



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 1948A -

ANNO: 2016

A P P U N T I

STUDENTE: Vergine Daniele

MATERIA: Sistemi elettrici industriali - (Temi di esame) - prof.
Goglio

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

SISTEMI ELETTRICI INDUSTRIALI

TEMI D'ESAME SVOLTI

In ordine:

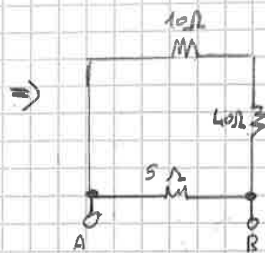
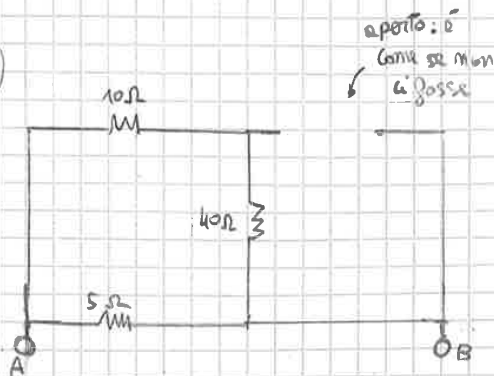
- TEMA SA 6610 2012
- 4/09/2007
- 25/06/2014
- 25/02/2014
- 13/02/2013
- 9/07/2013
- 1/06/2007
- 19/09/2013
- 24/07/2013
- TEMA SA 6610 2007
- 24/02/2015
- 9/07/2012
- 21/06/2012
- 12/02/2008
- TEMA SA 6610 2010 - II
- 11/09/2012
- TEMA SA 6610 2010
- 23/09/2011
- 10/07/2014
- 25/02/2011
- 9/09/2008
- 12/02/2008
- 4/09/2009
- 7/07/2011
- 12/02/2010
- 6/02/2009
- 11/06/2008
- 23/06/2010
- TEMA SA 6610 2-2012
- 10/09/2014
- 23/06/2007

NOTA: alcuni esercizi non sono stati risolti perché già svolti in un altro tema d'esame (si ripetono)

$$V_{AB} = V_{AB}^I + V_{AB}^{II} + V_{AB}^{III} = -1,82V + 10V + 7,27V = 15,45V = E_{eq}$$

B

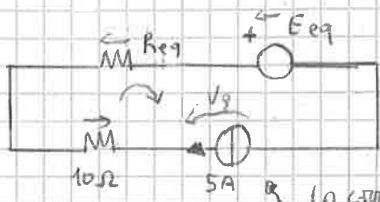
R_{eq}



$$R_{eq} = \frac{5 \cdot (40+10)}{5+(40+10)}$$

$$= \frac{5 \cdot 50}{5+50} = 4,54 \Omega$$

C

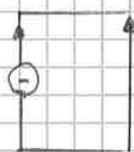


$$-V_{Req} + E_{eq} - V_g + 10 \cdot I = 0$$

$$5 \cdot 4,54 + 15,45 - V_g + 50 = 0$$

$$V_g = 88,1V$$

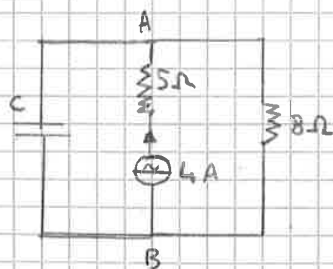
La corrente nella maglia è imposta dal generatore di corrente



convenzione segni potenza erogate

$$P = VI = 88,1 \cdot 5 = 441W$$

E.S.2



$$f = 50 \text{ Hz} \quad Q_G = ?$$

$$P_G = 160 \text{ W} \quad C = ?$$

$$P_G = P_{5\Omega} + P_{8\Omega}$$

$$P_{5\Omega} = RI^2 = 5 \cdot (4)^2 = 80 \text{ W}$$

$$P_{8\Omega} = P_G - P_{5\Omega} = 160 - 80 = 80 \text{ W}$$

$$P_{8\Omega} = \frac{V_{8\Omega}^2}{8\Omega} \Rightarrow V_{AB} = \sqrt{80 \text{ W} \cdot 8\Omega} = 25,3 \text{ V}$$

Consideriamo il ramo AB:

$$S_{RAMO} = V_{RAMO} I_{RAMO} = 25,3 \text{ V} \cdot 4 \text{ A} = 101,2 \text{ VA}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$S_{RAMO}^2 = (P_G - P_{5\Omega})^2 + Q_G^2$$

$$Q_G^2 = 101,2^2 - (160 - 80)^2 = 3801 \Rightarrow Q_G = 61,6 \text{ var} \approx 62 \text{ var}$$

Dato che potenza generata e potenza assorbita devono coincidere si consegue che $Q_G = Q_C$

cavi tripolari isolati in PVC e posati in tubo: la portata deve essere superiore a I_m

$$I_b \leq I_m \leq I_z$$

134 < 160 < (171) ← guarda tabelle con i valori in I_m .
 Non entro tubo o conduttore e trova il valore di I_z .

83 < 100 < (111)
 $\Rightarrow I_{za} = 111 \text{ A}$

$\Rightarrow S_b = 35 \text{ mm}^2$

Trovo poi il valore di S nella riga corrispondente al valore di I_z trovato, nella colonna "sezioni nominali"

$\Rightarrow S_a = 70 \text{ mm}^2$

3) Verificare che la caduta di tensione su L_A non superi il 4%:

Conoscendo la sezione nominale S , basta vedere la tabella e trovare il valore della resistenza in $\text{m}\Omega/\text{m}$.

$S_A = 70 \text{ mm}^2 \Rightarrow R_A = 0,334 \text{ m}\Omega/\text{m}$
 $X_A = 0,0762 \text{ m}\Omega/\text{m}$

$L_A = 250 \text{ m}$

$$\Delta V\%_A = \frac{P R_A + Q X_A}{V^2} \cdot 100$$

$$\Delta V\%_A = \frac{83 \cdot 10^3 \cdot 0,334 \cdot 250 \cdot 10^{-3} + 0,0762 \cdot 250 \cdot 10^3 \cdot 42 \cdot 10^3}{400^2} \cdot 100$$

$$= 4,83\% > 4\% \Rightarrow \text{NO}$$

Basta semplicemente passare al valore di sezione immediatamente superiore e verificare il nuovo risultato:

$S'_A = 95 \text{ mm}^2$

$\Rightarrow R'_A = 0,241 \text{ m}\Omega/\text{m}$

$X'_A = 0,0751 \text{ m}\Omega/\text{m}$

$\Rightarrow \Delta V\%'_A = \frac{83 \cdot 0,241 \cdot 250 + 42 \cdot 0,0751 \cdot 250}{400^2} \cdot 100 = 3,6\% \Rightarrow \text{OK}$

4) Dimensionamento di un trasformatore

A $\begin{cases} 83 \text{ kW} \\ 42 \text{ kVAr} \end{cases}$ B $\begin{cases} 40 \text{ kW} \\ \cos\phi = 0,7 \end{cases}$

Taglia del trasformatore $S \geq$ Spazio carico

$P_{totale} = 83 + 40 = 123 \text{ kW}$

$P_{spazio\ atb} = P_{totale} \cdot \cos\phi_{correttore} = 123 \cdot 0,2 = 24,6 \text{ kWAr}$

$S_{tot\ carico} = \sqrt{123^2 + 24,6^2} = 125 \text{ kVA}$
 \Rightarrow Trasf. da 160 kVA

5) $I_{cc\ max} = ?$ $I_{cc\ min} = ?$

L_A senza neutro

$\Rightarrow I_{cc\ max} =$ quota trifase e inizio linea, $I_{cc\ min} =$ quota fase fase o fase a linea

$I_{cc} = \frac{V}{\sqrt{3} Z}$

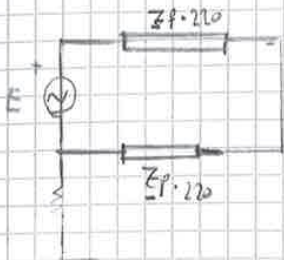
$$V = \frac{S}{\sqrt{3}} = \frac{100 \text{ kVA}}{\sqrt{3}}$$

ES. 6

$$V = 400 \text{ V}$$

$$Z_p = 0,334 + j0,0762 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

$$Z_p = 0,654 + j0,0783 \text{ m}\Omega/\text{m}$$



$$I_g = \frac{E}{|Z_p \cdot 220 + Z_p \cdot 220|} = \frac{400/\sqrt{3}}{220 \sqrt{0,334^2 + 0,0762^2 + 0,654^2 + 0,0783^2} \cdot 10^{-3}}$$

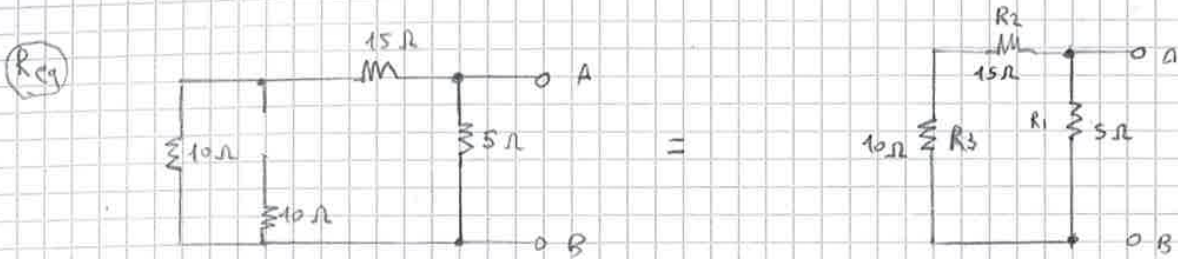
$$= \frac{400/\sqrt{3}}{220 \cdot \sqrt{0,198^2 + 0,1545^2} \cdot 10^{-3}} \approx 1050 \text{ A}$$

$$V_{eo} (40m) = 1050 \cdot \sqrt{0,654^2 + 0,0783^2} \cdot 40 \cdot 10^{-3} \approx 28 \text{ V}$$

