



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE**



Dipartimento di
**Ingegneria
e Architettura**

Circuiti Trifase

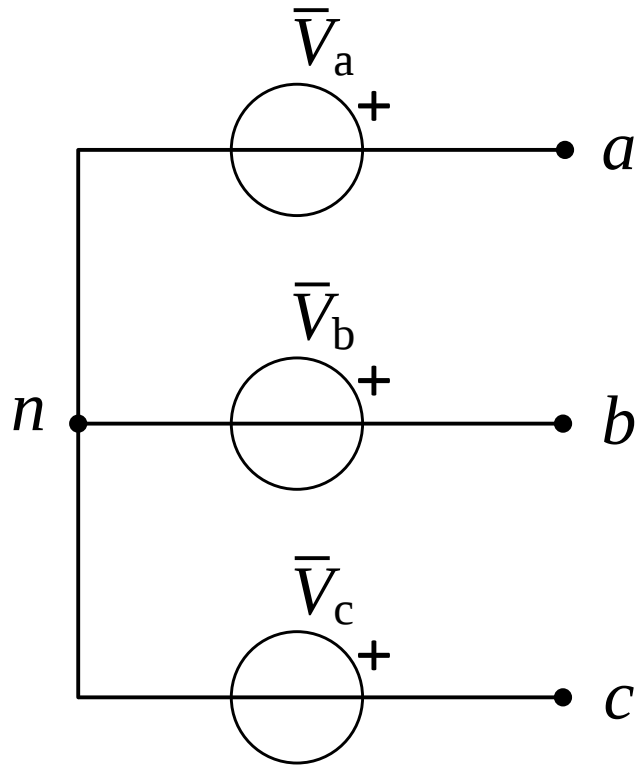
Elettrotecnica

A.A. 2024 - 2025

Prof. Alessandro Massi Pavan – apavan@units.it

GENERATORE TRIFASE

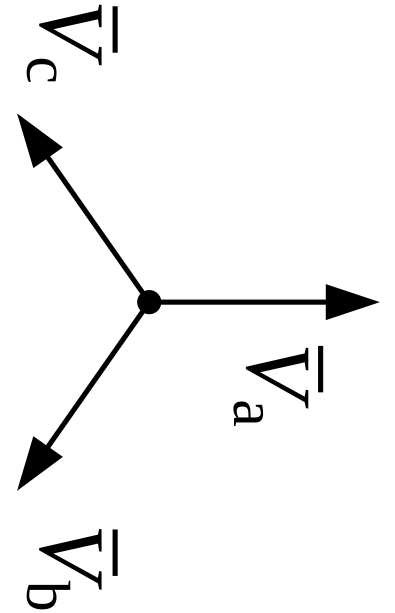
TENSIONI DEI GENERATORI



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

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

TERNA DIRETTA SEQUENZA POSITIVA



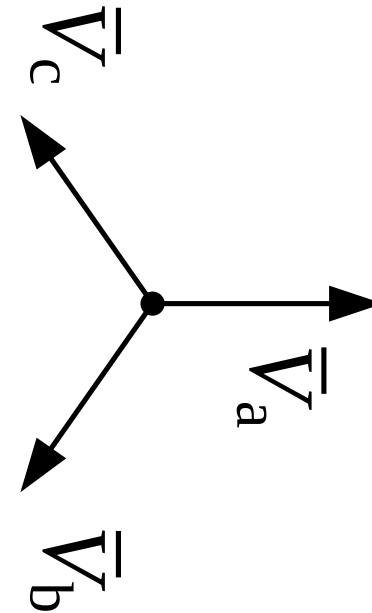
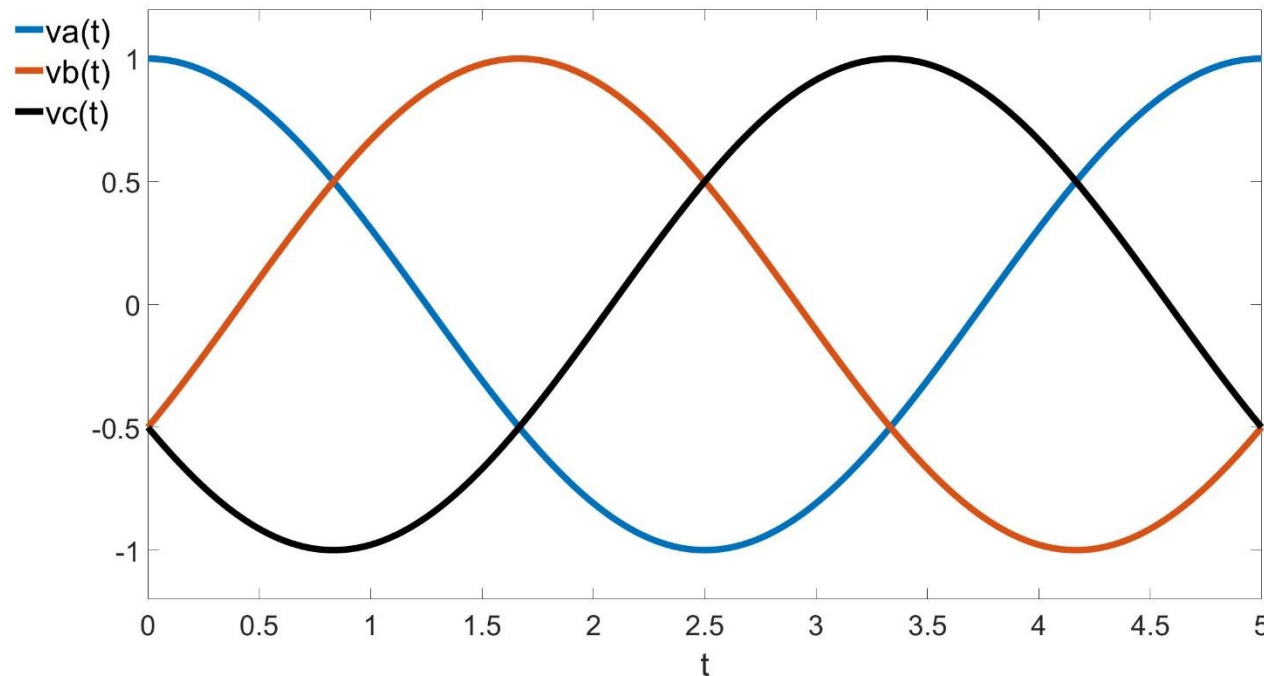
$$\bar{V}_a + \bar{V}_b + \bar{V}_c = 0$$

