UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE

Dipartimento di Ingegneria e Architettura

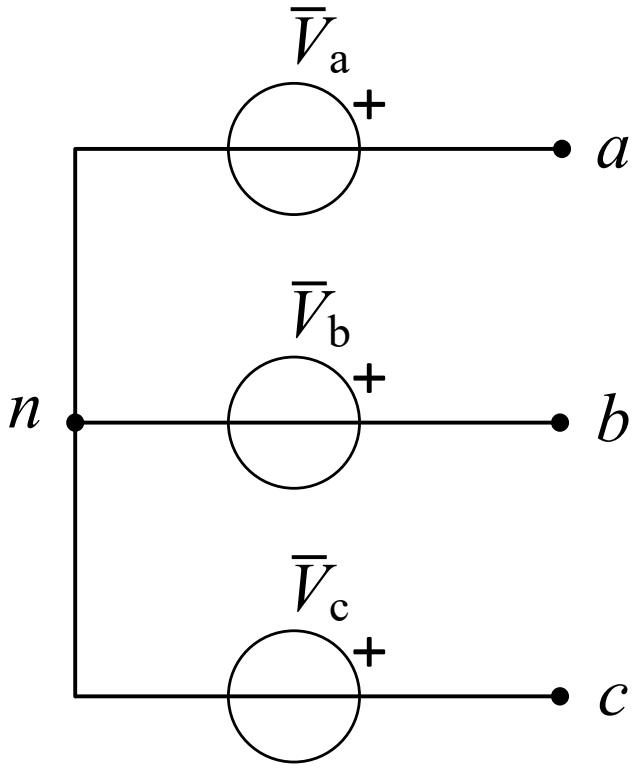
Circuiti Trifase

Elettrotecnica

A.A. 2025 - 2026

Prof. Nicola Blasuttigh – nicola.blasuttigh@units.it

GENERATORE TRIFASE



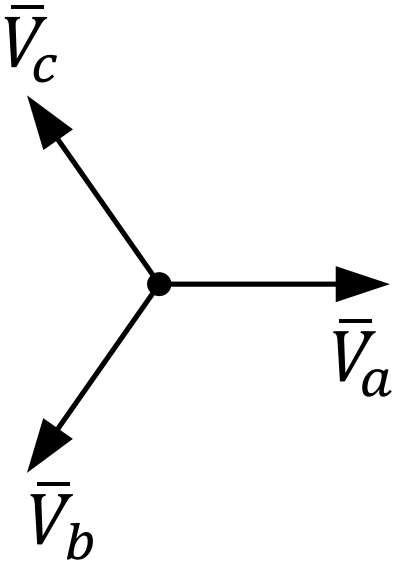
TENSIONI DEI GENERATORI

$$\begin{cases} v_a(t) = V_m \cos(\omega t) \\ v_b(t) = V_m \cos(\omega t - 120°) \\ v_c(t) = V_m \cos(\omega t + 120°) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \bar{V}_a = V_m \\ \bar{V}_b = V_m \angle -120° \\ \bar{V}_c = V_m \angle +120° \end{cases}$$

TERNA DIRETTA

SEQUENZA POSITIVA



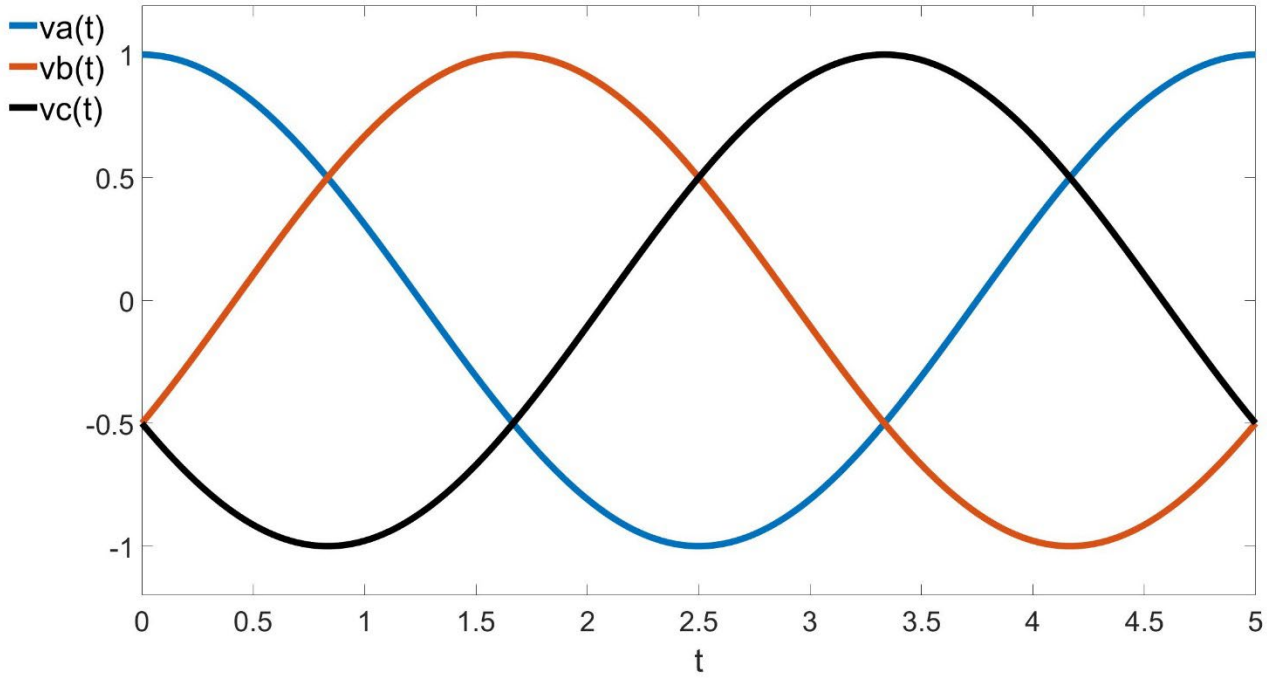
$$\bar{V}_a + \bar{V}_b + \bar{V}_c = 0$$

