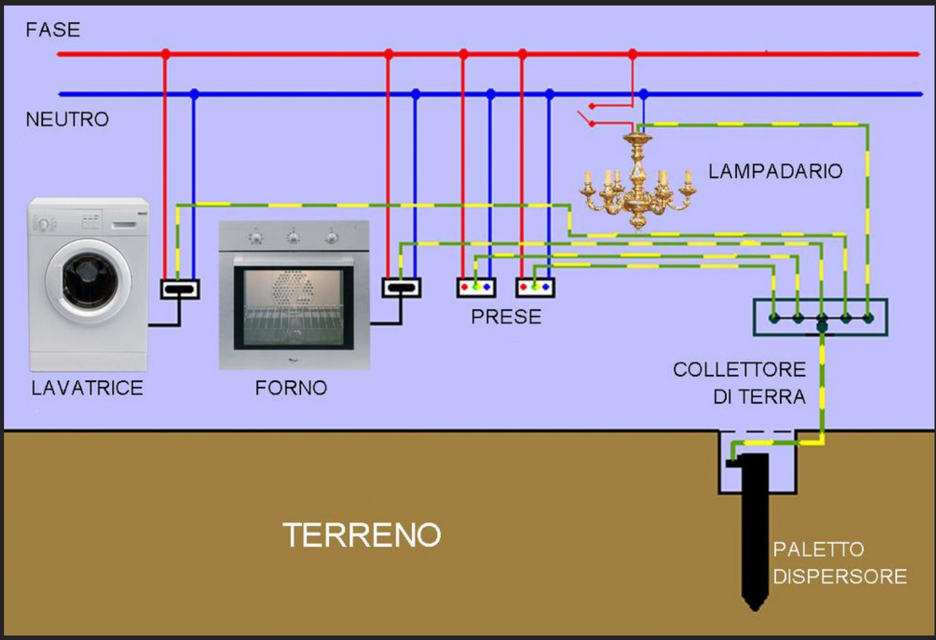
$\Rightarrow P_N = R_N \cdot |\bar{I}_N|^2$ Potenza dissipata dal neutro

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.

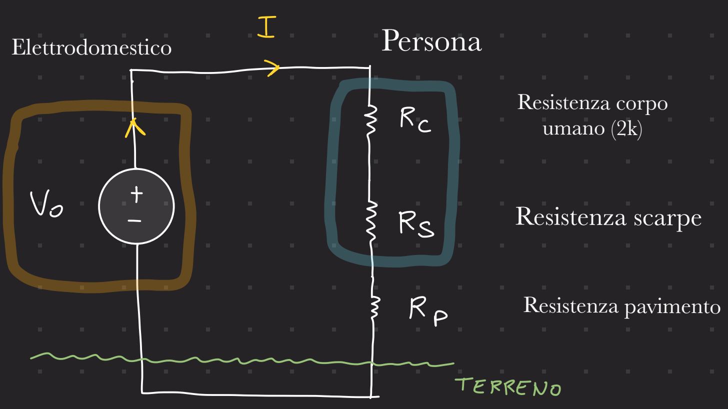
$\rightsquigarrow I_1 + I_2 + I_3 = 0\,, \quad I_n = 0$

$V_{o'o} = 0$

Cenni sulla messa a terra



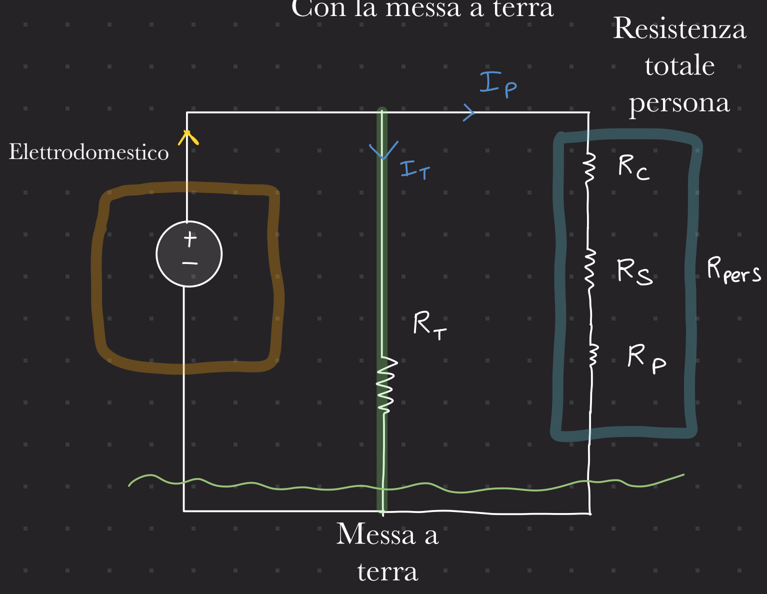
Senza messa a terra



$$I = \frac{V_0}{R_C + R_S + R_P} \rightarrow \text{Se } I > 20mA$$

MORTE!

Con la messa a terra



$$I_P = I \cdot \frac{R_T}{R_T + R_{pers}} \qquad I_T = I \cdot \frac{R_{pers}}{R_{pers} + R_T}$$

$$\Rightarrow \text{Se } R_T << R_{pers} \quad \text{OK!}$$