SISTEMA SIMMETRICO DI TENSIONI

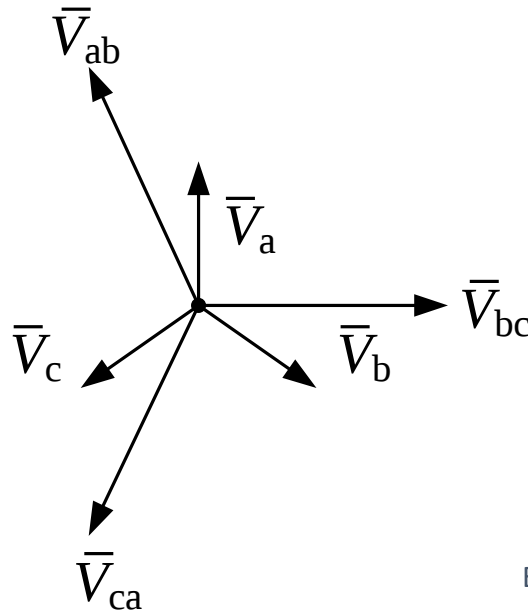
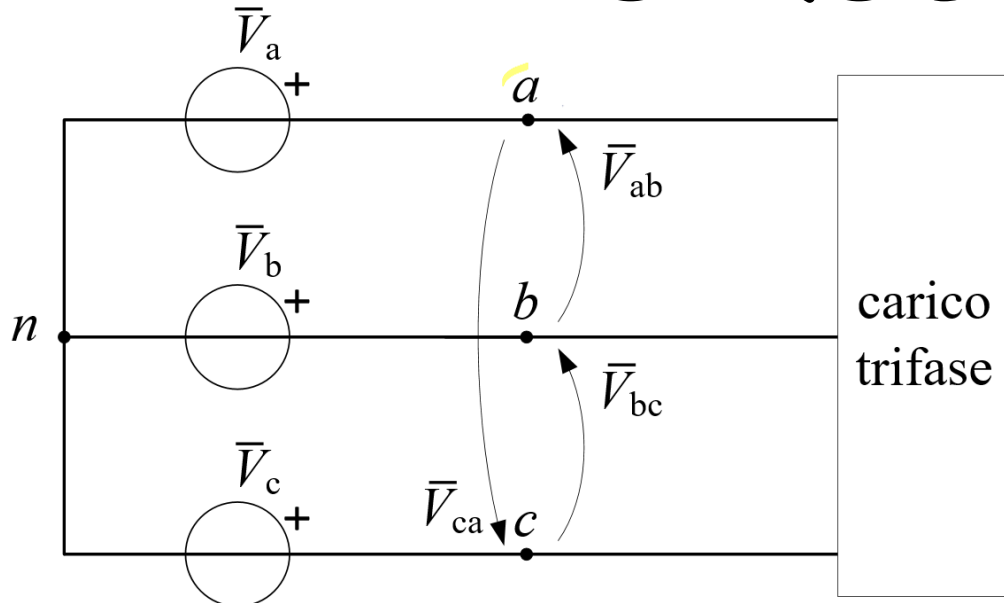
SOMMA DELLE TENSIONI NULLA

