

Il Rifasamento:

★ Tema centrale nella distribuzione dell'energia elettrica.

Agenda:

- Rifasamento;
- Reti trifase;

$$\vec{V} = |V| \cdot e^{j\varphi_V}$$

$$\vec{I} = |I| \cdot e^{j\varphi_I}$$

$$\vec{A} \triangleq \vec{V} \cdot \vec{I}^* = |V||I| e^{j(\varphi_V - \varphi_I)}$$

POTENZA COMPLESSA

$$= |V||I| [\cos(\varphi_V - \varphi_I) + j \sin(\varphi_V - \varphi_I)]$$

sin perché sfasata di 90°

P [W] Q [VAR]

↳ F. CARTESIANA.

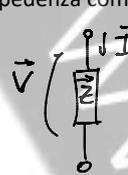
★ $\varphi = \varphi_V - \varphi_I$

- $|\vec{A}| = |V||I|$

- $\varphi_I = (\varphi_V - \varphi) = \varphi$

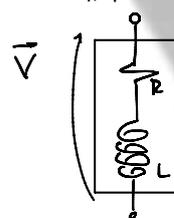
μ.m. [V.A]

Z: (o z equivalente) impedenza del bipolo. In che relazione sono la fase dell'impedenza complessa e l'impedenza complessa stessa? La fase della potenza complessa e di z in che relazione sono? Sono uguali:



$$\vec{Z} \triangleq \frac{\vec{V}}{\vec{I}} = \frac{|V| e^{j\varphi_V}}{|I| e^{j\varphi_I}} = \frac{|V|}{|I|} e^{j(\varphi_V - \varphi_I)}$$

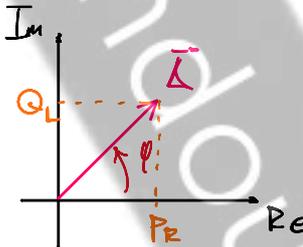
? Data un'impedenza definita come serie di resistore e induttore (rappresentano il carico, una lampadina e un motore elettrico), quali sono le potenze associate al bipolo?



-> La potenza è composta da due fattori:

$$\vec{A} = P_R + j \cdot Q_L$$

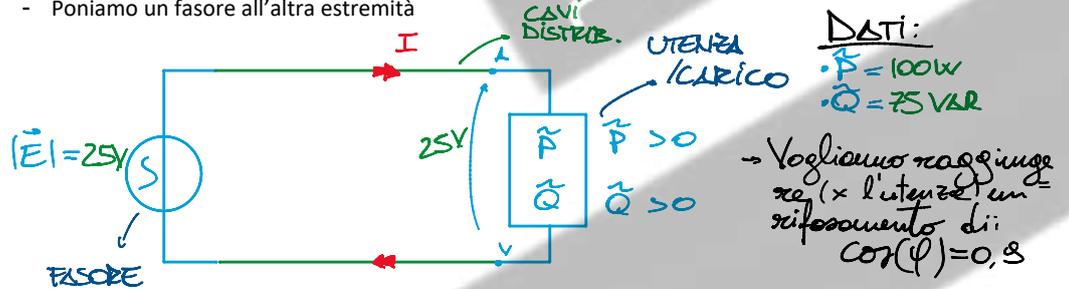
PARTE IMMAGINARIA



Capiremo, data un'utenza industriale ed uno status industriale (che fotografato ci darà una certa fi), come possiamo aumentare la potenza energetica del sistema (produzione, induzione, scarico/utenza) (che significa alzare il coseno=> abbassare l'angolo phi, con P e Q > 0 (aumentare l'efficienza => cos(phi)=1, massimo).

-> hp:

- Cavo di distribuzione: Immaginiamo di apporre al carico elettrico, dei pezzi di cavo elettrico esenti di resistenza (rappresentati quindi come c.c.).
- Poniamo un fasore all'altra estremità



? Data la differenza di potenziale E, qual'è la tensione ai capi dell'utenza?