TEMA D'ESAME 25/06/14

ES.1

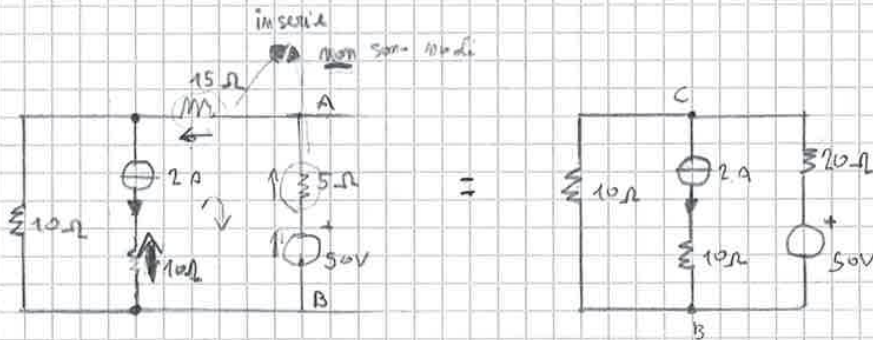
(A)



R_2 e R_3 sono in serie $\Rightarrow R_{23} = R_2 + R_3 = 15 + 10 = 25 \Omega$

R_{23} e R_1 sono in parallelo $\Rightarrow R_{eq} = \frac{25 \cdot 5}{25 + 5} = 4,166 \approx 4,17 \Omega$

(Eq)



I tre rami sono in parallelo \Rightarrow Applica Millman per trovare V_{BC}

$$V_{CB} = \frac{\frac{50}{20} + 2 + \frac{2,5}{0,15}}{\frac{1}{10} + \frac{1}{20}} = \frac{2,5 - 2}{0,15} = 3,33 V$$

(calcoliamo la tensione sulle resistenze conosciute sul verso convenzionale delle correnti)

Convenzionalmente assumiamo che le correnti circolino in verso orario; dunque la corrente che troviamo avrà segno negativo perché la corrente realmente imposta dal generatore ha verso opposto.

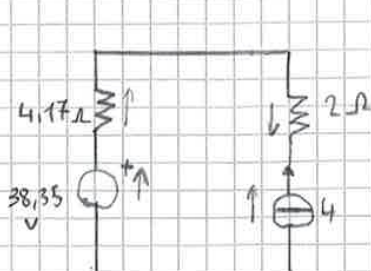
$-20 \cdot I + 50 - 3,33 = 0$

$20 I = -46,67$

$\Rightarrow I = -2,33 \quad V_{5\Omega} = 5 \cdot (-2,33)$

$V_{AB} = 5 \cdot (-2,33) + 50 = -11,65 + 50 = 38,35 = E_{eq}$

(B)



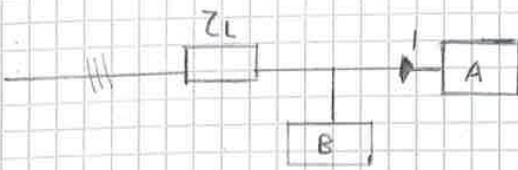
$P_g = ?$

convenzione generatore: potenza positiva circolante con il morsetto di uscita della corrente

$V_g = 2 \cdot 4 + 4,17 \cdot 4 + 38,35 = 63,03 \approx 63$

$P_g = I \cdot V_g = 63 \cdot 4 = 252 W$

ES 3



A: carico tri-fase equilibrato puramente resistivo.

B: carico a stella collegato in parallelo ad A.

$I_A = 9A$ $P_A = 6kW$

$Z_L = 100 + j25 \text{ m}\Omega$

tra impedenze uguali: $Z_B = 4 + j3 \Omega$

$\eta_{\text{linea}} = ?$

potenza concatenata sul carico A

$P_A = \sqrt{3} V_c I_A \Rightarrow V_c = \frac{P_A}{\sqrt{3} \cdot I_A} = \frac{6000}{\sqrt{3} \cdot 9} = 384,9V$

A e B sono in parallelo $\Rightarrow S_B = \frac{V_c^2}{|Z_B|} = \frac{384,9^2}{\sqrt{4^2 + 3^2}} = 29629,6 \approx 29630$

L'argomento della potenza complessa è uguale all'argomento dell'impedenza che lo assorbe

$\Rightarrow \varphi_B = \arctg\left(\frac{X}{R}\right) = \arctg\left(\frac{3}{4}\right) = 36,87^\circ$

$\Rightarrow P_B = S_B \cdot \cos \varphi_B = 29630 \cdot \cos(36,87^\circ) = 23704 \text{ W}$

$Q_B = S_B \cdot \sin \varphi_B = 29630 \cdot \sin(36,87^\circ) = 17778 \text{ var}$

Calcoliamo ora le potenze complessivamente assorbite dai due carichi:

$P = P_A + P_B = 6000 + 23704 = 29704 \text{ W}$

$Q = Q_B = 17778 \text{ var}$

Calcoliamo la corrente di linea:

$I = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3} \cdot V_c} \Rightarrow I_c = \frac{\sqrt{29704^2 + 17778^2}}{\sqrt{3} \cdot 384,9} = \frac{34617}{666} = 51,93 \text{ A}$

$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} = \frac{P}{P + 3 \cdot R_L \cdot I_c^2} = \frac{29704 \text{ W}}{29704 + 3 \cdot 0,1 \cdot 51,93^2} = 0,973$

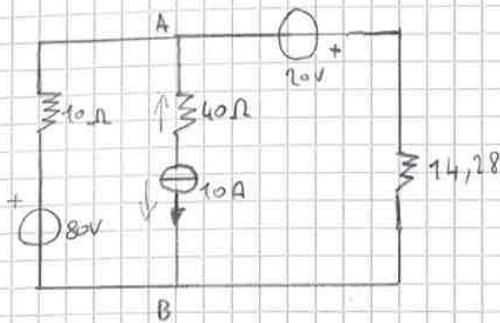
P_{in} \downarrow potenza entrante nella linea = potenza assorbita dal carico + potenza assorbita da Z_L

trasmissione da 100Ω

TEMA D'ESAME 25/02/2014

ES.1

$$R' = \frac{20 \cdot 50}{20 + 50} = 14,28 \Omega$$



a)

$$V_{AB} = \frac{80 - \frac{20}{10} \cdot 10}{\frac{1}{10} + \frac{1}{14,28}} = \frac{8 - 1,4 - 10}{0,1 + 0,07} = \frac{-3,4}{0,17} = -20$$

Milliampere

$$V_{40\Omega} = 400 \text{ V}$$

$$400 + V_g = -20$$

$$V_g = -420 \text{ V}$$

$$P = VI = -420 \cdot (-10) = 4200 \text{ W} = 4,2 \text{ kW}$$

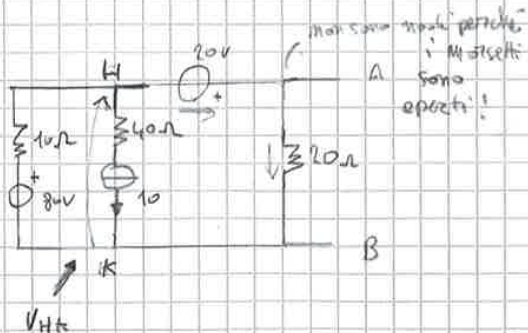
b) Thévenin

R_{eq}



$$R_{eq} = \frac{20 \cdot 10}{20 + 10} = 6,67$$

E_{eq}



$$V_{HK} = \frac{80 - \frac{20}{10} \cdot 10}{\frac{1}{10} + \frac{1}{20}} = \frac{-3}{0,1 + 0,05} = -20$$

$$-V_{20\Omega} - 20 = -20$$

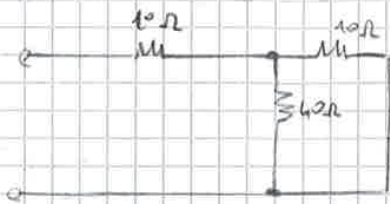
$$\Rightarrow V_{20\Omega} = V_{AB} = 0$$

TEMA D'ESAME 13/02/2013

ES1 (non risolto, solamente impostato)

1)

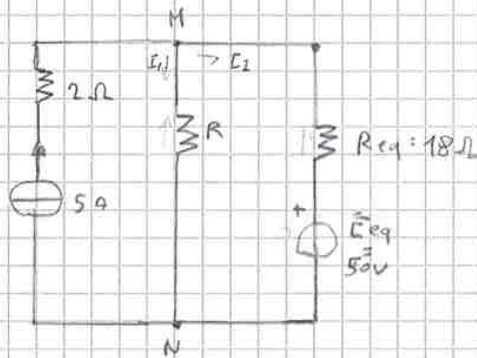
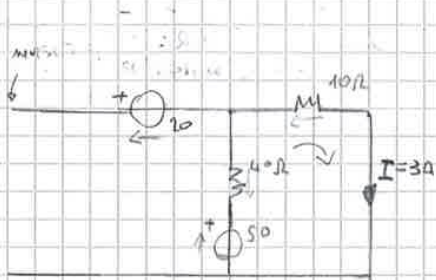
Req



$$R_1 = \frac{40 \cdot 10}{40 + 10} = 8$$

$$R_{eq} = 8 + 10 = 18 \Omega$$

Eg



ES. 4

Due trasformatori trifase da 20 kV / 400 V

$$S_{m1} = 400 \text{ kVA}$$

$$S_{m2} = 500 \text{ kVA}$$

ⓐ

Parametri in serie trasformatore 1 (al secondario)

$$P_{cc} = 4800 \text{ W}$$

$$S_m = \sqrt{3} I_m I_{2n}$$

$$\Rightarrow I_m = \frac{400 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 400} \approx 577,4 \text{ A}$$

$$R_{cc} = \frac{P_{cc}}{3 I_m^2} = \frac{4800}{3 \cdot 577,4^2} = 4,8 \cdot 10^{-3} \Omega = 4,8 \text{ m}\Omega$$

$$Z_{cc} = \frac{V_{cc2}}{\sqrt{3} I_m} \quad V_{cc2} = \frac{V_{cc\%} \cdot V_{2n}}{100} = \frac{6 \cdot 400}{100} = 24 \text{ V}$$