GENERATORE TRIFASE

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



CIRCUITI TRIFASE



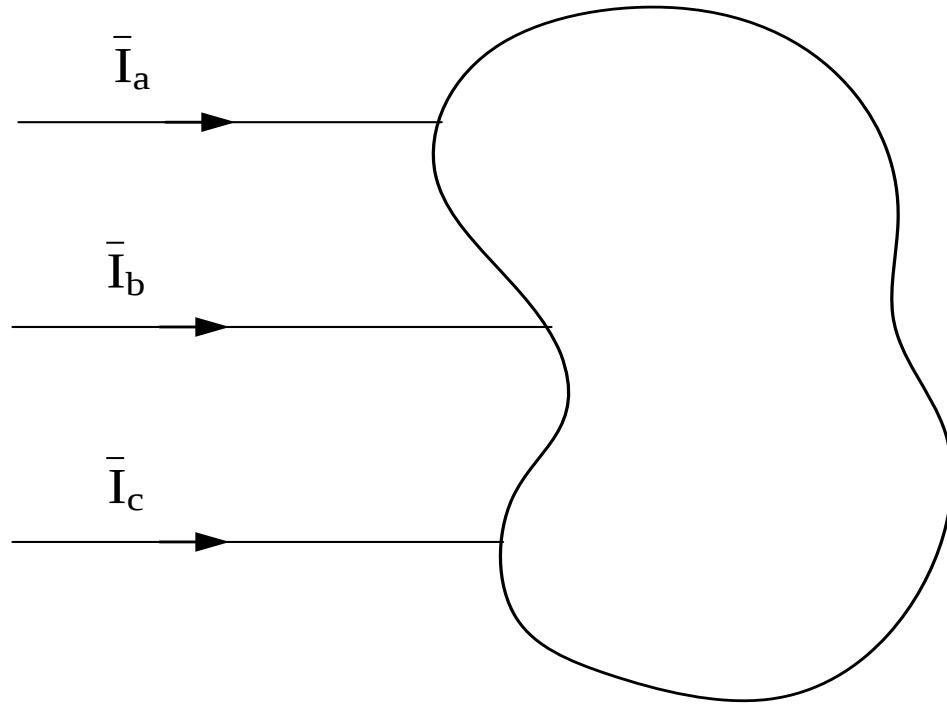
TENSIONI CONCATENATE (tensioni di linea)

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

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

CALCOLO TENSIONI CONCATENATE

CIRCUITI TRIFASE



CORRENTI DI LINEA

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

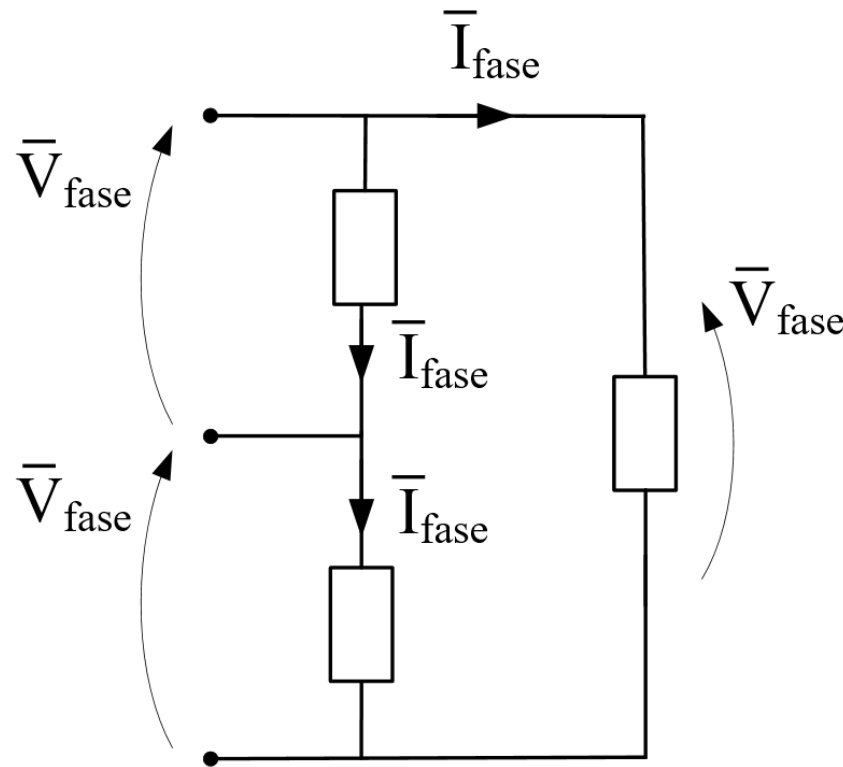
In un carico equilibrato le correnti di linea hanno la stessa ampiezza (un carico squilibrato è invece caratterizzato da correnti di linea con ampiezze diverse)