-> 25V

Quanto vale la corrente I assorbita dal carico?

-> $\vec{A} = \vec{P} + j\vec{Q}$, ma come calcoliamo I? e |I|?

↳ $|I|$ RICAVO M: $|A| = \sqrt{100^2 + 75^2} \approx 125A$

Fase impedenza = fase potenza complessa.

-> Su ciascun bipolo possiamo definire una potenza elettrica, attiva o reattiva che sia.

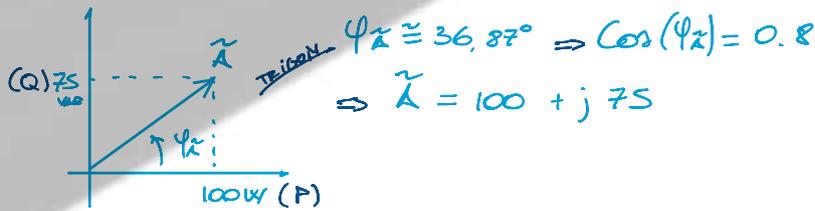
-> A casa la Σ di tutte le potenze attive la sommatoria di tutte le potenze reattive (Carichi ...) sono pari a zero.



www.handouts.it

$$\Rightarrow |\tilde{I}| = |I| |V| \Rightarrow |I| = \frac{|\tilde{I}|}{|V|} = 5A$$

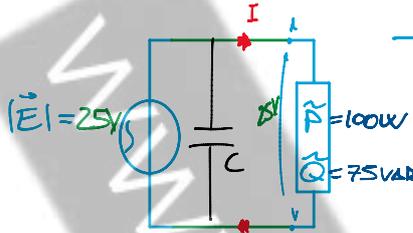
-> Abbiamo solo i moduli, non possiamo utilizzare KVCL,



-> OBJ: arrivare a $\cos(\phi) = 0.9$. => come possiamo alzare $\cos(\phi_{D^{\text{tilde}}}) = 0.8$?

=> Dobbiamo abbassare l'angolo $\phi_{D^{\text{tilde}}}$.

=> Inseriamo un condensatore di rifasamento (essendo in monofase inseriamo un solo condensatore, altrimenti dovremmo inserire, per ciascuna linea, un condensatore) che



$$\rightarrow \tan(\phi_D) = \frac{Q_{TOT}}{P_{TOT}} = \frac{\tilde{Q}_L + Q_C}{\tilde{P}}$$

$$\hookrightarrow Q_{TOT} = \tilde{Q}_L - Q_C$$

$$\hookrightarrow P_{TOT} = \tilde{P} \rightarrow \text{NON SERBAMO NUOVE POTENZE ATTIVE.}$$

$$\star \tan(\phi_D) = \tan[\arccos(0.8)]$$

$$\Rightarrow \text{Da } \cos(\phi_D) = 0.8 \Rightarrow \phi_D = 25.84^\circ$$

$$\Rightarrow$$

$$0.48 = \frac{75 - \omega C \cdot |V_c|^2}{100}$$

$$\tan(25.84^\circ) \hookrightarrow \omega = 2 \cdot \pi \cdot 50 \approx 314$$

$$\Rightarrow C \approx 135 \mu F$$

CONSIDERAZIONI:

$$\rightarrow \text{Pot. compl. iniz. } |\tilde{I}_E| = |I| |V| = 5A \cdot 25V = 125V \cdot A$$

$$\rightarrow Q_C \text{ quanto deve valere (perch\u00e9 } 0.48 = \frac{75 - \omega C \cdot |V_c|^2}{100} \text{)}$$

$$\hookrightarrow \tilde{Q}_C = -27 \text{ VAR.}$$

$$\Rightarrow |\tilde{I}_E|_f = 11.1VA$$

=> A parit\u00e0 di P_{tilde} vista dall'utenza, prima spendevamo 125VA, ora ne consumiamo 111VA (diminuiamo l'impatto).