$$\Rightarrow Z_{cc} = \frac{24}{\sqrt{3} \cdot 577,4} = 24 \text{ m}\Omega$$

$$X_{cc} = \sqrt{Z_{cc}^2 - R_{cc}^2} = \sqrt{24^2 - 4,8^2} = 23,5$$

$$\Rightarrow \underline{Z} = 4,8 + j23,5 \text{ m}\Omega$$

Parametri in serie trasformatore 2 (al secondario)

$$P_{cc} = 5700 \text{ W}$$

$$I_m = \frac{500 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 721,7 \text{ A}$$

$$R_{cc} = \frac{P_{cc}}{3 I_m^2} = \frac{5700}{3 \cdot 721,7^2} = 3,6 \text{ m}\Omega$$

$$V_{cc2} = \frac{6 \cdot 400}{100} = 24$$

$$Z_{cc} = \frac{24}{\sqrt{3} \cdot 721,7} = 19,2 \text{ m}\Omega$$

$$\Rightarrow X_{cc} = \sqrt{19,2^2 - 3,6^2} \approx 18,9 \text{ m}\Omega$$

ⓑ

Trasformatore 1:

$$P = 650 \text{ kW}$$

$$Q = 650 \cdot \tan(\arccos 0,85) = 650 \cdot 0,62 = 403 \text{ k var}$$

$$I_c = \frac{\sqrt{650 \cdot 1000^2 + 403000^2}}{\sqrt{3} \cdot 400}$$

↑
corrente
essabile
del
cavo

$$\approx 1104 \text{ A}$$

$$I_1 = \frac{Z_{cc2} I_c}{|Z_{cc1} + Z_{cc2}|}$$

$$= \frac{19,2 \cdot 10^{-3} \cdot 1104}{14,8 + j3,6 + j23,5 + j18,9} \cdot 10^{-3}$$

$$= \frac{19,2 \cdot 1104}{\sqrt{8,4^2 + 42,4^2}} \approx 491 \text{ A}$$

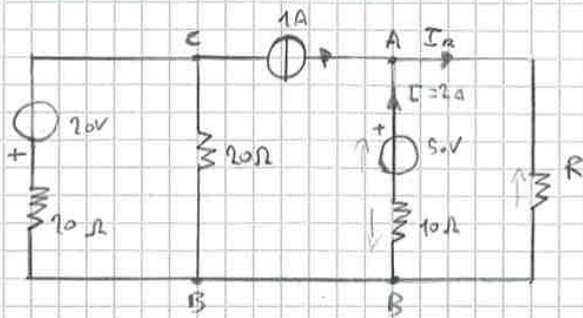
$$\% = \frac{491}{577,4} \cdot 100 \approx 85\%$$

$$I_2 = \frac{24 \cdot 10^{-3} \cdot 1104}{\sqrt{8,4^2 + 42,4^2}} \cdot 10^3 \approx 613$$

$$\% = \frac{613}{721,7} \approx 85\%$$

TEMA D'ESAME 9/07/2013

ES1



$R = ?$
 $P_{810} = ?$

Equatione al nodo A:

$2A + 1A = I_R \Rightarrow I_R = 3A$

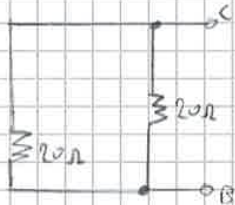
(Note: "correnti entranti" under 2A+1A, "correnti uscenti" under I_R)

Equazione alle maglie:

$R I_R + 10 - 2 - 50 = 0$
 $3R + 20 - 50 = 0$
 $3R = 30 \Rightarrow R = 10\Omega$

Applico Thévenin e sostituisco del generatore di corrente:

R_{eq}



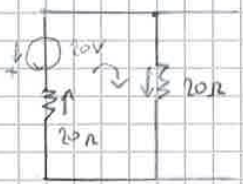
$R_{eq} = \frac{20 \cdot 20}{40} = 10\Omega$

E_{eq}

Alternativo: Millman (ha due nomi in parallelo)

$\frac{-20}{20} = \frac{-20}{2} = -10V$

$\frac{1}{20} + \frac{1}{20}$

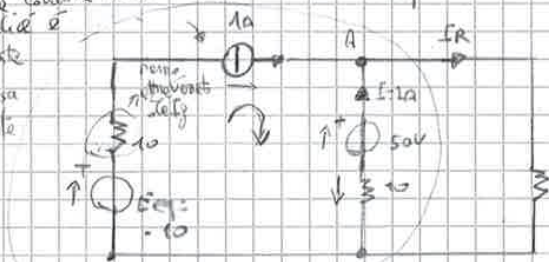


$-20I - 20I + 20 = 0$
 $-40I = -20$
 $I = 0,5$

Assumiamo come morsetto positivo C, quello posto verso l'alto:

$\Rightarrow E_{eq} = -20 \cdot 0,5 = -10$

Le correnti nelle maglie imposte dal generatore di corrente

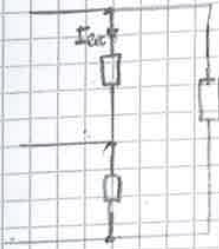


$-V_g + 50 - 2 \cdot 10 - (-10) + 10 \cdot 1$
 $-V_g + 30 + 20 = 0$
 $-V_g = -50$
 $\Rightarrow V_g = 50$

$\Rightarrow P_g = V_g \cdot I_g = 50W$

ES. 3

$$\underline{z} = 2 + j8 \Rightarrow \underline{z} = \sqrt{4+64} = \sqrt{68} \approx 8,25 \quad V_c = 400$$



$$I_{\text{line}} = \frac{400}{8,25} \approx 48,5 \text{ A}$$

$$\Rightarrow P_c = 3 \cdot 2 \cdot 48,5^2 \approx 14,11 \text{ kW} \quad Q_c = 3 \cdot 8 \cdot 48,5^2 = 56,454 \text{ kvar}$$

$$Q_d = P_c \cdot \tan \phi = 14,11 \cdot 0,4 = 5,644 \text{ kvar}$$

$$Q_R = Q_d - Q_c = 5,644 - 56,454 \approx -50,8 \text{ kvar}$$

$$I_{\text{line}} = \frac{\sqrt{P^2 + Q_d^2}}{\sqrt{3} \cdot V_c} = \frac{\sqrt{14110^2 + 5644^2}}{\sqrt{3} \cdot 400} \approx 21,9 \text{ A}$$

$$\underline{z}_L = 200 + j450 \text{ m}\Omega = 0,2 + j0,45 \Omega$$

$$P_L = 3 \cdot 0,2 \cdot 21,9^2 \approx 287,77 \text{ W}$$

$$Q_L = 3 \cdot 0,45 \cdot 21,9^2 \approx 647,47 \text{ var}$$

$$P_p = 14110 + 287,77 = 14397,77 \text{ W}$$

$$Q_p = 5644 + 647,47 = 6291,47 \text{ var}$$

$$\Rightarrow V_p = \frac{\sqrt{14397,77^2 + 6291,47^2}}{\sqrt{3} \cdot 21,9} \approx 674 \text{ V}$$

ES. 4

$$S_m = \sqrt{3} V_m I_m \Rightarrow I_m = \frac{160'000}{\sqrt{3} \cdot 400} \approx 231 \text{ A} \quad (\text{di secondario})$$

$$P_{cc} = 3 R_{cc} I_m^2 \Rightarrow R_{cc} = \frac{P_{cc}}{3 I_m^2} = \frac{2300}{3 \cdot 231^2} \approx 0,0144 \Omega = 14,4 \text{ m}\Omega$$

$$V_{cc} = \sqrt{3} Z_{cc} I_m \Rightarrow Z_{cc} = \frac{V_{cc}}{\sqrt{3} I_m} \Rightarrow V_{cc} = \frac{V_{cc} \%}{100} \cdot V_m = \frac{6 \cdot 400}{100} = 24 \text{ V}$$

$$\Rightarrow Z_{cc} = \frac{24}{\sqrt{3} \cdot 231} \approx 0,06 \Omega = 60 \text{ m}\Omega$$

← il calcolo di Z_{cc} serve per il punto successivo

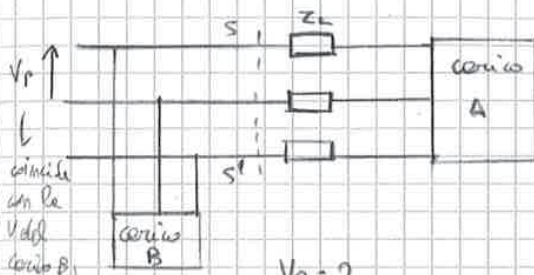
$$P_{\text{tot}} = 80'000 + 65'000 = 145'000$$

$$Q_c = P_c \cdot \tan(\arccos 0,8) = 80'000 \cdot \tan(\arccos 0,8) \approx 60'000 \text{ var}$$

$$\text{Corrente richiesta (corrente d'impiego)} = \frac{\sqrt{145'000^2 + 60'000^2}}{\sqrt{3} \cdot 400} \approx 227$$

Esercizio tratto da un tema d'esame (VI.º pag. 126)

Sistema trifase simmetrico



calcoli con la V_{eff} carico B, ma non con quella del carico A, a causa della presenza della impedenza di linea.