COLLEGAMENTO DEI CARICHI

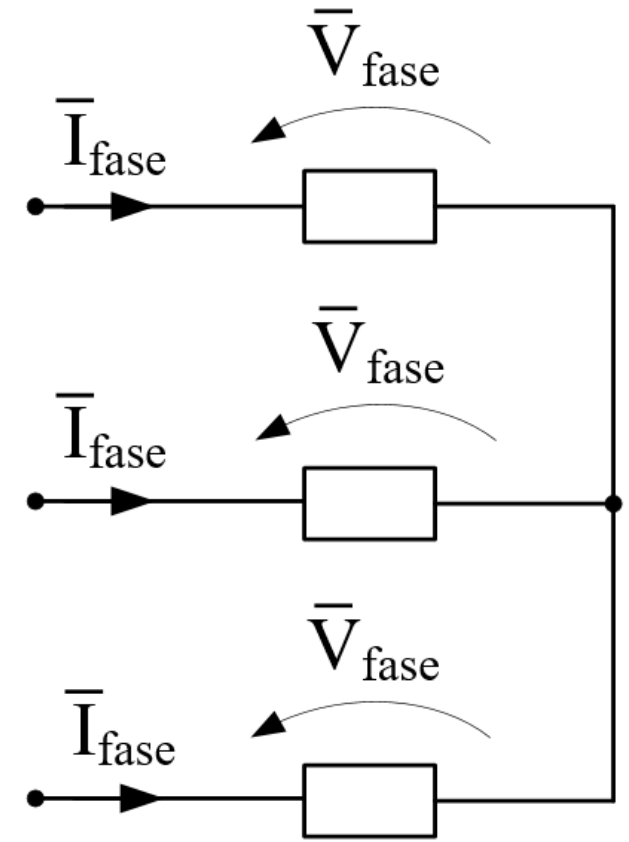
Le correnti che scorrono nelle impedenze dei carichi si dicono correnti di fase