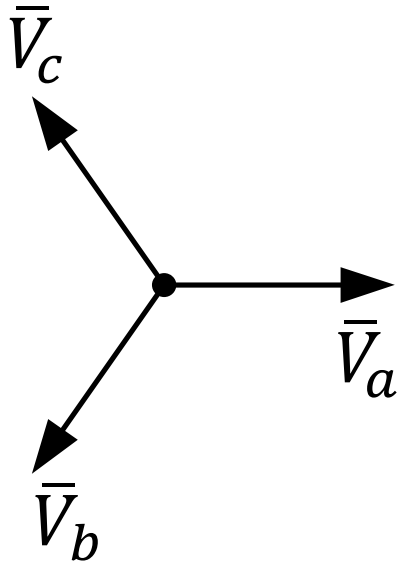
SISTEMA SIMMETRICO DI TENSIONI

SOMMA DELLE TENSIONI NULLA

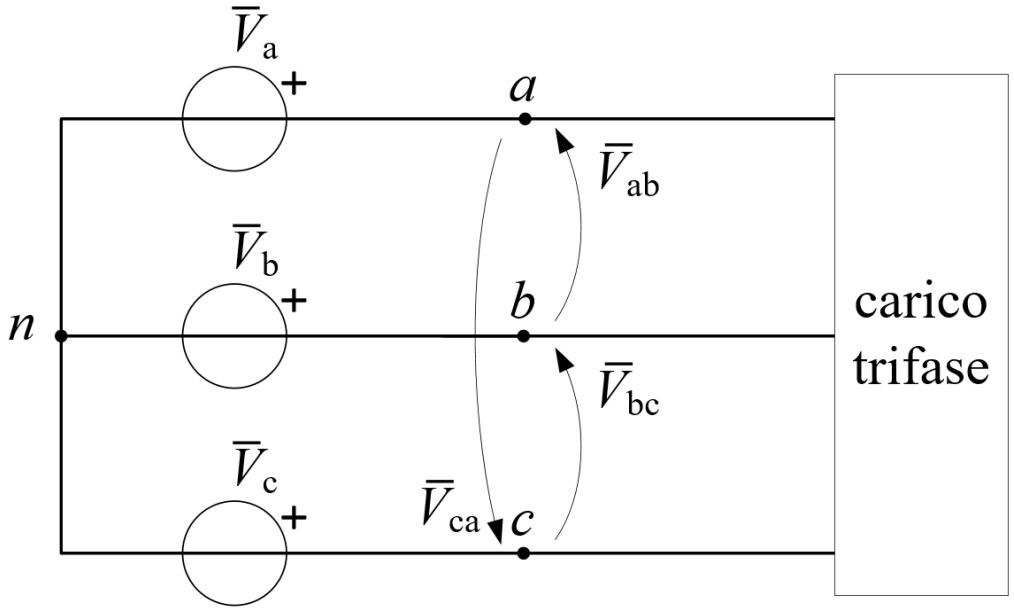
GENERATORE TRIFASE

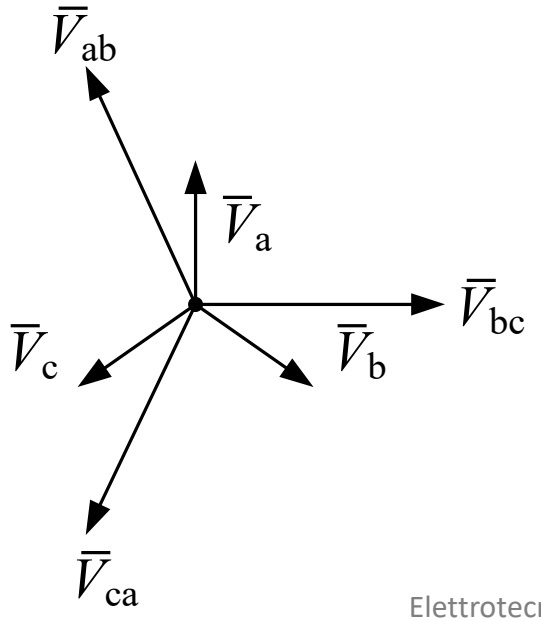
$$\begin{cases} v_a(t) = V_m \cos(\omega t) \\ v_b(t) = V_m \cos(\omega t - 120°) \\ v_c(t) = V_m \cos(\omega t + 120°) \end{cases}$$