Dato che \u00e8 sempre possibile, da una rete trifase, ottenere una rete monofase in numeri complessi => operiamo sempre in monofase poich\u00e9 trasformiamo i trifase.

Corico generato da
Bipoli induttivi,
che sfasano.

-> SE Q ESISTE => LE
DUE ONDE DELLA POT.
SONO SFASATE.

Q_C : NUOVA POT. ASSORBITA DA C.

-> FORMULARIO (LEX FREQ)

$$\hookrightarrow Q_C = \omega \cdot C \cdot |V_c|^2$$

(> POT. R. x CONDENS.)

x: INCOGNITA
v: RICAVABILE

$$\tilde{Q}_C = j\omega C |V_c|^2 = \frac{1}{j\omega C} |I_c|^2$$

$$- P_{el} \triangleq V \cdot I$$

$$P_R = V_R \cdot I_R$$

$$\hookrightarrow V_R = R I_R$$

$$\Rightarrow P_R = \frac{R I_R^2}{R}$$

-> $\cos(\phi)$: FATTORE DI
POTENZA
(AL MASSIMO VALE 1)

Sistemi trifase:

Introduzione:

-> Vediamo tre ragioni fondamentali per cui conviene studiare una terna di generatori con tre fasi diverse.

- 1) Erogazione potenza (attiva) costante:
 - > La caratteristica della potenza istantanea ($p(t) = v(t) * i(t)$) in AC è che è oscillatoria (nel tempo non è costante, anche se oscilla vicino una certa media.
 - Le sovraoscillazioni generano dei costi (rispetto al DC).
 - => Un trifase ci permette di buttare via le oscillazioni del monofase;
- 2) Campo magnetico rotante:
 - > Diventa più agevole generare un campo magnetico rotante. Il campo magnetico rotante, ruotando, intercetta una certa bobina, ottenendo così una tensione indotta e se riusciamo ad intercettare questa otterremo il passaggio da energia elettrica a energia meccanica.
 - > possiamo creare un campo magnetico rotante,
 - Facendo rotare tre calamite;
 - Tenendo le calamite ferme, ma generando comunque delle onde che fanno diventare l'energia elettrica in energia meccanica.
 - 3) Risparmio nei costi di distribuzione dell'energia (€ ▽, -25%)
 - > Anche se passando da 3 a 4 cavi;

-> Prendiamo tre sinusoidi nel tempo, con una certa pulsazione ω e una certa fase:

$$\begin{aligned}
 - e_1(t) &= V_f \cos(\omega t + \phi_{1v}); & - i_1(t) &= I_f \cos(\omega t - \phi_i); \\
 - e_2(t) &= V_f \cos(\omega t + \phi_{1v} + 120^\circ); & - i_2(t) &= I_f \cos(\omega t - \phi_i + 120^\circ); \\
 - e_3(t) &= V_f \cos(\omega t + \phi_{1v} - 120^\circ); & - i_3(t) &= I_f \cos(\omega t - \phi_i - 120^\circ);
 \end{aligned}$$

-> Ricordando che:

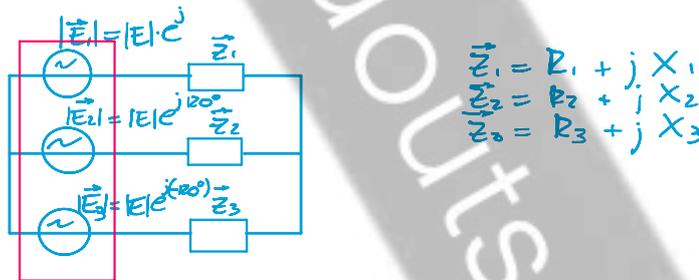
$\phi = \phi_v - \phi_i \Rightarrow \phi_i = -\phi$
 $\phi_v = 0 \Rightarrow$ POSSIAMO SEMPLIFICARE.
 $A \cos(\omega t + \phi) \rightarrow Ae^{j\phi}$