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

A TRIANGOLO

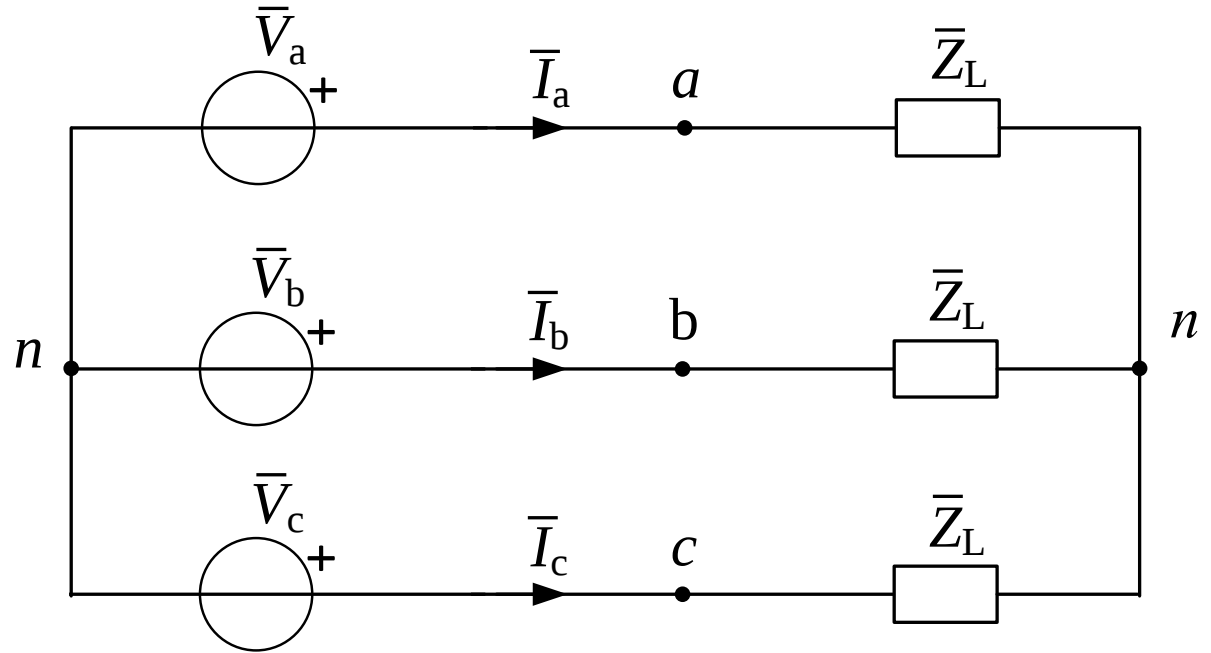


A STELLA



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

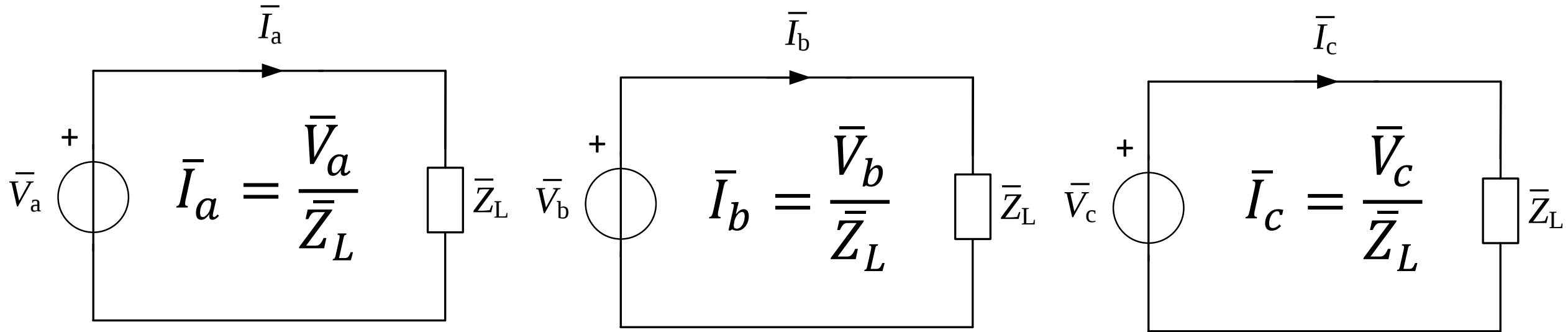
CARICO A STELLA

- 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!)

$$\begin{aligned}V_f &= V_{gen} \\V_l &= \sqrt{3} \times V_f \\I_f &= I_l\end{aligned}$$

$$\left\{ \begin{aligned}\bar{I}_a &= \frac{\bar{V}_a}{\bar{Z}_L} = \frac{V_m}{Z_L} \angle -\varphi \\ \bar{I}_b &= \frac{\bar{V}_b}{\bar{Z}_L} = \frac{V_m}{Z_L} \angle -120^\circ - \varphi \\ \bar{I}_c &= \frac{\bar{V}_c}{\bar{Z}_L} = \frac{V_m}{Z_L} \angle 120^\circ - \varphi\end{aligned}\right.$$