CIRCUITI TRIFASE





TENSIONI CONCATENATE

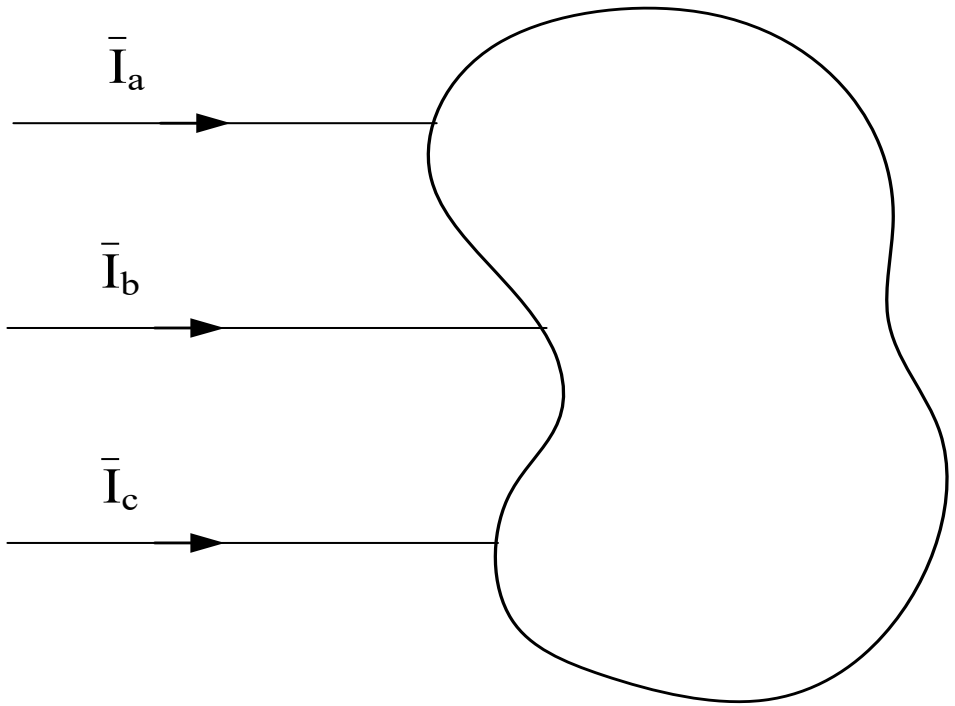
(tensioni di linea)

$$\begin{cases} \overline{V}_{ab} = \overline{V}_a - \overline{V}_b = \sqrt{3} V_m \angle 30° \\ \overline{V}_{bc} = \overline{V}_b - \overline{V}_c = \sqrt{3} V_m \angle -90° \\ \overline{V}_{ca} = \overline{V}_c - \overline{V}_a = \sqrt{3} V_m \angle 150° \end{cases}$$

$\overline{V}_i$ - tensioni dei generatori

TENSIONI CONCATENATE

CIRCUITI TRIFASE



CORRENTI DI LINEA

$$\bar{I}_a + \bar{I}_b + \bar{I}_c = 0$$

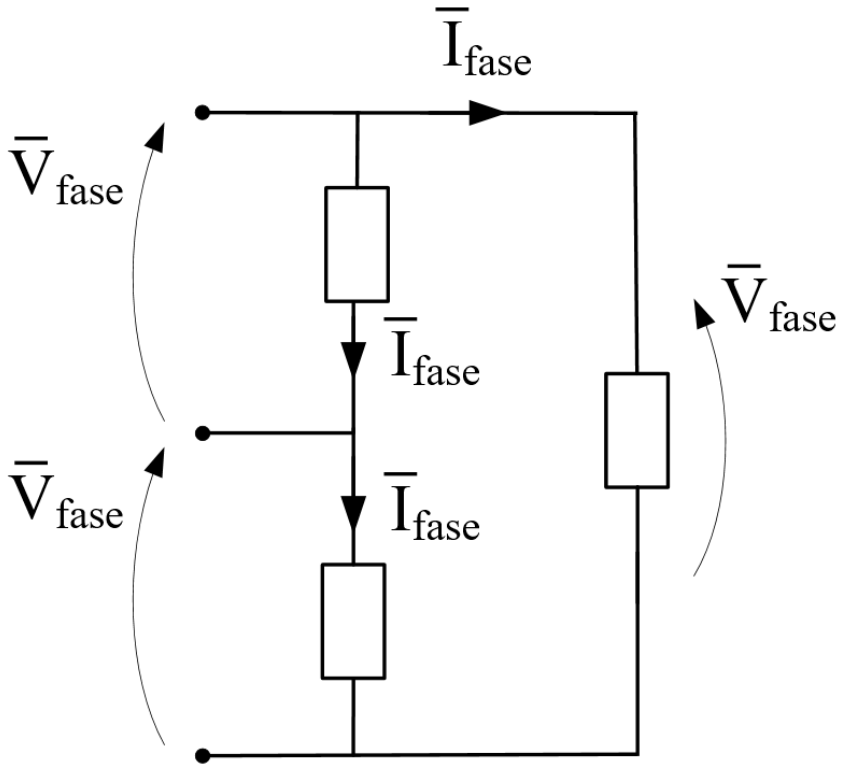
In un carico equilibrato le correnti di linea hanno la stessa ampiezza (un carico squilibrato è invece caratterizzato da correnti di linea con ampiezze diverse)