$V_p = ?$
 $I_B = ?$
 $P_{Tot}, Q_{Tot} = ?$

$$\bar{Z}_L = 0,11 + j0,08 \Omega \quad (\text{disposte a triangolo})$$

$$V_{ca} = 400 \text{ V}$$

$$P_D = 70 \text{ kW}, \quad \cos \varphi = 0,7 \quad (\text{fattore di potenza})$$

$$Q_A = P \tan \varphi = P \tan(\arccos(0,7)) = 70 \cdot \tan(45,57) = 71,41 \text{ kVar}$$

$$P = \sqrt{3} V I \cos \varphi \Rightarrow I = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \varphi} = \frac{70 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,7} = 144 \text{ A}$$

↓
 corrente assorbita dal carico

Calcoliamo ora l'assorbimento della linea:

$$P_L = 3 R_L I^2 = 3 \cdot 0,11 \cdot 144^2 = 6842 \text{ W} \approx 6,88 \text{ kW}$$

↓
 moltiplica per tre perché ci sono tre impedenze di linea.

$$Q_L = 3 X_L I^2 = 3 \cdot 0,08 \cdot 144^2 = 4976 \text{ Var} \approx 5 \text{ kVar}$$

Applichiamo Boucherot: la potenza entrante nella sezione S-S' sarà

$$P_{SS'} = P_L + P_A = 6,88 \text{ kW} + 70 \text{ kW} = 76,88 \text{ kW}$$

↓
 potenza attiva assorbita dal carico + quella assorbita dalla impedenza di linea

$$Q_{SS'} = Q_L + Q_A = 5 \text{ kVar} + 71,41 \text{ kVar} = 76,41 \text{ kVar}$$

$$V_{SS'} = V_p =$$

$$S = \sqrt{3} V I \Rightarrow V_{SS'} = \frac{S}{\sqrt{3} I} = \frac{\sqrt{76880^2 + 76410^2}}{\sqrt{3} \cdot 144} \approx 434 \text{ V}$$

$$Z_\lambda = Z_D / 3 \Rightarrow Z_\lambda = 6 / 3 = 2 \Omega$$

$$I_B = \frac{E}{Z} = \frac{V_p}{\sqrt{3} Z} = \frac{434}{\sqrt{3} \cdot 2} = 125 \text{ A}$$

Il carico B è puramente resistivo, dunque assorbe solo potenza attiva

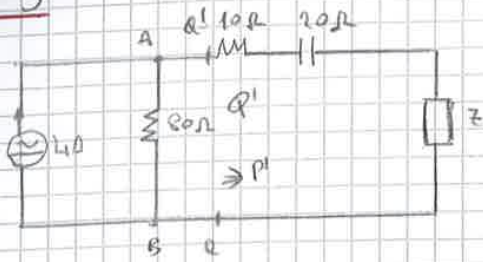
$$P_B = 3 R_B I_B^2 = 3 \cdot 2 \cdot 125^2 = 93750 \approx 94 \text{ kW}$$

↓
 corrente assorbita dal carico B

$$\Rightarrow P_{Tot} = 94 + 76,88 = 171 \text{ kW}$$

$$Q_{Tot} = 76,41 \text{ kVar} \approx 76 \text{ kVar}$$

ES 3



$P_g = 500 \text{ W}$

$P_Z = ?$

$Q_g = 200 \text{ var}$

$Q_Z = ?$

$S_g = \sqrt{P_g^2 + Q_g^2} = \sqrt{500^2 + 200^2} = 538,5 \text{ VA}$

$I_g = \frac{S_g}{U_g} = \frac{538,5}{40} = 13,46 = I_{g_{\text{eff}}}$

$P_{30\Omega} = \frac{V_{30\Omega}^2}{R_{30\Omega}} = \frac{134,6^2}{80} = 226,46$

Per calcolare la I che attraversa Z e di conseguenza anche Z perché sono in serie, calcoliamo le potenze entranti nella sezione ac sfruttando il metodo delle potenze:

$P_g = P_{30\Omega} + P'$

$Q_g = Q_{30\Omega} + Q'$

$\Rightarrow P' = P_g - P_{30\Omega} = 500 - 226,46 \approx 273,5 \text{ W}$

$Q' = Q_g = 200 \text{ var}$

$\Rightarrow I' = \sqrt{\frac{P'^2 + Q'^2}{E_g^2}} = \sqrt{\frac{273,5^2 + 200^2}{134,6^2}} \approx 2,52 \text{ A}$

Le tensioni e cui sono sotto poste le resistenze delle sezioni ac e bc E_g

$Q' = Q_Z + Q_{20\Omega}$

$P_Z = P' - P_{10\Omega}$, $Q_Z = Q' - Q_{20\Omega}$

$P_{10\Omega} = R_{10\Omega} \cdot I'^2 = 10 \cdot 2,52^2 = 63,5$

$Q_{20\Omega} = -X_C \cdot I'^2 = -20 \cdot 2,52^2 = -127$

$\Rightarrow P_Z = 273,5 - 63,5 = 210 \text{ W}$

$Q_Z = 200 - (-127) = 327 \text{ var}$

ES. 4

T_1, T_2, T_3

T_1 e T_2 trasformatori tipo A, T_3 tipo B

$$I_{mA} = \frac{160'000}{\sqrt{3} \cdot 400} \approx 231 \text{ A} \quad I_{mB} = \frac{100'000}{\sqrt{3} \cdot 400} \approx 144,33 \text{ A}$$

$$R_{cA} = \frac{P_{cA}}{3I_{mA}^2} = \frac{2300}{3 \cdot 231^2} \approx 0,0114 \Omega \quad R_{cB} = \frac{1475}{3 \cdot 144,33^2} \approx 0,024 \Omega$$

$$V_{cA} = \frac{6 \cdot 400}{100} \approx 24 \text{ V} \quad V_{cB} = \frac{4 \cdot 400}{100} \approx 16 \text{ V}$$

$$Z_{cA} = \frac{24}{\sqrt{3} \cdot 231} \approx 0,06 \Omega \quad Z_{cB} = \frac{16}{\sqrt{3} \cdot 144,33} \approx 0,064 \Omega$$

$$X_{cA} = \sqrt{0,06^2 - 0,0114^2} \approx 0,058 \Omega \quad X_{cB} = \sqrt{0,064^2 - 0,024^2} \approx 0,059 \Omega$$

$$\Rightarrow \underline{Z}_{cA} = 14 + j58 \text{ m}\Omega \quad \underline{Z}_{cB} = 24 + j59 \text{ m}\Omega$$

$$P_c = 250'000 \text{ W}$$

$$Q' = 250'000 \cdot \tan(\arccos 0,9) \approx 121'031$$

$$I_c = \frac{\sqrt{250'000^2 + 121'031^2}}{\sqrt{3} \cdot 400} \approx 401 \text{ A}$$

$$\underline{Z}_{cA} \underline{Z}_{cB} = \frac{(14 + j58)^2}{2 \cdot (14 + j58)} = \frac{196 - 3364 + j1624}{28 + j116} \cdot \frac{28 - j116}{28 - j116} = \frac{(-3168 + j1624)(28 - j116)}{14240}$$

$$\frac{-88704 + 367488j + 45475j + 198384}{14240} = \frac{99680 + 412963j}{14240} \approx 7 + j29 \text{ m}\Omega$$

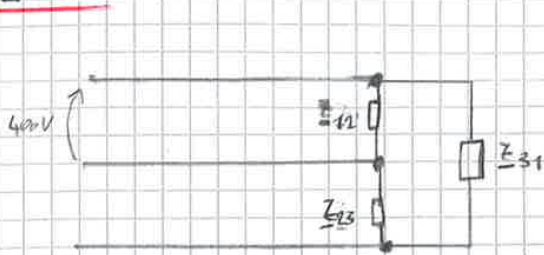
$$I_{12} = \frac{0,064}{\sqrt{312 + 88^2} \cdot 10^{-3}} \approx 0,409 \approx 275 \Rightarrow I_1 = I_2 = \frac{I_{12}}{2} = \frac{275}{2} = 137,5 \quad \begin{matrix} I_{12} \approx \frac{137,5 \cdot 100}{231} \\ \approx 59\% \end{matrix}$$

$$I_3 = \frac{\sqrt{7^2 + 29^2}}{\sqrt{312 + 88^2}} \cdot 401 \approx 129 \quad I_4 = \frac{129}{144,33} \cdot 100 \approx 89\%$$

Ricordare sempre la equivalenza tra le unità di misura

$$\Delta P\% = \frac{3 R_e I_b^2}{P} \cdot 100 = \frac{3 \cdot 0,32^2 \cdot 80 \cdot 10^{-2} \cdot 138^2}{91000} \cdot 100 = 1,64\% < 2\% \text{ OK}$$

ES 3



Impedanze
 $Z_{12} = 3 + j4 \Omega$
 $Z_{23} = j8 \Omega$
 $Z_{31} = 4 - j3 \Omega$

$V = 400V$

$P_c = ?$

$Q_c = ?$

$P = P_{12} + P_{23} + P_{31}$
E23 non assorbe P perché puramente induttivo.

$Q = Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}$

$I_{12} = \frac{V}{Z_{12}} = \frac{400}{\sqrt{3^2 + 4^2}} = \frac{400}{5} = 80$

$I_{31} = \frac{V}{Z_{31}} = \frac{400}{\sqrt{5^2 + 4^2}} = \frac{400}{5} = 80$

$P_{tot} = R_{12} I_{12}^2 + R_{31} I_{31}^2 = 3 \cdot 80^2 + 4 \cdot 80^2 = 44,8 \text{ kW}$

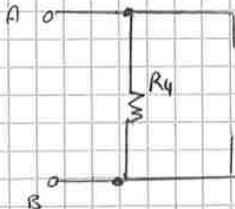
$Q_{tot} = X_{12} I_{12}^2 + \frac{V^2}{X_{23}} - X_{31} I_{31}^2 = 4 \cdot 80^2 + \frac{400^2}{8} - 3 \cdot 80^2 = 26,4 \text{ kvar}$

ES 1

$R_{12} = \frac{20 \cdot 10}{20 + 10} = 6,67 \Omega$

Thévenin e destra del generatore da 60V:

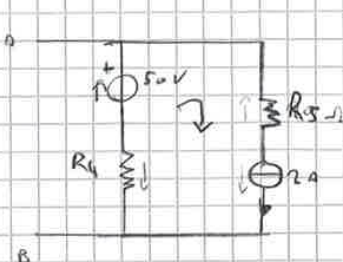
R_{eq}



$R_{eq} = R_4 = 5 \Omega$

Ricorda: Millman è applicabile anche quando ci sono più che rami

E_{eq}



$V_{A4} = R_4 \cdot I = 5 \cdot 2 = 10$
 $E_{eq} = 50 - 10 = 40V$

Oppure Millman:

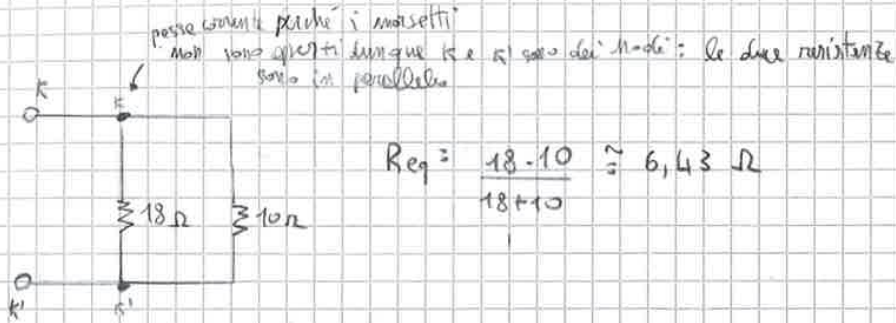
$\frac{50}{5} - 2 = 8 - 2 = 6$
 $\frac{50 - 2 \cdot 5}{5} = 8 - 2 = 6$
 $\frac{1}{5}$

TEMA D'ESAME 26/07/2013

ES 1

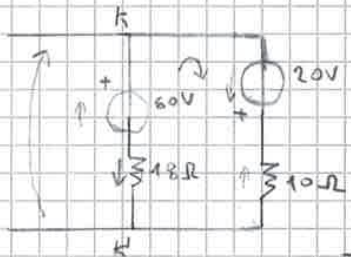
a) Thevenin

R_{eq}



$$R_{eq} = \frac{18 \cdot 10}{18 + 10} \approx 6,43 \Omega$$

E_{eq}



Legge delle maglie (si poteva usare anche KVLman)

$$-20 + 10 I + 18 I - 60 = 0$$

$$-80 + 28 I$$

$$\Rightarrow I \approx 2,857 A$$

$$\Rightarrow V_{18\Omega} = 18 \cdot 2,857 = 51,426 V$$

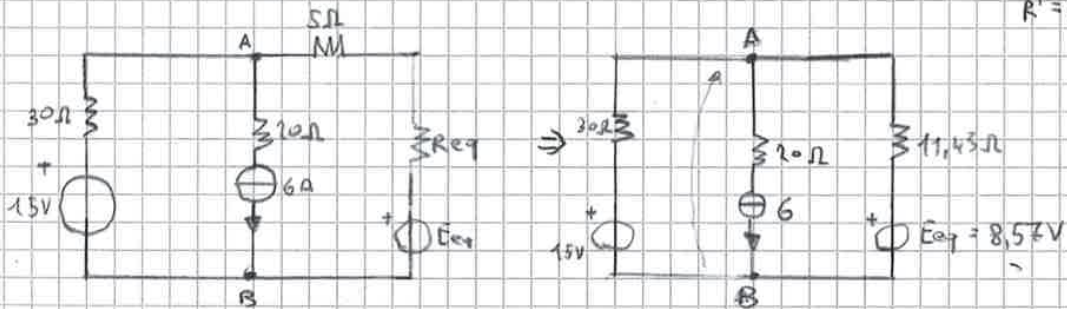
$$\Rightarrow E_{eq} = V_{KDE} = 60 - 51,426 \approx 8,57 V$$

$V_{AB} = ?$

b) Abbiamo un parallelo tra un generatore di tensione e un resistore: si può comunque sostituire il parallelo con il solo generatore di tensione.

$$R' = 5 + R_{eq} = 11,43 \Omega$$

\Rightarrow



$$V_{AB} = \frac{\frac{15}{30} + \frac{8,57}{11,43}}{\frac{1}{30} + \frac{1}{11,43}} = \frac{0,5 + 0,7497}{0,033 + 0,087} \approx 34,32 V$$

$$P = P_{RL} + P_c$$

$$\Rightarrow P_c = P - P_{RL} \Rightarrow P_c = 130'000 - 3536 = 126'464 \approx 126,5 \text{ kW}$$

$$Q = Q_{XL} + Q_c$$

$$\Rightarrow Q_c = Q - Q_{XL} \Rightarrow Q_c = 17321 - 750 = 16571 \approx 16,6 \text{ kVAr}$$

$$S_c = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2} = \sqrt{126,5^2 + 16,6^2} = 127,57 \text{ kVA}$$

$$S_c = \sqrt{3} V_c I \Rightarrow V_c = \frac{S_c}{\sqrt{3} I} = \frac{127,570 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 189} = 389,6 \approx 390 \text{ V}$$

b) $R_c = ?$ $X_c = ?$ (Carico collegato a triangolo)

Risolvendo che tutti i carichi devono essere allegati esteriori.

$$P_c = 3R_c I^2 \Rightarrow R_c = \frac{P_c}{3I^2} = \frac{126'500}{3 \cdot 189^2} = 1,18 \Omega \text{ dove } R_c = R_{c\Delta}$$

$$\Rightarrow R_{c\Delta} = R_{c\Delta} \cdot 3 = 1,18 \cdot 3 = 3,54 \Omega$$

$$Q_c = 3X_c I^2 \Rightarrow X_c = \frac{Q_c}{3I^2} = \frac{16'600}{3 \cdot 189^2} = 0,155 \Omega \Rightarrow R_{c\Delta} = R_{c\Delta} \cdot 3 = 0,155 \cdot 3 = 0,46$$

ES. 4

Linea senza mutua

$$S_n = 250 \text{ kVA}$$

$$V_n = 400 \quad V_{cc}\% = 6\% \quad P_{cc} = 2750 \text{ W}$$

1) Ricerca I_n :

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} V_n} = \frac{250'000}{\sqrt{3} \cdot 400} \approx 361 \text{ A}$$

2) Ricerca R_{cc} :

$$R_{cc} = \frac{P_{cc}}{3I_n^2} = \frac{2750}{3 \cdot 361^2} = 0,007 \Omega$$

3) Ricerca V_{cc} :

$$V_{cc}\% = 100 \cdot \frac{V_{cc}}{V_n} \Rightarrow V_{cc} = \frac{V_{cc}\% \cdot V_n}{100} = \frac{6 \cdot 400}{100} = 24$$

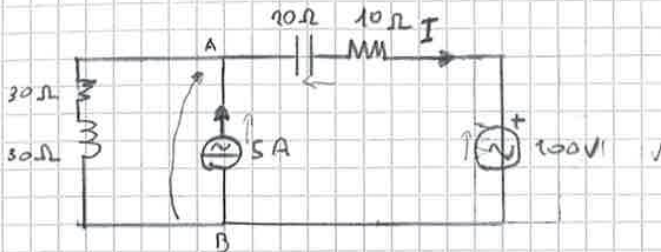
4) Ricerca Z_{cc} :

$$Z_{cc} = \frac{V_{cc}}{\sqrt{3} I_n} = \frac{24}{\sqrt{3} \cdot 361} = 0,038 \Omega$$

TEMA SAGGIO 2007

ES 3

a) Abbiamo un parallelo tra un resistore e un generatore di tensione, dunque possiamo eliminare il resistore.



Seppiamo dalla traccia che i due generatori sono in fase, dunque scegliamo di assegnare loro la fase zero.

$$\begin{aligned} \bar{V}_{AB} &= \frac{100}{10-j20} + 5 = \frac{100 \cdot (10+j20)}{10-j20} + 5 \\ &= \frac{1}{3+j30} + \frac{1}{10-j20} = \frac{1 \cdot (30-j30) + 1 \cdot (10+j20)}{30+j30} + \frac{1 \cdot (10+j20)}{10-j20} \\ &= \frac{1000 + j2000}{100 + j400} + 5 = \frac{2 + j4 + 5}{0,01-j0,00167 + 0,02+j0,04} \\ &= \frac{7 + j4}{0,037 + j0,023} \cdot (0,037 - j0,023) = \frac{0,254 - j0,161 + j0,148 + 0,092}{0,0019} \\ &= \frac{0,351 - j0,013}{0,0019} = 184,9 - j6,85 \text{ V} \end{aligned}$$

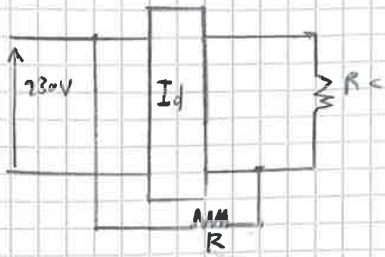
legge delle maglie:

$$(10 - 20j) \underline{I} + 100 - 184,9 + j6,85 = 0$$

$$\underline{I} = \frac{184,9 - 100 - j6,85}{10 - 20j} = \frac{84,9 - j6,85}{10 - 20j} \cdot \frac{10 + 20j}{10 + 20j} = \frac{849 + j1618 - j68,5 + 137}{500}$$

$$= \frac{986 + j1629,5}{500} = 1,97 + j3,26 \Rightarrow I = |1,97 + j3,26| = \sqrt{1,97^2 + 3,26^2} = 3,81 \text{ A}$$

ES.5



$R_c = 25 \Omega$

Relè differenziale da 500 mA

Inserendo $R = 300 \Omega$ si ne l'intervento del relè?

$V_R = V_{R_c} = 230 V$

$I_R = \frac{V}{R} = \frac{230}{300} = 0,767 A = 767 mA$

Il relè interviene se $I \geq I_{dn}$

$I_{dn} = 500 mA$; dato che $767 > 500$, il relè interviene

ES.7

Impianto elettrico abitato \Rightarrow SISTEMA TT (RICORDARE!)