CARICO A STELLA



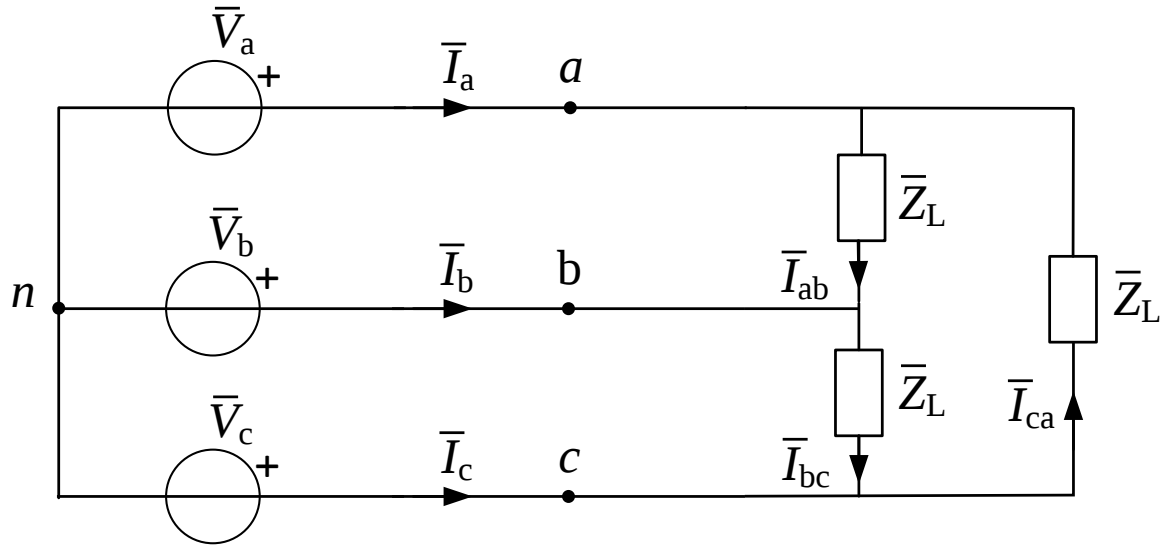
CIRCUITI EQUIVALENTI PER FASE

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°

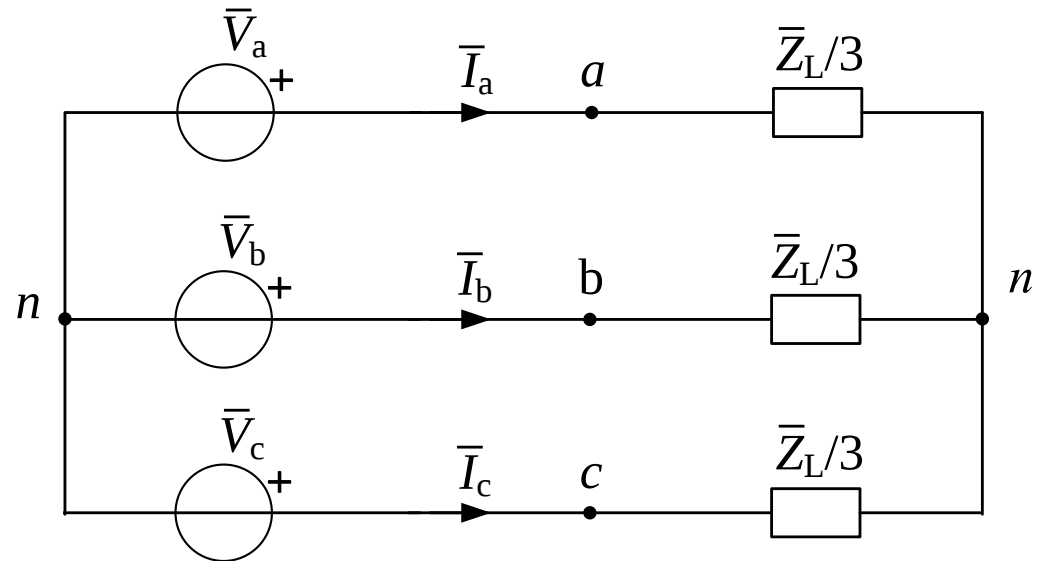
ESEMPIO 11.1

ESEMPIO 11.1

CARICO A TRIANGOLO



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



CARICO A TRIANGOLO

Correnti di fase

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

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

Correnti di linea

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

$$V_f = V_l$$

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

ESEMPIO 11.3

ESEMPIO 11.4

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)

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

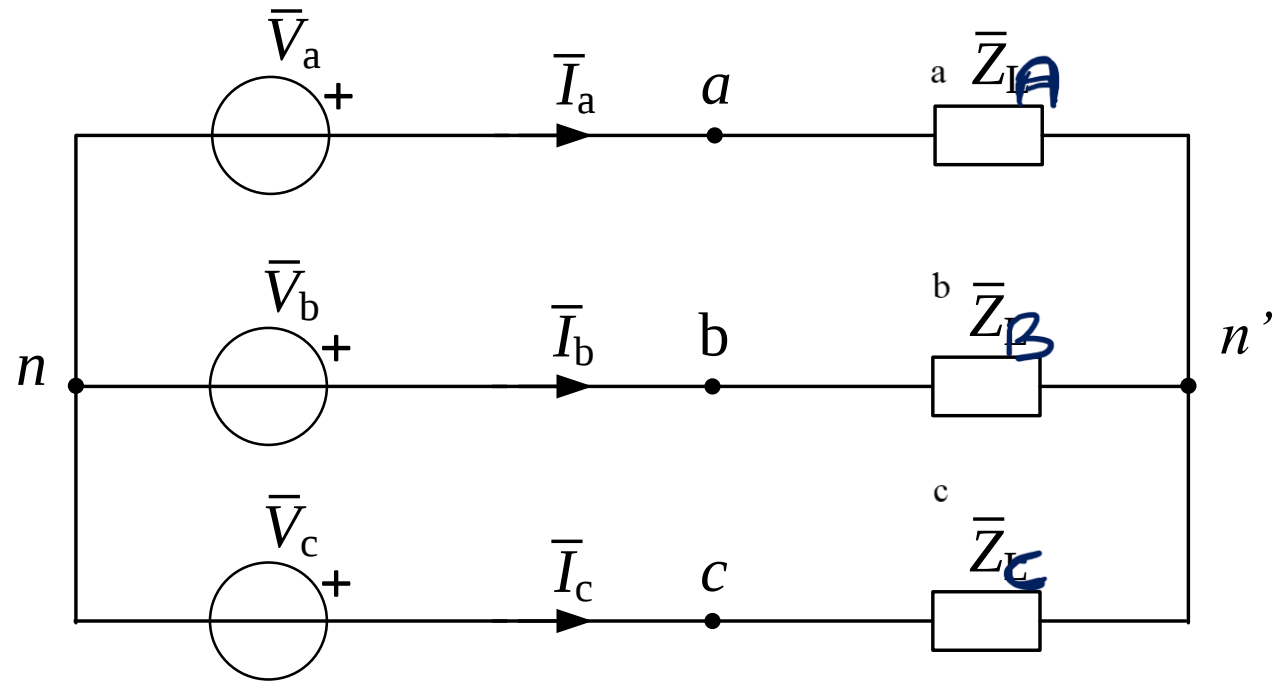
$$\bar{S} = \sqrt{3}V_l I_l (\cos \varphi + j \sin \varphi)$$