COLLEGAMENTO DEI CARICHI

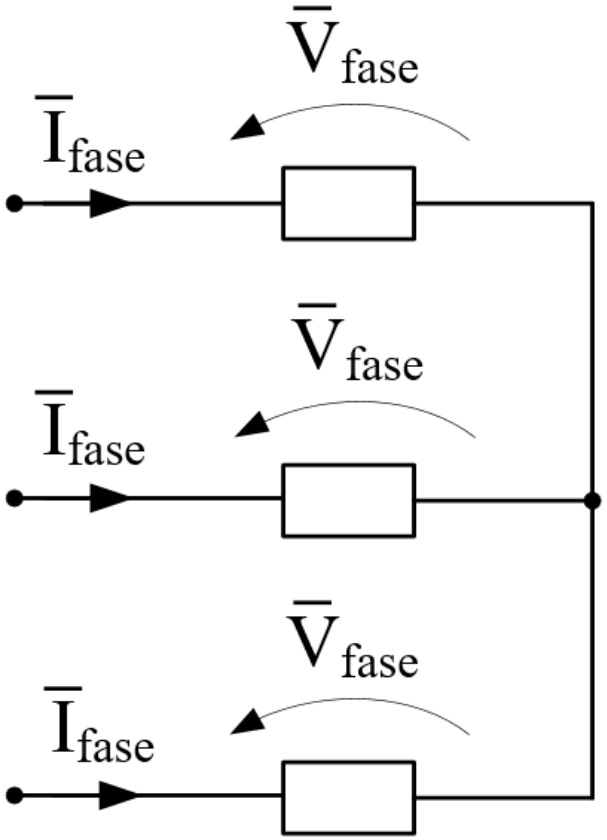
Le correnti che scorrono nelle impedenze dei cari si dicono **correnti di fase**

Le tensioni ai capi delle impedenze dei carichi si dicono **tensioni di fase**

A TRIANGOLO

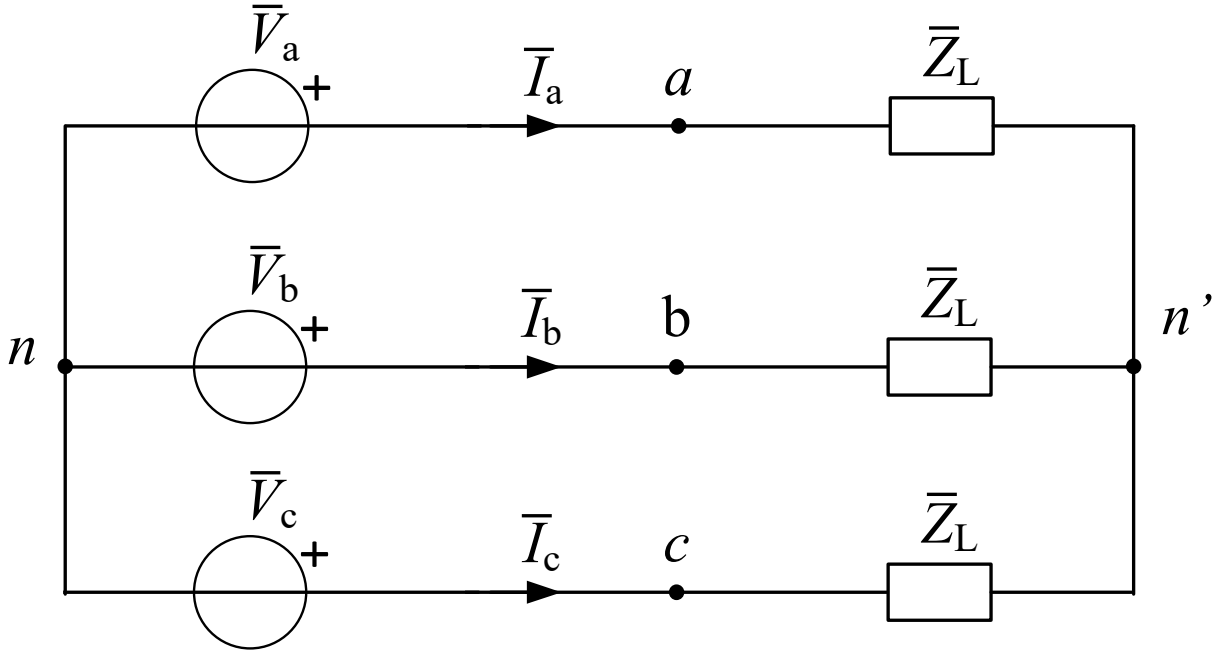


A STELLA



CARICO A STELLA

CENTRO STELLA DEI GENERATORI



CENTRO STELLA DEL CARICO

Cortocircuito virtuale

Se il carico è equilibrato e il sistema di tensioni è simmetrico allora il centro stella del carico è allo stesso potenziale di quello dei generatori:

$$\bar{V}'_n = \bar{V}_n = 0$$

CORTOCIRCUITO VIRTUALE

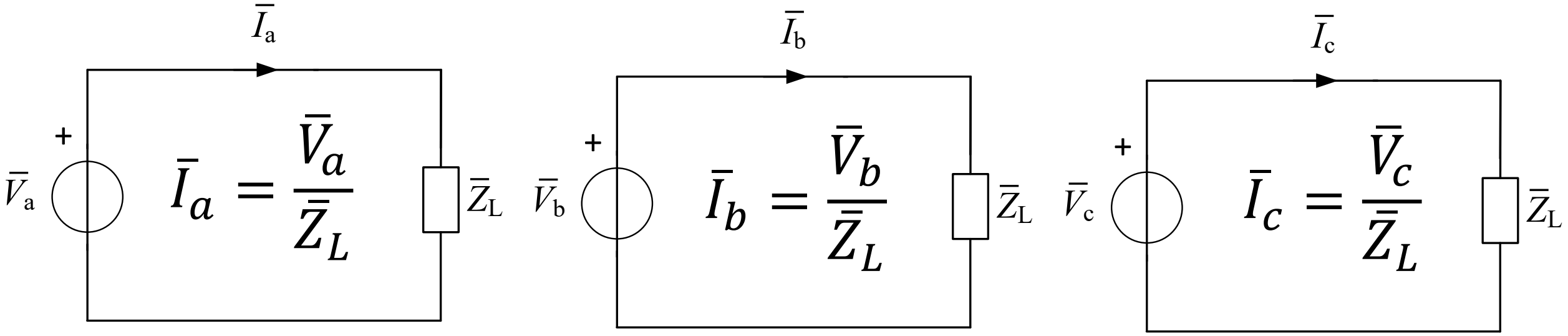
CARICO A STELLA

- Tensioni di fase e dei generatori coincidono (le tensioni di linea sono $\sqrt{3}$ volte le tensioni di fase)
- Correnti di fase e di linea coincidono
- Le correnti di linea formano una terna equilibrata di correnti (il carico è equilibrato e l'alimentazione è simmetrica!)

$$V_f = V_{gen}$$
$$V_l = \sqrt{3} \times V_f$$
$$I_f = I_l$$

$$\begin{cases} \bar{I}_a = \dfrac{\bar{V}_a}{\bar{Z}_L} = \dfrac{V_m}{Z_L} \angle -\varphi \\ \bar{I}_b = \dfrac{\bar{V}_b}{\bar{Z}_L} = \dfrac{V_m}{Z_L} \angle -120° - \varphi \\ \bar{I}_c = \dfrac{\bar{V}_c}{\bar{Z}_L} = \dfrac{V_m}{Z_L} \angle 120° - \varphi \end{cases}$$