$I_{dn} = 100 mA = 0,1 A$

$R_c \leq \frac{50}{I_{dn}} = \frac{50}{0,1} = 500 \Omega \Rightarrow OK$, perché nella pratica si realizzano valori molto inferiori (10 ÷ 15 Ω)

discussione per verificare che si soddisfa la condizione di protezione contro i contatti indiretti

Un differenziale da 100 mA è per e bassa sensibilità, dunque non consente di ottenere la protezione aggiuntiva contro i contatti diretti (non obbligatoria ma calcolamente consigliata). È quindi più opportuno l'utilizzo di un differenziale da 30 mA

ES.4

$V_n = 400 V$

Report A: 4 macchine a 25 kW, $\eta = 0,9$, $\cos \phi = 0,8$ $f_c = 0,75$ $f_u = 1$

$P_B = 40 kW$

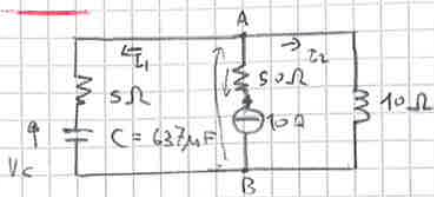
$\cos \phi' = 0,9$

$P_A = \frac{4 \cdot 25 \cdot 0,75}{0,9} \approx 83,33 kW$

$P_{-} = Q_A = P_A \cdot \tan(\arccos 0,9) = 83,33 \cdot \tan(\arccos 0,9) \approx 49,36 kW$

TEMA D'ESAME 24/02/2015

ES 2



10 A basata sull'asse reale

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 637 \cdot 10^{-6}} = 4,91 \approx 5 \Omega$$

$$\begin{aligned} \overline{V_{AB}} &= \frac{10}{\frac{1}{5-j5} + \frac{1}{j10}} = \frac{10}{\frac{j10+5-j5}{(5-j5)j10}} = \frac{j100(5-j5)}{j5+5} = \frac{j500+500}{j5+5} \\ &= \frac{500(j+1)}{5(j+1)} = 100 \text{ V} \end{aligned}$$

$$V_{50\Omega} = 50 \cdot 10 = 500$$

$$V_{AB} = V_g = 500$$

$$\Rightarrow V_g = 500 + 100 = 600 \text{ V}$$

Partizione di corrente per trovare I_1

$$\underline{I}_1 = \frac{\underline{Z}_2}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2} \cdot \underline{I} = \frac{j10}{5-j5+j10} \cdot 10 = \frac{100j}{5+j5} \cdot \frac{(5-j5)}{(5-j5)} = \frac{500j+500}{50} = 10+j10 \text{ A}$$

$$V_c = (10+j10) \cdot (-j5) = 50 - j50 \text{ V}$$

$$S_g = V_g \cdot I_g^* \Rightarrow S_g = 600 \cdot 10 = 6000 \text{ VA}$$

$$\Rightarrow P_g = 6000 \text{ W} = 6 \text{ kW}, Q_g = 0$$

TEMA D'ESAME 9/07/2012

ES-3

$S_m = 160 \text{ kVA}$

$V_{1m} = 20 \text{ kV}, V_{2m} = 400 \text{ V}$

$V_{cc}\% = 6$ (tabella)

$I_0\% = 2,3$

$P_{cc} = 2300$ (tabella, valore per cento a carico)

$V_{cc}\% = \frac{V_{cc2}}{V_{2m}} \cdot 100 \Rightarrow V_{cc2} = \frac{V_{cc}\% \cdot V_{2m}}{100} = \frac{6 \cdot 400}{100} = 24 \text{ V}$

$S_m = \sqrt{3} V_{2m} I_{2m}$

$\Rightarrow I_{2m} = \frac{S_m}{\sqrt{3} V_{2m}} = \frac{160 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 230,9 \text{ A}$

$Z_{cc} = \frac{V_{cc2}}{\sqrt{3} I_{2m}} = \frac{24}{\sqrt{3} \cdot 230,9} = 0,06 \Omega$

$R_{cc} = \frac{P_{cc}}{3 I_{2m}^2} = \frac{2300}{3 \cdot 230,9^2} = 0,014 \Omega$

$X_{cc} = \sqrt{Z_{cc}^2 - R_{cc}^2} = \sqrt{0,06^2 - 0,014^2} = 0,058 \Omega$

$\Rightarrow \bar{Z}_{cc} = 14 + j 58 \text{ m}\Omega$

b) $I_b \leq I_m \leq I_z$

$P_c = 130 \text{ kW}$

$\cos \phi = 0,8$

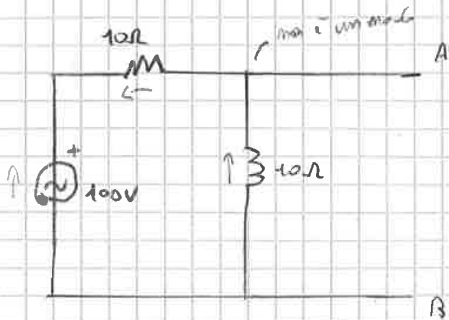
$\Rightarrow Q_{TOT} = 130 \cdot \tan(\arccos 0,8) = 91,2 \text{ kVAR}$

$\Rightarrow I_b = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3} V} = \frac{\sqrt{130000^2 + 91200^2}}{\sqrt{3} \cdot 400} = 187,6 \text{ A}$

$\Rightarrow I_m = 100 \text{ A}$

$\Rightarrow I_z = 113 \text{ A}, S = 70 \text{ mm}^2$

11
Eeq



$$10 \underline{I} + j10 \underline{I} - 100 = 0$$

$$(10 + j10) \underline{I} = 100$$

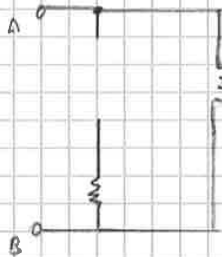
$$\Rightarrow \underline{I} = \frac{100}{10 + j10} = \frac{100 \cdot 10 - j1000}{200}$$

$$= 5 - 5j$$

$$\Rightarrow V_{AB} = \underline{E}_{eq} = R_{10} (5 - 5j) = 50 + j50$$

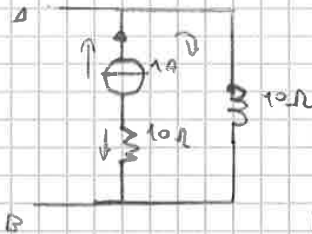
b)

\underline{E}_{eq}



$$\underline{E}_{eq} = j10 \Omega$$

\underline{E}_{eq}



$$j10 \underline{I}_g + 10 \underline{I}_g - V_g = 0$$

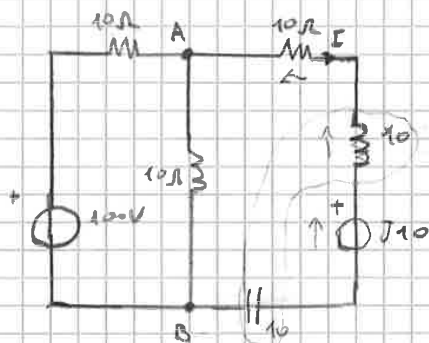
$$j10 + 10 - V_g = 0$$

$$V_g = j10 + 10$$

$$V_{10\Omega} = 10 \cdot 1 = 10$$

$$\Rightarrow V_{AB} = \underline{E}_{eq} = V_g - V_{10\Omega} = j10 + 10 - 10 = j10 \text{ V}$$

c)



$$\underline{V}_{AB} = \frac{100}{10} + \frac{j10}{10} = 10 + j10$$

$$\frac{1}{10} + \frac{1}{j10} + \frac{1}{j10} + \frac{1}{10}$$

$$= \frac{10 + j10}{10} = 0,2 - 0,1j = 2 - j + 0,2j + 0,1$$

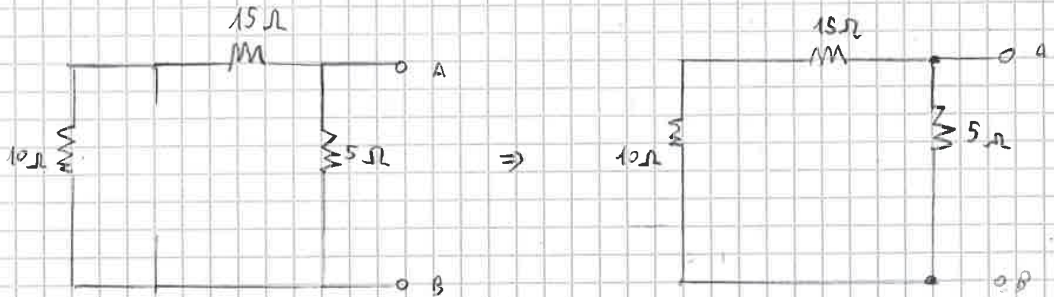
$$\frac{0,2 + 0,1j}{0,2 - 0,1j} = \frac{0,4 + j0,1}{0,4 + j0,1}$$

TEMA D'ESAME 21/06/2012

ES 1

a)

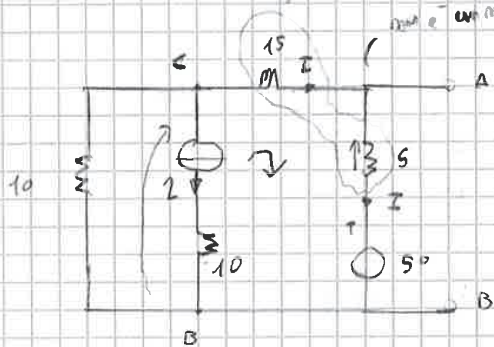
R_{eq}



$$R_{eq} = \frac{25 \cdot 5}{30} = 4,166 \approx 4,2 \Omega$$

→ sostituisci un $R=20$ anche sono in serie

E_{eq}



Millman:

$$V_{CB} = \frac{50 - 2}{\frac{1}{20} + \frac{1}{10}} = \frac{48}{0,15} = 3,33V$$

legge della maglia:

$$15 \cdot I + 5 \cdot I + 50 - V_{CB} = 0$$

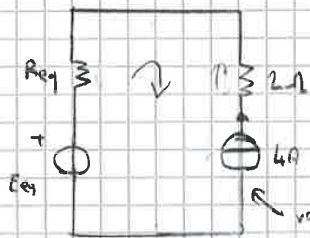
$$20 I + 50 - 3,33 V = 0$$

$$\Rightarrow I = -2,33 A \quad \text{Pungue la tensione sul resistore da 5Ω sarà di segno opposto a quello indicato}$$

$$V_{5\Omega} = 5 \cdot 2,33 = 11,65 V$$

$$\Rightarrow V_{AB} = E_{eq} = 50 - 11,65 = 38,3 V$$

b)



$$-V_g + 2I + 4,2I + 38,3 = 0$$

$$6,2I + 38,3 = V_g$$

$$V_g = 65$$

$$\Rightarrow P_g = 65 \cdot 4 = 262$$

50
ES 3

$$P_c = 50 \text{ kW}$$

$$V_c = 370 \text{ V} = V_R$$

$$\cos \varphi = 0,85$$

$$Z_L = 40 + j 78 \text{ m}\Omega$$

$$C_A = 419 \mu\text{F} = 419 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

$$C_A = \frac{Q_A}{3} \approx 139,67 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

$$|Q_A| = 3W C_A V_R^2 = 3 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 139 \cdot 10^{-6} \cdot 370^2 \approx 398,3 \text{ var}$$