ESEMPIO 11.6

ESEMPIO 11.7

ESEMPIO 11.7

CARICO SQUILIBRATO A STELLA

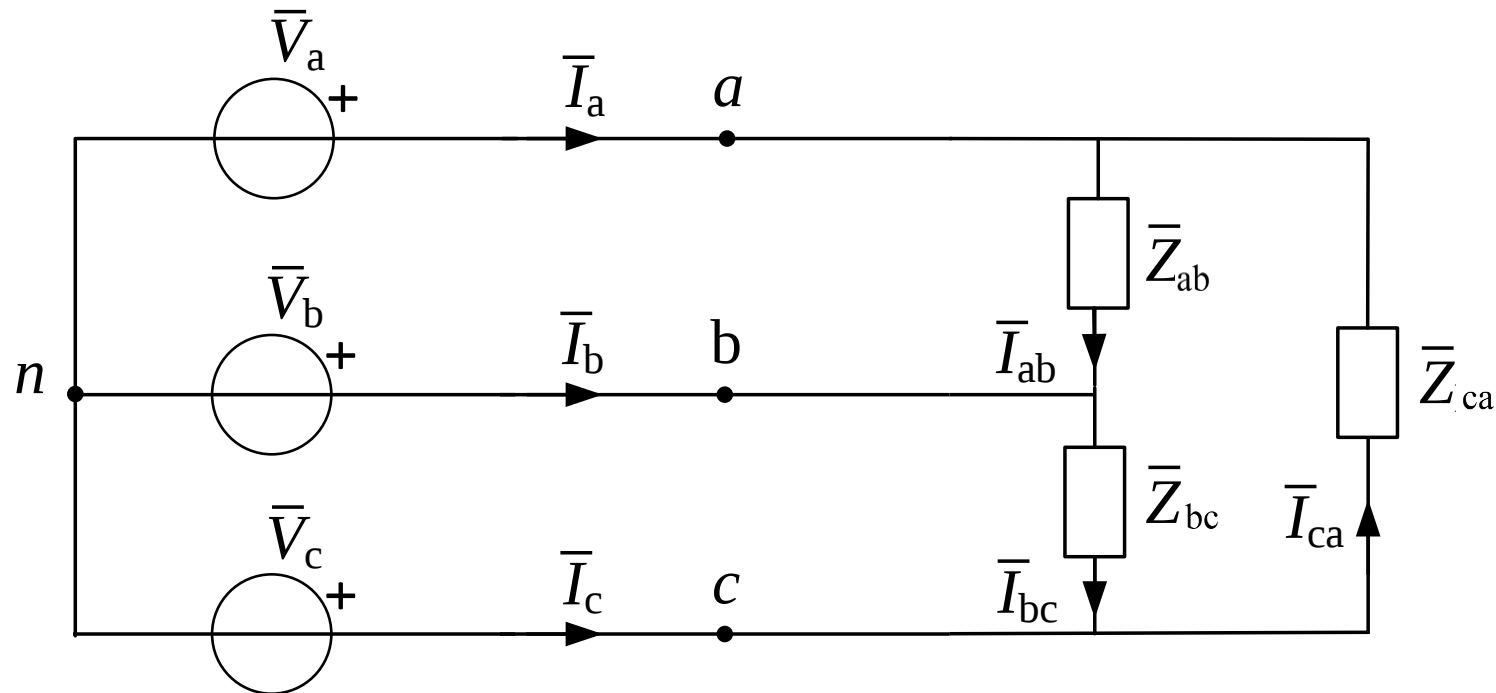


$$V_{n'} = \frac{\bar{V}_a \bar{Y}_a + \bar{V}_b \bar{Y}_b + \bar{V}_c \bar{Y}_c}{\bar{Y}_a + \bar{Y}_b + \bar{Y}_c}$$

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

CARICO SQUILIBRATO A TRIANGOLO

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{V}_{ab} = \bar{V}_a - \bar{V}_b = \sqrt{3}V_m \angle 30^\circ \\ \bar{V}_{bc} = \bar{V}_b - \bar{V}_c = \sqrt{3}V_m \angle -90^\circ \\ \bar{V}_{ca} = \bar{V}_c - \bar{V}_a = \sqrt{3}V_m \angle 150^\circ \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \bar{I}_a = \bar{I}_{ab} - \bar{I}_{ca} \\ \bar{I}_b = \bar{I}_{bc} - \bar{I}_{ab} \\ \bar{I}_c = \bar{I}_{ca} - \bar{I}_{bc} \end{array} \right.$$