CARICO A STELLA

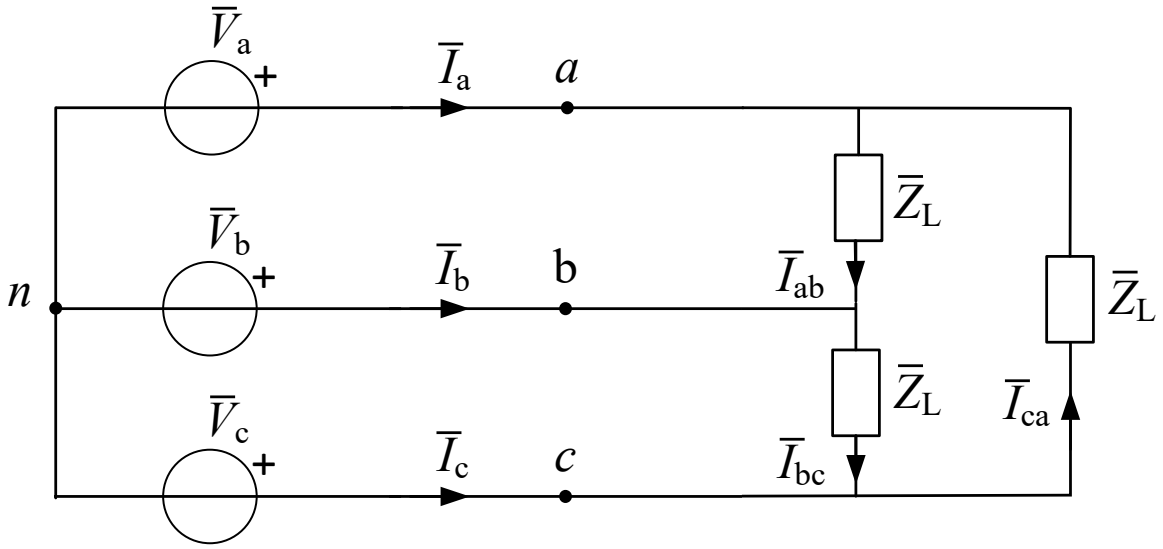


CIRCUITI EQUIVALENTI PER FASE

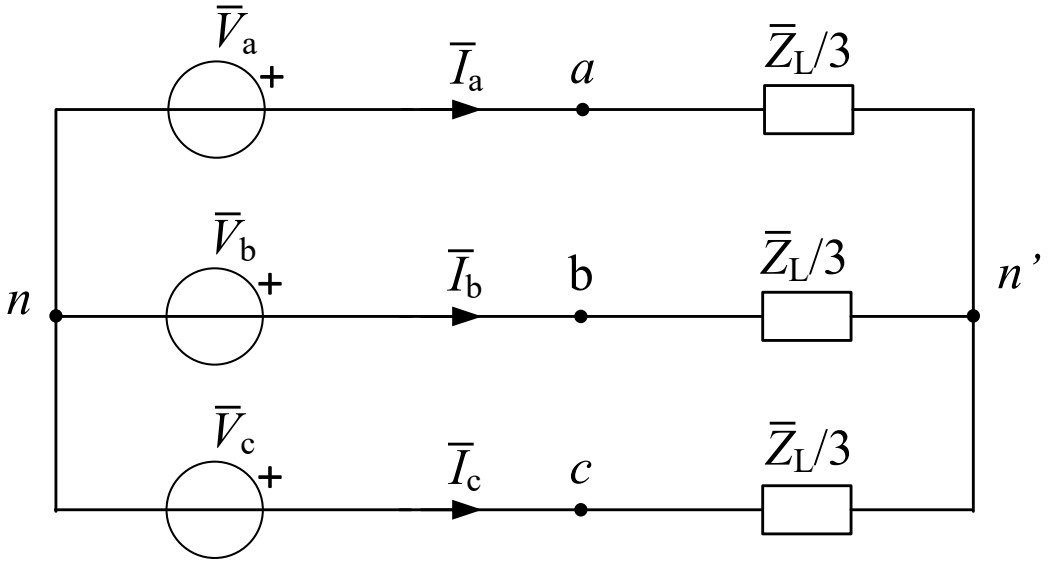
Per un carico equilibrato alimentato da un sistema simmetrico di tensioni, è sufficiente calcolare una delle tre correnti di fase, le altre avranno la stessa ampiezza e saranno sfasate di 120°

ESEMPIO 11.1

CARICO A TRIANGOLO



$$\begin{cases} \bar{I}_a = 3\dfrac{\bar{V}_a}{\bar{Z}_L} = 3\dfrac{V_m}{Z_L} \angle -\varphi \\ \bar{I}_b = 3\dfrac{\bar{V}_b}{\bar{Z}_L} = 3\dfrac{V_m}{Z_L} \angle -120° - \varphi \\ \bar{I}_c = 3\dfrac{\bar{V}_c}{\bar{Z}_L} = 3\dfrac{V_m}{Z_L} \angle 120° - \varphi \end{cases}$$



CARICO A TRIANGOLO

Correnti di fase

$$\begin{cases} \bar{I}_{ab} = \dfrac{\bar{V}_{ab}}{\bar{Z}_L} = \sqrt{3}\dfrac{V_m}{Z_L} \angle 30° - \varphi \\ \bar{I}_{bc} = \dfrac{\bar{V}_{bc}}{\bar{Z}_L} = \sqrt{3}\dfrac{V_m}{Z_L} \angle -90° - \varphi \\ \bar{I}_{ca} = \dfrac{\bar{V}_{ca}}{\bar{Z}_L} = \sqrt{3}\dfrac{V_m}{Z_L} \angle 150° - \varphi \end{cases}$$

Correnti di linea

$$\begin{cases} \bar{I}_a = 3\dfrac{\bar{V}_a}{\bar{Z}_L} = 3\dfrac{V_m}{Z_L} \angle -\varphi \\ \bar{I}_b = 3\dfrac{\bar{V}_b}{\bar{Z}_L} = 3\dfrac{V_m}{Z_L} \angle -120° - \varphi \\ \bar{I}_c = 3\dfrac{\bar{V}_c}{\bar{Z}_L} = 3\dfrac{V_m}{Z_L} \angle 120° - \varphi \end{cases}$$

- Tensioni di fase e di linea coincidono
- Le correnti di linea sono $\sqrt{3}$volte le correnti di fase

$$V_f = V_l$$
$$I_l = \sqrt{3} \times I_f$$

ESEMPIO 11.3

ESEMPIO 11.4

ESEMPIO 11.5

POTENZA CARICO EQUILIBRATO

$$p(t) = 3V_f I_f \cos\varphi = K$$

In un carico equilibrato, la potenza istantanea assorbita è costante (sia nel caso del carico a stella che di quello a triangolo)

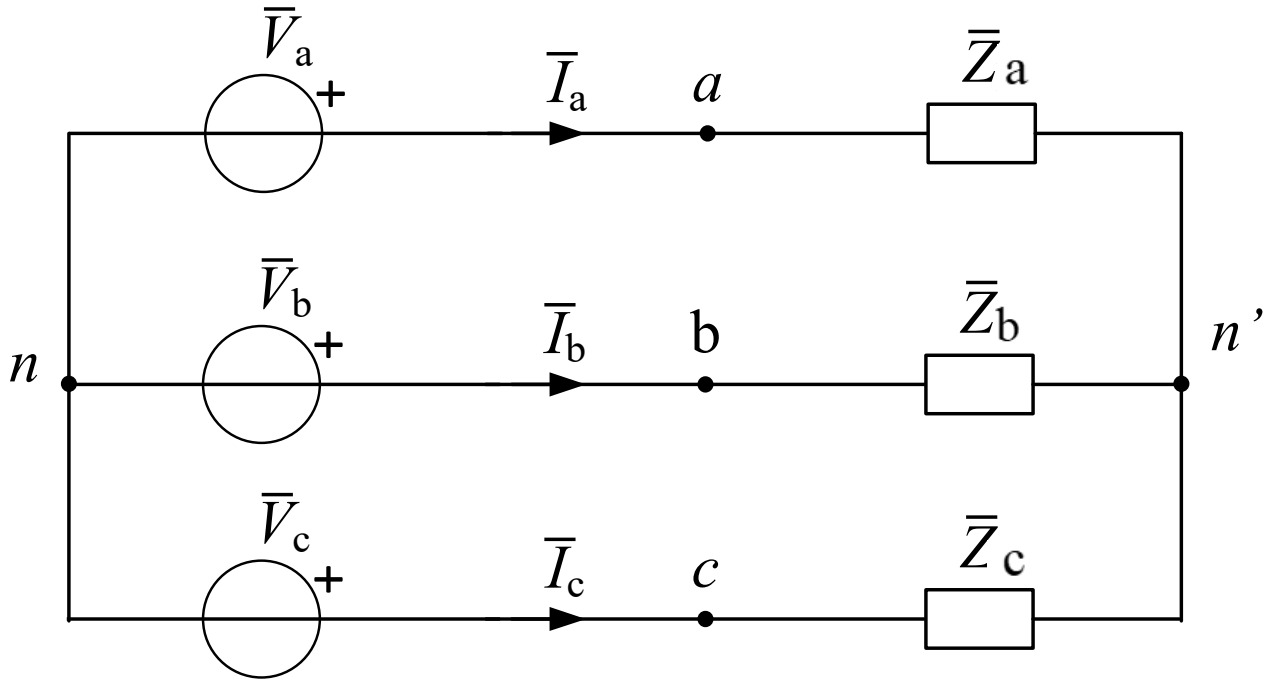
$$P = \sqrt{3} V_l I_l \cos\varphi \qquad Q = \sqrt{3} V_l I_l \sin\varphi$$

