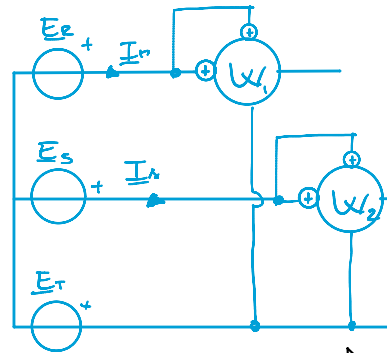


- 2 esercizi;
 - > Solitamente:
 - Trifase equilibrati/non;
 - Economia;
 - 5 sottopunti ciascun esercizio;
 - Totale di punti: 30;
- 1 domanda teorica;

- > Primo appello no esercizi sui motori;
- > Open Book (no open tecnologia);
 - Tabelle;
 - Attualizzazione degli investimenti serve sicuro => portarla.
 - Formulario con concetti chiave

Inserzione Aron dei Wattmetri:

Se abbiamo una rete a n fili => possiamo misurare la terna attiva dei generatori con n-1 Wattmetri:



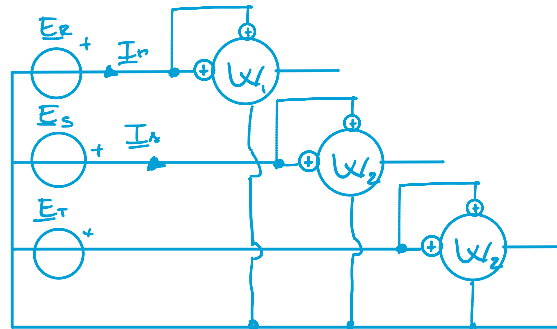
$$W_1: \underline{V}_{W_1} = E_r - E_t \quad P_{W_1} = \operatorname{Re}[(E_r - E_t) I_r^*]$$

$$W_2: \underline{V}_{W_2} = E_s - E_t \quad P_{W_2} = \operatorname{Re}[(E_s - E_t) I_s^*]$$

$$\Rightarrow P_{W_1} + P_{W_2} = P_{E_r} + P_{E_s} + P_{E_t}$$

DI MOSTRARE. ↷

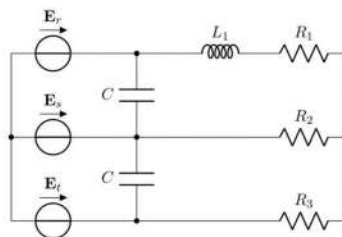
4 Filii.



Esercizio AE3.A.2:

Sia data la rete trifase mostrata in Figura, alimentata a $f = 60$ Hz.

- Inserire dei wattmetri in configurazione Aron.
- Calcolare le correnti di linea erogate dai generatori per ciascuna fase.
- Calcolare la potenza attiva totale erogata.
- Calcolare l'indicazione dei wattmetri.
- Confrontare l'indicazione dei wattmetri con la potenza totale erogata dalla terna di generatori.



Dati:

- $e_r(t) = 110\sqrt{2} \cos(\omega t)$ V
- $e_s(t) = 100\sqrt{2} \cos(\omega t + 2\pi/3)$ V
- $e_t(t) = 110\sqrt{2} \cos(\omega t - 2\pi/3)$ V
- $R_1 = 100 \Omega$
- $R_2 = 120 \Omega$
- $R_3 = 140 \Omega$
- $L_1 = 424$ mH
- $C = 12,06$ mH

-> Squilibrata: non abbiamo trilogie di elementi. => ce ne accorgiamo dal fatto che abbiamo due condensatori (E non 3) e un solo induttore (e non tre).

- Trasformata fasoriale:
 - (Prima dell'interazione Aron per evitare di dimenticarci)

Δ) GENERATORI:

$$E_r = 110 \text{ V} ; \quad E_s = 110 e^{j2\pi/3} \text{ V} ; \quad E_t = 110 e^{-j2\pi/3} \text{ V}$$

$$\omega = 2\pi f = 2 \cdot 60 \cdot \pi$$

ⓑ $\rightarrow R = Z$

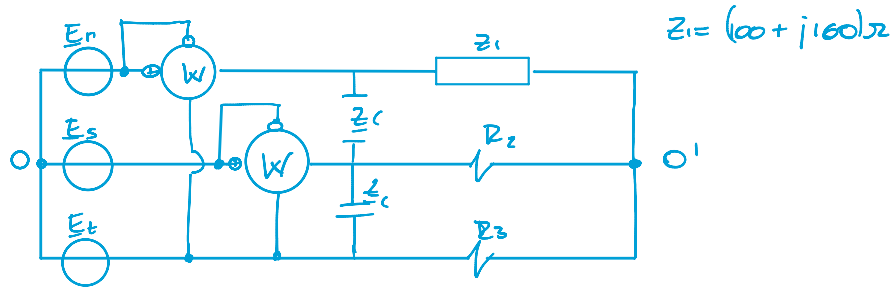
ⓒ Condensatori e induttori:

$$Z_L = j\omega L = j160 \Omega$$

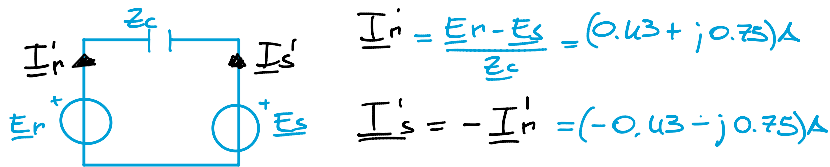
$$Z_C = \frac{1}{j\omega C} = -j220 \Omega$$

A) Inserzione Aron:

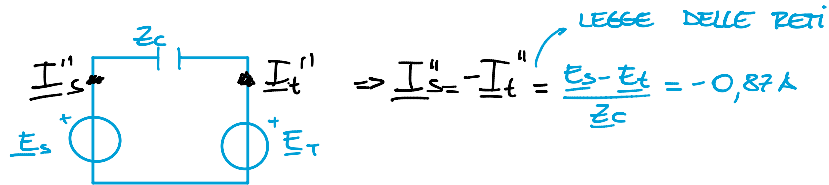
-> Poniamo i wattmetri dell'Inter sezione subito dopo i generatori:



B) Calcolare le correnti di linea erogate dai generatori per ciascuna fase:



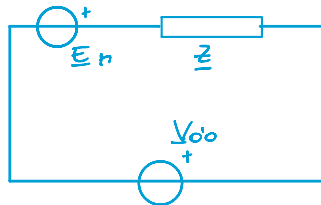
II ANELLO:



III ANELLO:

$$V_{O'O} = \frac{\frac{E_r}{Z_1} + \frac{E_s}{R_2} + \frac{E_t}{R_3}}{\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = -23,1 - j26,5 V$$

⚡ Millman è sempre negativo in questo caso, se ??



$$\underline{I}_r'' = \frac{E_r - V_{O'O}}{Z_1} = (0,48 - j0,52) A$$

$$\underline{I}_s'' = \frac{E_s - V_{O'O}}{R_2} = (-0,27 + j1) A$$

$$\underline{I}_t'' = \frac{E_t - V_{O'O}}{R_3} = (-0,23 - j0,48) A$$

-> LA SOMMA DELLE 3 CORRENTI DEV' ESSERE PARI A 0.

=> possiamo adesso calcolarci le correnti totali:

$$\underline{I}_r = \underline{I}_r' + \underline{I}_r'' = (0,93 + j0,23) A$$

$$\underline{I}_s = \underline{I}_s' + \underline{I}_s'' + \underline{I}_s'' = (-1,57 + j0,26) A$$

$$\underline{I}_t = \underline{I}_t' + \underline{I}_t'' = (0,64 - j0,48) A$$

$$0 + j0$$

Calcolo delle potenze attive:

$$P_r = \operatorname{Re}[E_r \cdot I_r^*] = 102 \text{ W}$$

$$P_s = \operatorname{Re}[E_s \cdot I_s^*] = 111 \text{ W}$$

$$P_t = \operatorname{Re}[E_t \cdot I_t^*] = 12 \text{ W}$$

$$\Rightarrow P_{\text{TOT}} = P_r + P_s + P_t = 225 \text{ W}$$

D) Calcolare l'indicazione dei wattmetri:

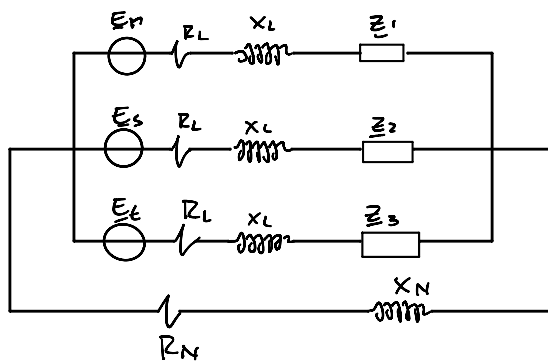
$$P_{W1} = \operatorname{Re}[(E_r - E_t) I_r^*] = 175 \text{ W}$$

$$P_{W2} = \operatorname{Re}[(E_s - E_t) I_s^*] = 50 \text{ W}$$

$$\oplus = 225 \text{ W}$$

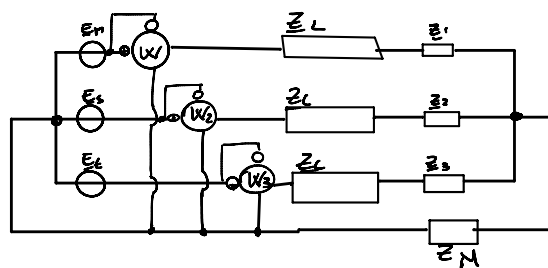
Esercizio AE3.A5

La rete in figur rappresenta una terna di generatori trifase che alimentano, attraverso una linea di trasmissione composta da conduttori unipolari in alluminio ed isolamento in gomma di cui è nota la sezione S e la lunghezza L (rappresenta nello schema come la serie tra R_L e X_L), un carico squilibrato (Z_1, Z_2, Z_3)



DATI:

- Sez. LINEA NEUTRO: 25 mm^2
- Sez.



$$Z_L = L \cdot r_f + j L x_f = (11,7 + j 0,85) \Omega$$

$$Z_N = L \cdot r_n + j L x_n = (18,6 + j 0,9) \Omega$$

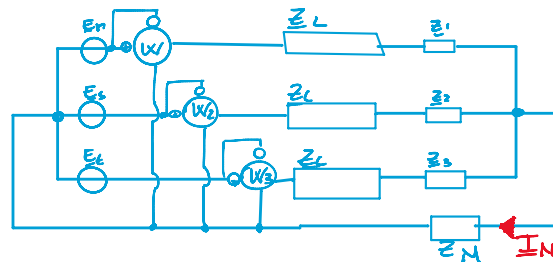
- Potenziale:

$$V_{00} = \frac{E_r}{Z_L + Z_1} + \frac{E_s}{Z_L + Z_2} + \frac{E_t}{Z_L + Z_3}$$

$$= \frac{1}{Z_L + Z_1} + \frac{1}{Z_L + Z_2} + \frac{1}{Z_L + Z_3} + \frac{1}{Z_N}$$

$$= (-29,5 - j 44) \text{ V}$$

→ Calcoliamo la corrente che scorre nel neutro:



$$\underline{I}_N = \frac{V_{00}}{Z_N} = (1,7 - 2,3j) \text{ A}$$

→ CALCOLO PERDITE

$$P_N = R_N |I_N|^2 = 150,85 \text{ W}$$

$$Q_N = X_N |I_N|^2 = 7,27 \text{ VAR}$$

→ PERDITE ANNUE:

$$L_h (\text{TXT}) = 32018 = 5760 \text{ kWh}$$

$$\rightarrow E_P = P_N \cdot h = 869 \frac{\text{kWh}}{\text{h}}$$

$$E_Q = Q_N \cdot h = 42 \frac{\text{kVARh}}{\text{h}}$$

$$\Rightarrow C_P = P_N \cdot h \cdot f_P = E_P \cdot f_P = 173,8 \text{ €/Y}$$

$$\Rightarrow C_Q = E_Q \cdot f_Q = 31 \text{ €/Y}$$

$$\Rightarrow C_{TOT} = C_P + C_Q = 205 \text{ €/Y}$$

Trifase simmetrico ed equilibrato:

-> Tecnica di risoluzione: riduzione a monofase equivalente.

-> Procedimento:

1. Trasformare i carichi da triangolo a stella:

$$\underline{Z}_Y = \frac{\underline{Z}_\Delta}{3}$$

-> abbiamo anche altre formule: utili per mappare le incognite.

$$|V_\Delta| = \sqrt{3} |V_Y|$$

$$|I_\Delta| = \frac{1}{\sqrt{3}} |I_Y|$$

$$\begin{aligned} S_\Delta &= S_Y \\ P_\Delta &= P_Y \\ Q_\Delta &= Q_Y \end{aligned}$$

2. Trasformiamo le incognite su unica fase:

-> Tensioni e correnti hanno lo stesso modulo;