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

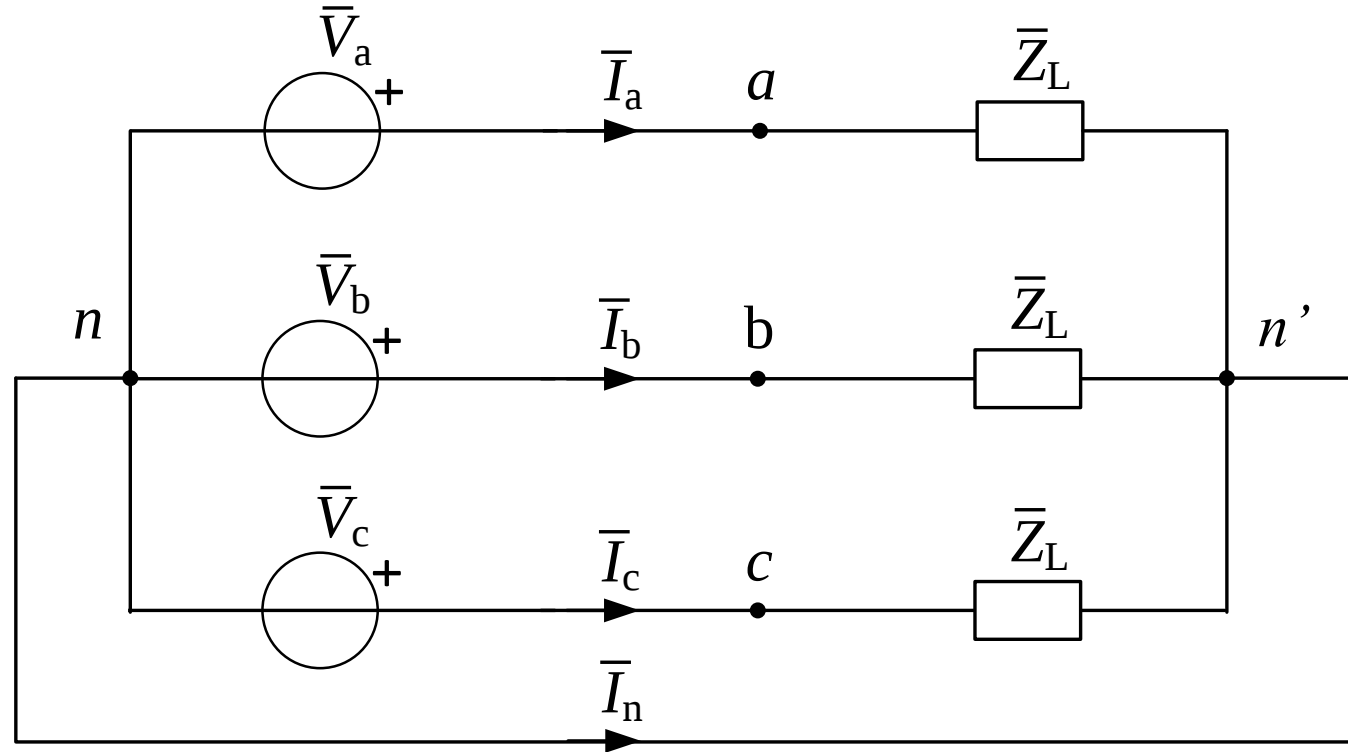
$$\bar{I}_{ca} = \frac{\bar{V}_{ca}}{\bar{Z}_{ca}}$$

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

ESEMPIO 11.8

ESEMPIO 11.8

CIRCUITI A QUATTRO FILI



Conduttore di neutro

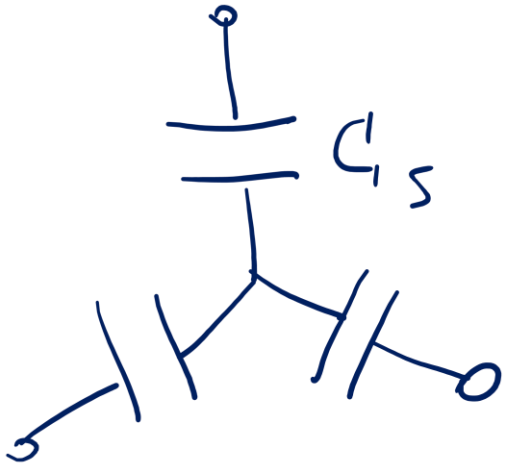
$$\bar{I}_i = \bar{V}_i \bar{Y}_i \quad - \quad i = a, b, c$$

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

SISTEMI DI DISTRIBUZIONE A 4 FILI

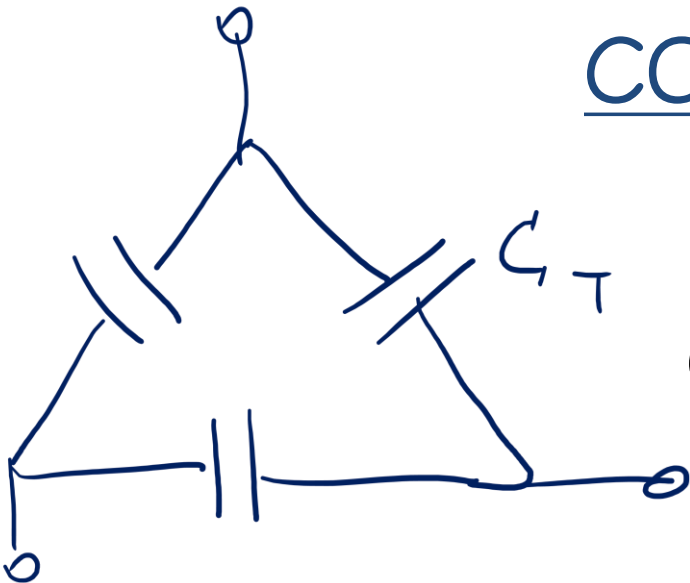
ESEMPIO 11.9

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