$$\bar{S} = \sqrt{3} V_l I_l (\cos\varphi + j \sin\varphi)$$

ESEMPIO 11.6

ESEMPIO 11.7

CARICO SQUILIBRATO A STELLA

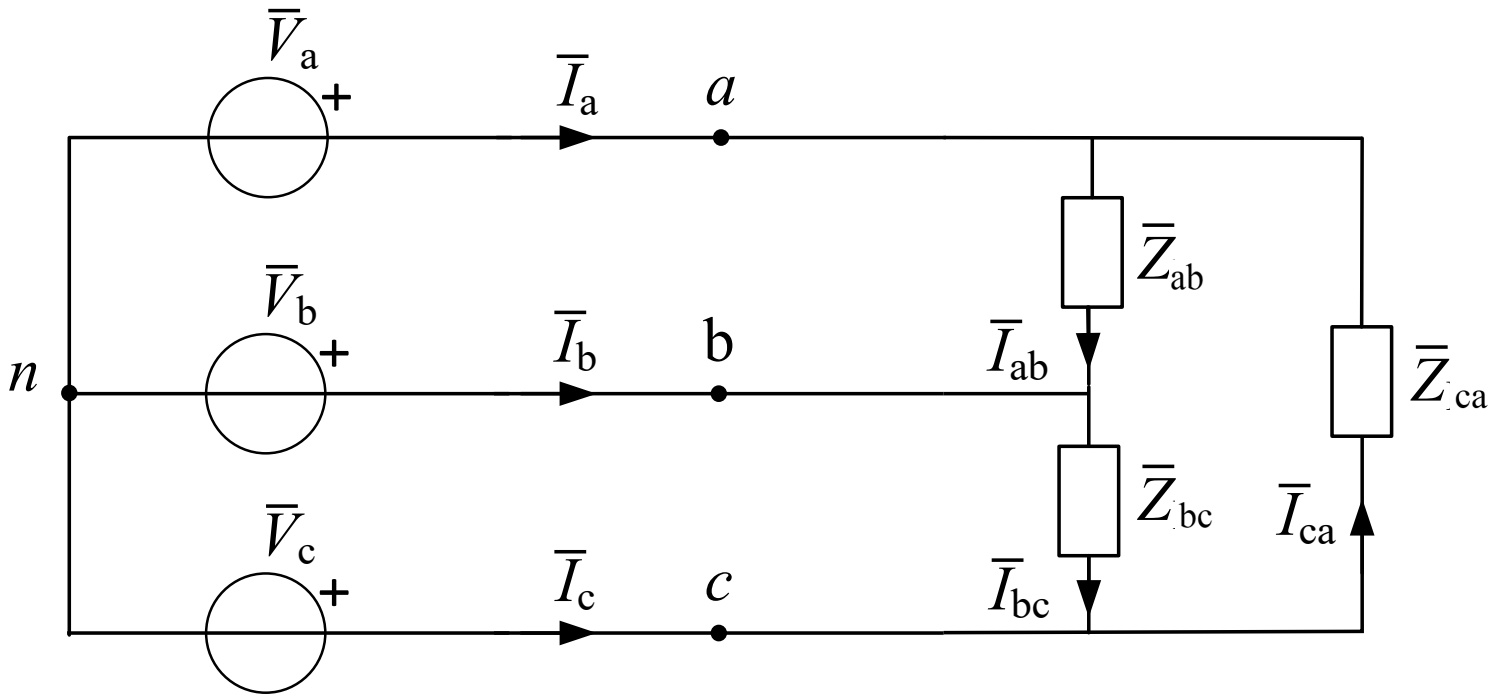


$$V_{n'} = \frac{\bar{V}_a\bar{Y}_a + \bar{V}_b\bar{Y}_b + \bar{V}_c\bar{Y}_c}{\bar{Y}_a + \bar{Y}_b + \bar{Y}_c}$$

$$\bar{I}_i = (\bar{V}_i - \bar{V}_{n'})\bar{Y}_i \qquad i = a, b, c$$

CARICO SQUILIBRATO A TRIANGOLO

$$\begin{cases} \bar{V}_{ab} = \bar{V}_a - \bar{V}_b = \sqrt{3} V_m \angle 30° \\ \bar{V}_{bc} = \bar{V}_b - \bar{V}_c = \sqrt{3} V_m \angle -90° \\ \bar{V}_{ca} = \bar{V}_c - \bar{V}_a = \sqrt{3} V_m \angle 150° \end{cases} \qquad \begin{cases} \bar{I}_a = \bar{I}_{ab} - \bar{I}_{ca} \\ \bar{I}_b = \bar{I}_{bc} - \bar{I}_{ab} \\ \bar{I}_c = \bar{I}_{ca} - \bar{I}_{bc} \end{cases}$$