-> Sfasamento tra le varie fasi = sfasamento tra le varie fasi dei generatori:

$$\Rightarrow \underline{I}^{(1)} = \underline{I}^{(2)} e^{j2\pi/3}$$

$$\begin{aligned} E_t &= E \cdot e^{j0} \\ E_s &= E \cdot e^{j2\pi/3} \\ E_f &= E \cdot e^{j4\pi/3} \end{aligned}$$

S: POTENZA TOTALE.

$$S_{TOT} = 3S \quad \left\{ \begin{aligned} P_{TOT} &= 3P \\ Q_{TOT} &= 3Q \end{aligned} \right.$$

3. Estrarre monofase:

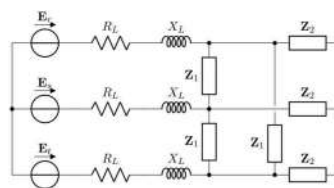
-> Si sceglie una fase e trasformato tutto in quella fase.

4. Risolvo

Esercizio AE3.B.1

Sia data una terna inversa di generatori trifase che alimentano, attraverso una linea di distribuzione di lunghezza L e con cavi di sezione S, due carichi trifase equilibrati. Il primo carico è modellizzato attraverso tre impedenze Z1 in configurazione triangolo, mentre il secondo carico mediante tre impedenze Z2 in configurazione stella.

- a) Posizionare dei wattmetri in configurazione Aron per la misura della potenza attiva totale assorbita dal sistema (linea + carichi).
- b) Rappresentare il monofase equivalente esplicitando i valori di resistenza e reattanza della linea di distribuzione.
- c) Calcolare la potenza attiva assorbita dal sistema.
- d) Calcolare il valore efficace della tensione ai capi delle impedenze Z1.

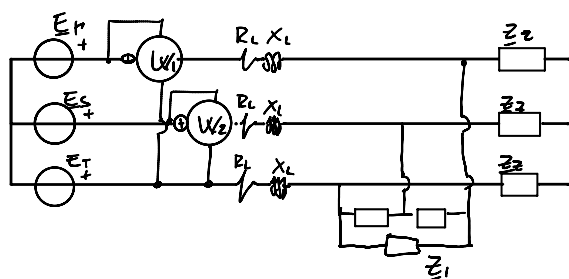


Dati:
 $L = 700 \text{ m}$
 $S = 6 \text{ mm}^2$
 $Z_1 = (130 + j70) \Omega$
 $Z_2 = (70 + j40) \Omega$
 $|E| = 350 \text{ V}$

Sezione [mm ²]	R [Ω/km]	X [Ω/km]
4	5,57	0,143
6	3,71	0,135
10	2,24	0,119

-> Ci sono gli elementi che abbiamo visto prima:

- Carico a stella;
- Impedenze;



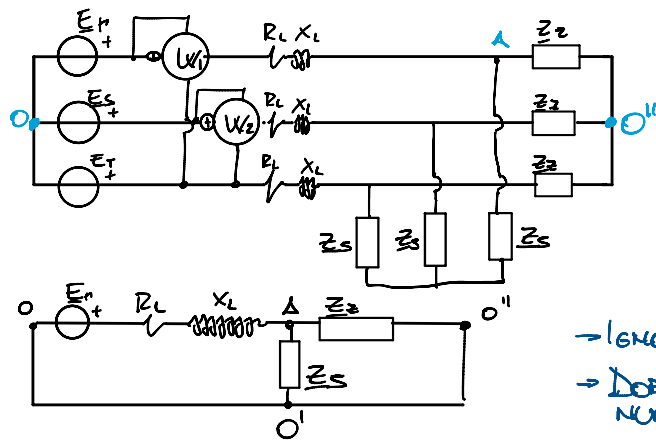
$$P_{TOT} = 3P_E$$

$$V_{Z1} = \sqrt{3} V_{Z2}$$

$$\underline{Z}_S = \frac{\underline{Z}_1}{3} = (43,3 + j23,3) \Omega$$

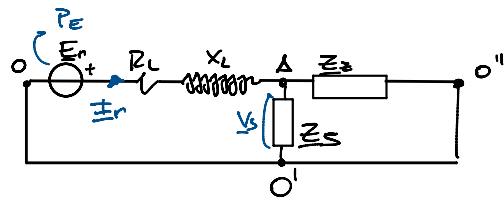
$$R_L = r \cdot L = 2,6 \Omega$$

$$X_L = x \cdot L = 0,09 \Omega$$



-> Per estrarre il monofase equivalente, partiamo dal centrostella dei generatori (abbiamo 3 centri-stella):

-> IGNORIAMO WATTMETRO
 -> DOBBIAMO RISOLVERE QUESTA NUOVA RETE.



$$Z_P = Z_s // Z_z = (26,8 + j14,8) \Omega$$

$$I_m = \frac{E_m}{R_L + jX_L + Z_P} = (9,5 - j4,8) A$$

$$P_E = \text{Re}(E_1 \cdot I_m^*) = 322,27 \text{ W}$$

$$V_s = Z_P \cdot I_m = (324,9 + j11,6) \text{ V}$$

$$|V_s| = 325,1 \text{ V}$$

↳ VAL. EFF.