1
 REATTIVE

$$Q_C = 50 \cdot \tan(\arccos \varphi) = 50 \cdot \tan(\arccos 0,85) \approx 30,99 \text{ kVAR}$$

$$Q_d = Q_A + Q_C = -398,3 \text{ var} + 30990 \text{ var} \approx 30592 \text{ var}$$

$$I_L = \frac{\sqrt{50000^2 + 30592^2}}{\sqrt{3} \cdot 370} \approx 86,77 \text{ A}$$

$$P_c = 3 \cdot 0,04 \cdot 86,77^2 \approx 903,5 \text{ W}$$

$$Q_c = 3 \cdot 0,018 \cdot 86,77^2 \approx 406,57 \text{ var}$$

$$P_p = 50000 + 903,5 = 50903,5 \text{ W}$$

$$Q_p = 30592 + 406,57 = 30998,57 \text{ var}$$

$$V_p = \frac{\sqrt{50903,5^2 + 30998,57^2}}{\sqrt{3} \cdot 86,77} \approx 376 \text{ V}$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{50000}{50903,5} \approx 0,98$$

ES 2

Carico A potenza attiva assorbita 6 kW

$$I_A = 9 \text{ A}$$

Carico B carico induttivo assorbe 12 kW, $\cos \varphi = 0,85$

$$Z_L = 10 \Omega + j25 \text{ m}\Omega$$

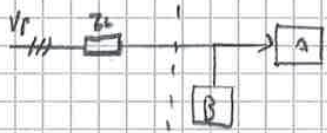
$$V_p = ?$$

 $V_{CA} = V_{CB}$ perché sono collegati in parallelo

$$V_{CA} = \frac{S_A}{\sqrt{3} I_A} = \frac{\sqrt{P_A^2 + Q^2}}{\sqrt{3} \cdot I_A} = \frac{6000}{\sqrt{3} \cdot 9} \approx 385 \text{ V}$$

$$Q_B = P_B \tan(\arccos 0,85) = 12 \text{ kW} \cdot \tan(31,78) = 7,43 \text{ kVAr}$$

Calcoliamo le potenze totali
entranti nella sezione a
destra della linea tratteggiata,
capacità di tensione complessiva
 V_C e corrente I_L (corrente di linea)



$$P = P_A + P_B = 12 + 6 = 18 \text{ kW}$$

$$Q = Q_B = 7,43 \text{ kVAr}$$

$$\Rightarrow S = \sqrt{18^2 + 7,43^2} = 19,47 \text{ VA}$$

$$I_L = \frac{S}{\sqrt{3} V_{CA}} = \frac{19470}{\sqrt{3} \cdot 385} \approx 29,2 \text{ A}$$

$$P_L = 3 R_L I_L^2 = 3 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 29,2^2 = 255,8 \text{ W}$$

$$Q_L = 3 X_L I_L^2 = 3 \cdot 25 \cdot 10^{-3} \cdot 29,2^2 = 63,95 \text{ var}$$

$$\Rightarrow P_{TOT} = P_L + P = 18000 + 255,8 = 18255,8 \text{ W}$$

$$Q_{TOT} = Q_L + Q = 24300 + 63,95 = 7493,95 \text{ var}$$

$$V_p = \frac{S}{\sqrt{3} I_L} = \frac{\sqrt{18255,8^2 + 7493,95^2}}{\sqrt{3} \cdot 29,2} \approx 390 \text{ V}$$

Legge delle maglie

$$20 - 10 I - V_g + 5 \cdot I_g = 0$$

$$20 - 10(-5,6) + 5 \cdot 10 = V_g$$

$$\Rightarrow V_g = 126$$

$$\Rightarrow P_g = V_g \cdot I_g = 126 \cdot 10 = 1260 \text{ W}$$

ES 3

Sistema equilibrato (ipotesi simmetrico)

Linea trifase

$$R_L = 0,25 \Omega$$

$$X_L = 0,5 \Omega$$

$$P_{corico} = 30 \text{ kW}, Q_{corico} = 24 \text{ kVAR}$$

$$V_c = 380 \text{ V}$$

$$V_p = ?$$

c.d.t. industriale:

$$\Delta V = \frac{P \cdot R_L + Q \cdot X_L}{V} = \frac{30'000 \cdot 0,25 + 24'000 \cdot 0,5}{380} \approx 51 \text{ V}$$

$$\Rightarrow V_p = 380 + 51 = 431 \text{ V}$$

Per ottenere una riduzione della c.d.t. in linea è necessario collegare il rappresentante e valle di questo, direttamente collegato ai morsetti del corico. Riguardo a cos $\phi = 0,9$, abbiamo

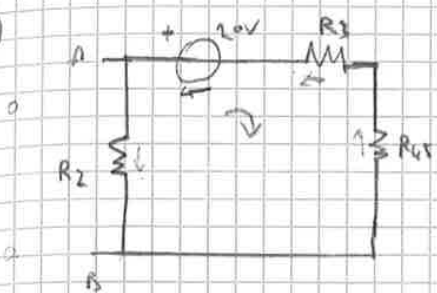
$$Q = P \cdot \tan(\arccos 0,9) = 14,53 \text{ kVar}$$

Applicando nuovamente la c.d.t. industriale:

$$\Delta V' = \frac{P \cdot R_L + Q' \cdot X_L}{380} \approx 37 \text{ V}$$

$$\Rightarrow V_p' = 380 + 37 = 417 \text{ V}$$

E_{eq}

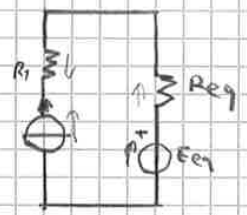


$$(20 + 7,5 + 10) I + 10 = 0$$

$$I = \frac{-20}{37,5} = -0,533 \text{ A}$$

$$V_{AB} = +V_{R2} = E_{eq} = -(-0,533 \cdot 10) = 5,33$$

\Rightarrow



$$(R_1 + R_{eq}) I + 5,33 - V_g = 0$$

$$37,25 \cdot I + 5,33 = V_g$$

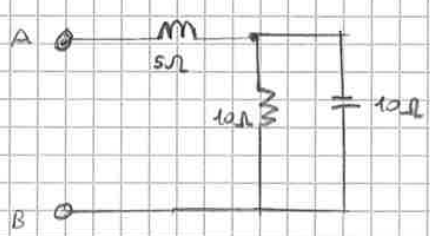
$$\Rightarrow V_g = 229,31$$

$$P_g = V_g \cdot I = 229,31 \cdot 0,533 \approx 122 \text{ W}$$

ES 2

a) Trovare in a destra del generatore di corrente

Z_{eq}

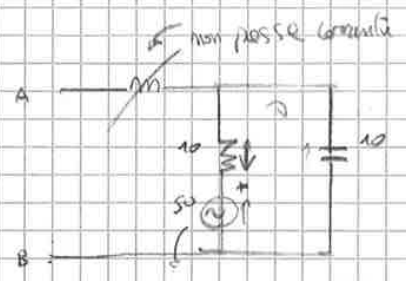


$$R' = \frac{10 \cdot (-j10)}{10 - j10} \cdot \frac{10 + j10}{10 - j10} = \frac{-j100(10 + j10)}{200}$$

$$= \frac{-j1000 + 1000}{200} = 5 - j5 \Omega$$

$$Z_{eq} = 5 - j5 + j5 = 5 \Omega$$

E_{eq}



$$-j10 \cdot I - 50 + 10 I = 0$$

$$I = \frac{50}{10 - j10} \cdot \frac{10 + j10}{10 + j10} = \frac{500 + j500}{200}$$

$$2,5 + j2,5$$

09

$$V_{10\Omega} = 10(2,5 + j2,5) = 25 + j25$$

$$E_{eq} = V_{AB} = 50 - 25 - j25 = 25 - j25$$

$$= \frac{2,5 + j2,5}{1 - j + j} \rightarrow$$

$$\frac{2,5 + j2,5}{0,1 + j0,9} = \frac{2,5 + j2,5}{0,1 + j0,9} - \frac{0,1 - j0,9}{0,1 - j0,9}$$

$$= \frac{0,15 - j2,25 + 0,25j + 2,25}{0,01 + 4,81}$$

$$= \frac{2,5 - j2,1}{0,82} = 3,05 - j2,44$$

$$! \quad j2,5 - \underline{I} (5 + j5) = 3,05 - j2,44$$

$$\underline{I} = \frac{3,05 - j2,44}{5 + j5} \cdot \frac{5 - j5}{5 - j5} = \frac{15,25 - j15,25 - j13,72 - 13,72}{50} \quad ??$$

~ -

$$I_{cc\ min} = \frac{V}{2|Z_{cc} + Z_L|}$$

L'impedenza di linea vale $0,473 + j0,0965 \text{ m}\Omega/\text{m}$

$$\Rightarrow Z_L = 200\text{m} \left(0,473 + j0,0965 \frac{\text{m}\Omega}{\text{m}} \right) = 94,6 + j19,3 \text{ m}\Omega$$

Z_L

$$I_{cc\ min} = \frac{400}{2|20 + j32 + 94,6 + j19,3| \cdot 10^{-3}} = \frac{400}{2|114,6 + j51,3| \cdot 10^{-3}} = \frac{400}{125,55 \cdot 10^{-3}} \approx 1592 \text{ A}$$

Caratteristica d'intervento di tipo B: $I_m = 3 \div 5 I_m$

Ipotesi: $I_m = 5 \cdot 160 = 800 \text{ A}$, $800 < 1592$: la condizione di intervento è soddisfatta

ES. 2

X_L e R in parallelo

$$V_c = 400 \text{ V}$$

$$L = 25 \text{ mH} = 0,025 \text{ H (a stella)} \Rightarrow X_L = 2\pi f \cdot L = 2\pi \cdot 50 \cdot 0,025 = 7,85 \Omega$$

$$R = 27 \Omega \text{ (triangolo)} \Rightarrow R_A = \frac{27}{3} = 9 \Omega$$

$$Q = \frac{V^2}{Z} \text{ (assumiamo sistema simmetrico ed equilibrato)}$$

$$\Rightarrow Q_L = \frac{400^2}{7,85} = 20,38 \text{ k var}$$

$$P_R = \frac{400^2}{9} = 17,77 \text{ kW}$$

$$\text{Risoliamo a } \cos \phi_d = 0,5 \Rightarrow \sin \phi_d = 0,5$$

$$P_{Tot} = 17,77 \text{ kW}$$

$$Q_d \text{ (e monti)} = P \sin \phi_d = 17,77 \text{ kW} \cdot 0,5 = 8,88 \text{ k var}$$

$$Q_d = Q_R + Q \Rightarrow Q_R = Q_d - Q = 8,88 \text{ k var} - 20,38 \text{ k var} = -11,48 \text{ k var}$$