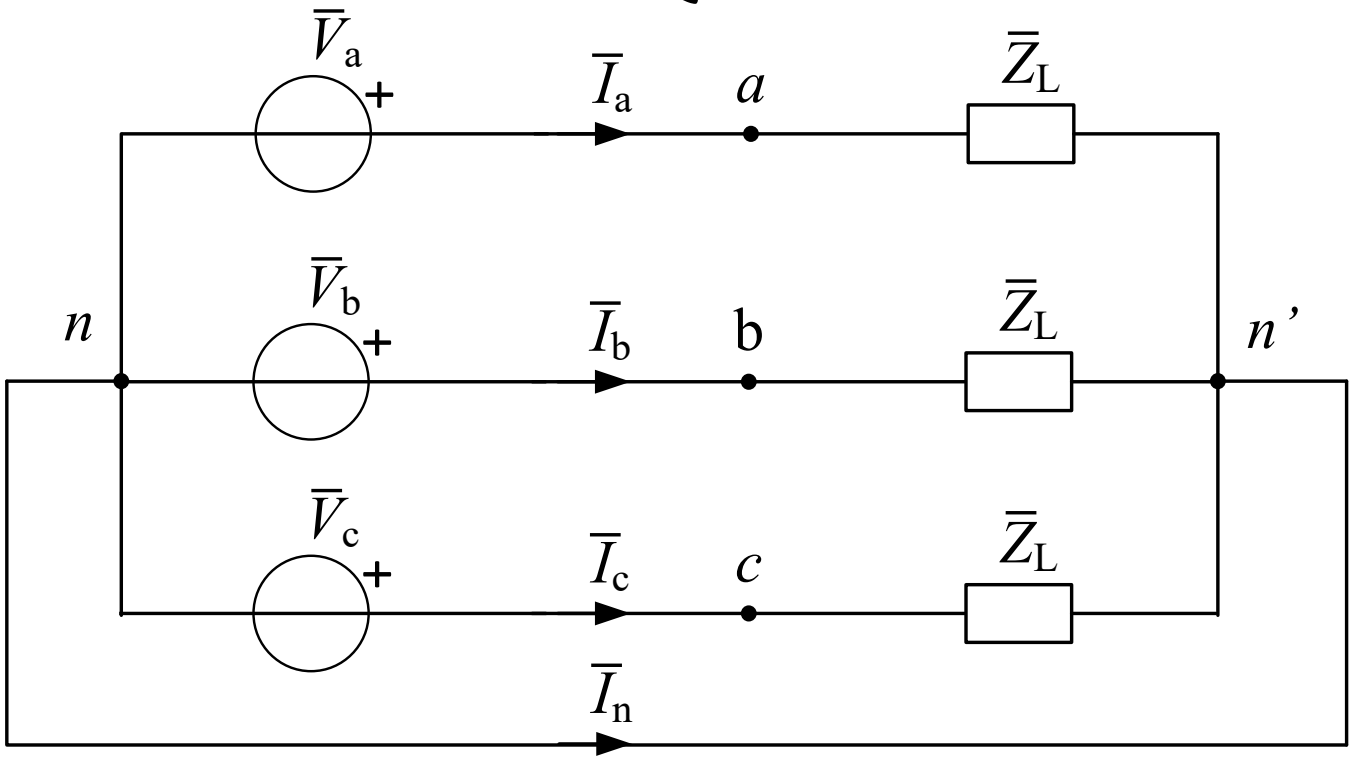
$$\bar{I}_{ab} = \frac{\bar{V}_{ab}}{\bar{Z}_{ab}}$$

$$\bar{I}_{ca} = \frac{\bar{V}_{ca}}{\bar{Z}_{ca}}$$

$$\bar{I}_{bc} = \frac{\bar{V}_{bc}}{\bar{Z}_{bc}}$$

ESEMPIO 11.8

CIRCUITI A QUATTRO FILI



Conduttore di neutro

$$\bar{I}_i = \bar{V}_i \bar{Y}_i \qquad i = a, b, c$$

$$\bar{I}_n = -\bar{I}_a - \bar{I}_b - \bar{I}_c$$

SISTEMI DI DISTRIBUZIONE A 4 FILI

ESEMPIO 11.9

RIFASAMENTO TRIFASE

CONNESSIONE A STELLA

$$C_s = \frac{P_u(\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2)}{\omega V_l^2}$$

CONNESSIONE A TRIANGOLO

$$C_T = \frac{P_u(\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2)}{3\omega V_l^2}$$

TENSIONI SUI CONDENSATORI

ESEMPIO 11.11