=> inserendo $\sqrt{2}$:

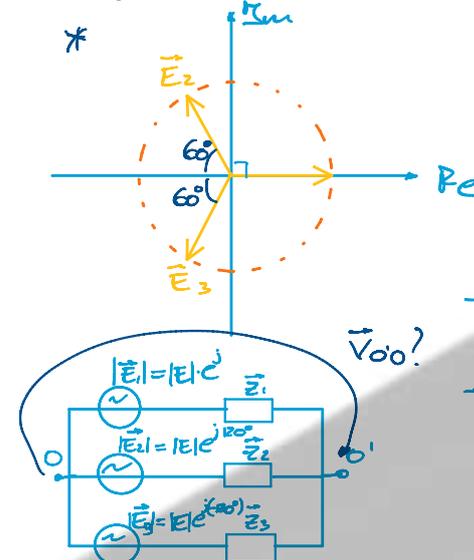
$$\begin{aligned}
 \bullet e_1(t) &= \sqrt{2} V_f \cos(\omega t + \phi_{1v}); & - i_1(t) &= \sqrt{2} I_f \cos(\omega t - \phi_i); \\
 \bullet e_2(t) &= \sqrt{2} V_f \cos(\omega t + \phi_{1v} + 120^\circ); & - i_2(t) &= \sqrt{2} I_f \cos(\omega t - \phi_i + 120^\circ); \\
 \bullet e_3(t) &= \sqrt{2} V_f \cos(\omega t + \phi_{1v} - 120^\circ); & - i_3(t) &= \sqrt{2} I_f \cos(\omega t - \phi_i - 120^\circ);
 \end{aligned}$$

=> la somma delle potenze istantanee è costante: $P(t) = P_1(t) + P_2(t) + P_3(t) = \text{cost}$

-> La rete sarà:



-> Immaginiamo che ω siano delle linee di distribuzione; disegnano nel diagramma Re, Im i tre fasori:



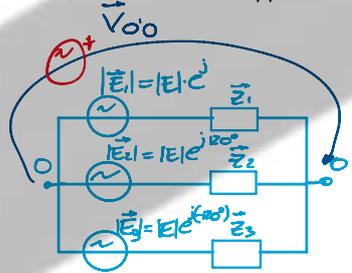
Quando un sistema trifase ha uno sfasamento reciproco tra una fase e l'altra di $120^\circ \Rightarrow$ il sistema si chiama simmetrico.

-> Caso 2:

- Z: cavi di distribuzione: $\vec{Z}_1 = \vec{Z}_2 = \vec{Z}_3 = \vec{Z}$
- E: generatori;
- => il sistema si dice equilibrato.

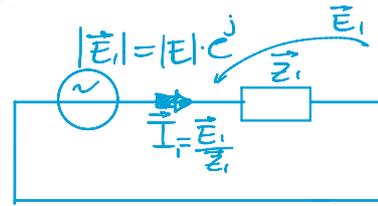
$$\begin{aligned}
 \rightarrow \vec{V}_{00} &= \frac{\vec{E}_1}{\vec{Z}_1} + \frac{\vec{E}_2}{\vec{Z}_2} + \frac{\vec{E}_3}{\vec{Z}_3} \\
 &= \frac{1}{\vec{Z}} + \frac{1}{\vec{Z}} + \frac{1}{\vec{Z}} \\
 \rightarrow \vec{V}_{00} &= \frac{(\vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3)}{3} = 0V \Rightarrow \text{C.C.} \\
 &\text{DA TRIGONOR. Di *}
 \end{aligned}$$

=> Tenendo conto dello sdoppiamento dei generatori, è come se sdoppiassimo il c.c. Ottenendo:



TRIFASE

=>



MONOFASE .

=> possiamo passare da monofase a trifase.

www.handouts.it