-> Sono le incognite del monofase, dobbiamo riportarci alle incognite iniziali:

$$\Rightarrow P_{TOT} = 3 P_E = 966,81 \text{ W}$$

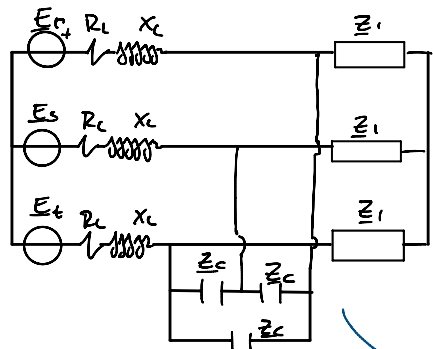
$$|V| = \sqrt{3} |V_s| = 563 \text{ V.}$$

Esercizio AE4.A5:

Sia data una terna di generatori trifase simmetrici con frequenza 50 Hz. Questa alimenta, attrae verso una linea di distribuzione con conduttore unipolare in rame, un carico trifase equilibrato caratterizzato da tre impedenze a stella Z_1 . Fra la linea ed il carico è stata aggiunta una terna di condensatori di capacità C disposti a triangolo.

- Rappresentar la rete trifase, riportando il valore delle impedenze presenti sulla rete;
- Riportare il monofase equivalente;
- Calcolare le perdite totali (potenze attiva P_L e potenza reattiva Q_L sulla linea di distribuzione);
- Calcolare il valore efficace della tensione alla quale sono stato poti i condensatori C;
- Calcolare il valore economico di tale perdite in un anno sapendo che il calcolo assorbe potenza per

Dati:



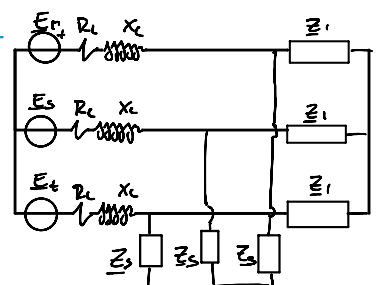
$$R_L = L \cdot \rho = 3,28 \Omega$$

$$X_L = L \cdot \omega = 0,97 \Omega$$

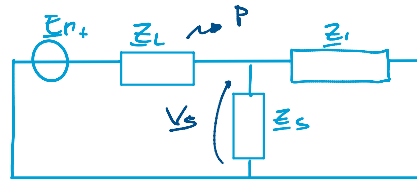
$$Z_c = \frac{1}{j\omega C} = -j151,67$$

$$Z_L = R_L + jX_L = (3,28 + j0,97) \Omega$$

$$Z_s = \frac{Z_c}{3}$$



-> Calcoliamo il centro-stella equivalente:



$$\rightarrow Z_P = Z_s // Z_i = (23,4 - j43,4) \Omega$$

$$\rightarrow \underline{I}_n = \frac{E_n}{Z_L + Z_P} = (5,1 + j8,1) \text{ A}$$

$$\rightarrow \underline{V}_s = \underline{I}_n \cdot Z_s = (47,1 - j31,5) \text{ V}$$

$$\Rightarrow V_C = \sqrt{3} |V_s| = 817,8 \text{ V}$$

-> POTENZA PERSA:

$$- P_L = R_L \cdot |\underline{I}_n|^2 = 301,1 \text{ W}$$

$$Q_L = X_L \cdot |\underline{I}_n|^2 = 88,6 \text{ VAR}$$

$$P_{TOT} = 3P_L = 903,3 \text{ W}$$

$$Q_{TOT} = 3Q_L = 265,8 \text{ VAR}$$

$$\rightarrow h_{EQ. ANNO} = 45 \cdot 7 \cdot 8 = 2520 \text{ h/y}$$

$$C_{TOT} = P_{TOT} \cdot h \cdot f_P + Q_{TOT} \cdot h \cdot f_Q = 455,3 + 261,7 = 817 \text{ €/y}$$