Richiede
per risarcimento

$$I = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{\sqrt{17777,77^2 + 8888,88^2}}{\sqrt{3} \cdot 400} \approx 28,7 \text{ A}$$

TEMA D'ESAME 23/09/2011

ES 3

$V_c = 375 \text{ V}$

$f = 50 \text{ Hz}$

$P_c = 60 \text{ kW}, \cos \varphi = 0,78$

batterie di rifasamento in parallelo al carico

$Q' = \frac{1}{2} P_c = 30 \text{ kVar} = Q'_{\text{c}} \text{ (mantiene costo della potenza in linea)}$

$Q = 60 \cdot \tan(\arccos 0,78) = 48 \text{ kVar}$

$Q_R = Q'_{\text{c}} - Q = -18 \text{ kVar}$

$|Q| = \frac{3V^2}{X_{ca}} = 3 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_0 \cdot V^2$

$\Rightarrow C_0 = \frac{|Q_R|}{3 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot V^2} = \frac{18 \cdot 10^3}{3 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 375^2} \approx 0,122 \cdot 10^{-3} \text{ F} = 0,122 \cdot 10^{-6} \text{ F}$

corrente di linea I_L (tenuto conto di Q'_{c} e non Q_c)

$\Rightarrow I_L = \frac{\sqrt{P_c^2 + Q'_{\text{c}}^2}}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{\sqrt{60 \cdot 10^3^2 + 30 \cdot 10^3^2}}{\sqrt{3} \cdot 375} \approx 98 \text{ A}$

$V_p = ?$

$P_L = 3 \cdot R_L \cdot I_L^2 = 3 \cdot 40 \cdot 10^{-3} \cdot 98^2 \approx 1152,5 \text{ W}$

$Q_L = 3 \cdot X_L \cdot I_L^2 = 3 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 98^2 \approx 519 \text{ Var}$

$P_{\text{Tot}} = P_L + P_c = 60 \cdot 10^3 + 1152,5 = 61152,5 \text{ W}$

$Q_{\text{Tot}} = Q_L + Q'_{\text{c}} + Q_R = 519 + 30 \cdot 10^3 = 30519 = 12 \cdot 10^3 \text{ Var}$

$V_p = \frac{\sqrt{P_{\text{Tot}}^2 + Q_{\text{Tot}}^2}}{\sqrt{3} \cdot I_L} = \frac{\sqrt{61152,5^2 + 30519^2}}{\sqrt{3} \cdot 98} \approx 402 \text{ V}$

TEMA D'ESAME 25/02/2011

ES. 2

$P = 200 \text{ W}$ $Q = 900 \text{ var}$



$P_{1R} = R \cdot I^2 = 1 \cdot 6,25^2 \approx 39,06 \text{ W}$

$\Rightarrow P_{DC} = 200 - 39,06 = 160,94 \text{ W}$

$Q_{DC} = Q_{AB} = 900 \text{ var}$

$V_{DE} = V_{j10} = \frac{\sqrt{160,94^2 + 900^2}}{6,25} \approx 41,1$

$Q_{j10} = \frac{41,1^2}{10} \approx 169$

$\Rightarrow P_{EF} = 160,94$

$Q_{EF} = 200 - 169 = 31$

$I' = \frac{\sqrt{160,94^2 + 31^2}}{41,1} \approx 3,98 \approx 4 \text{ A}$

$P_{1L} = 2 \cdot 4^2 = 32 \text{ W}$

$Q_{1L} = -4 \cdot 4^2 = -64 \text{ var}$

$\Rightarrow P_Z = 160,94 - 32 \approx 129 \Rightarrow R = \frac{129}{4^2} \approx 8$

$Q_Z = 31 + 64 = 95 \Rightarrow Q = \frac{95}{4} \approx 6$

$S = VI$
 $\Rightarrow Z = 8 + j6 \Omega$

ES 3

$P_C = 75 \text{ kW}$, $\cos \phi = 0,8 \Rightarrow Q_C = 75 \cdot (\tan(\arccos 0,8)) = 56,25 \text{ kvar}$

$V = 400 \text{ V}$

$I_L = \frac{\sqrt{75000^2 + 56250^2}}{\sqrt{3} \cdot 400} \approx 135 \text{ A} \Rightarrow I_m = 160 \text{ A}$

$\Rightarrow I_Z = 174 \text{ A} \Rightarrow S = 50 \text{ mm}^2$

$Z_{CC} = 20 + j32 \text{ m}\Omega$

$I_{CCmax} = \frac{V}{\sqrt{3} Z_{CC}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{20^2 + 32^2} \cdot 10^{-3}} \approx 6,12 \text{ kA}$

TEMA D'ESAME 9/09/2008

ES 4

$$S_m = V_{em} I_{2m} \Rightarrow I_{2m} = S_m / V_{em} = \frac{250000 \text{ VA}}{400 \text{ V}} = 625 \text{ A}$$

$$R_{cc} = \frac{P_{cc}}{I_{2m}^2} = \frac{3200}{(625)^2} = 0,008 \Omega = 8 \text{ m}\Omega$$

$$Z_{cc} = \frac{V_{cc2}}{I_{2m}}, \quad V_{cc2} = \frac{V_{cc70} - V_{2m}}{100} = \frac{4 \cdot 400}{100} = 16$$

$$Z_{cc} = \frac{16}{625} = 0,0256 \Omega = 25,6 \text{ m}\Omega \approx 26 \text{ m}\Omega$$

$$\Rightarrow X_{cc} = \sqrt{Z_{cc}^2 - R_{cc}^2} = \sqrt{26^2 - 8^2} \approx 24,7 \text{ m}\Omega$$

$$\Rightarrow \underline{Z}_{cc} = 8 + j 24,7 \text{ m}\Omega$$

$$I_{cc \text{ max}} = \text{corrente di cortocircuito} = \frac{V}{\sqrt{3} |Z_{cc} + Z_{L1}|} = \frac{400}{\sqrt{3} |8 + j 24,7 + 90 + j 30| \cdot 10^{-3}} = \frac{400}{\sqrt{3} |98 + j 54,7| \cdot 10^{-3}}$$

$$= \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 112,2 \cdot 10^{-3}} \approx 1060 \text{ A} = 1,06 \text{ kA}$$

$$I_{cc \text{ min}} = \text{corrente di cortocircuito} = \frac{V}{\sqrt{3} |Z_{cc} + Z_{L1} + Z_{L2} + Z_{L3} + Z_{L4}|}$$

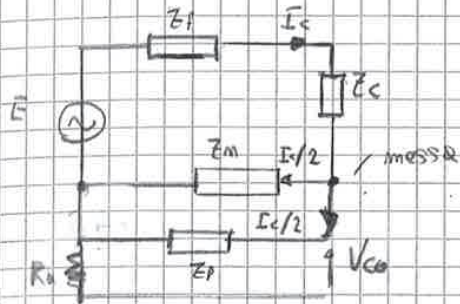
$$= \frac{V}{\sqrt{3} |Z_{cc} + 3Z_{L1} + 3Z_{L2}|} = \frac{400}{\sqrt{3} |418 + j 174,7| \cdot 10^{-2}} = 500 \text{ A}$$

TEMA D'ESAME 12/02/2008 (seconda parte)

ES 5

Relè da 30 mA

$$I_c = \frac{P}{V} = \frac{1200}{230} \approx 5,22 \text{ A}$$



Corrente di guasto nel conduttore di protezione PE:

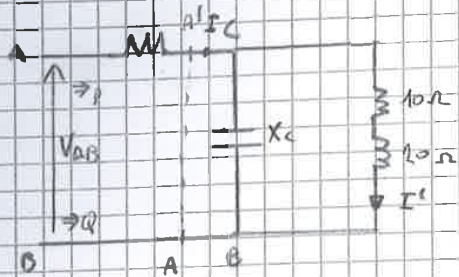
$$I_g = I_c / 2 = 5,22 / 2 = 2,61 \text{ A}$$

$2,6 > I_{dm} = 30 \text{ mA} \Rightarrow$ il relè interviene

$$V_{co} = Z_p \frac{I_c}{2} = 0,15 \cdot 2,61 = 0,39 \text{ V}$$

TEMA D'ESAME 7/07/2011

ES. 2



$$P = 100 \text{ W}$$

$$Q = 60 \text{ var}$$

$$V_{CB} = 50 \text{ V}$$

$$Z_{0X} = \sqrt{10^2 + 10^2} = 22,36 \Omega$$

$$I' = \frac{50}{22,36} = 2,24 \text{ A}$$

$$Q_{10\Omega} = X_{10\Omega} \cdot I'^2 = 10 \cdot 2,24^2 = 100 \text{ var}$$

$$Q = Q_C + Q_{10\Omega} \Rightarrow Q_C = 60 - 100 = -40 \text{ var}$$

$$Q_C = \frac{V_{BC}^2}{X_C} \Rightarrow X_C = \frac{V_{BC}^2}{|Q_C|} = \frac{50^2}{40} = 62,5 \Omega$$

$$P_{10\Omega} = 10 \cdot 2,24^2 = 50 \text{ W}$$

$$\Rightarrow P_{AA'} = P - P_{10\Omega} = 50 \text{ W}$$

$$Q_{AA'} = Q = 60 \text{ var}$$

$$I = \frac{\sqrt{P_{AA'}^2 + Q_{AA'}^2}}{V_{CA}} = \frac{\sqrt{50^2 + 60^2}}{50} = 1,56 \text{ A}$$

$$\Rightarrow R = \frac{P}{I^2} = 20,5 \Omega$$

$$S = VI \Rightarrow V_{AB} = \frac{\sqrt{100^2 + 60^2}}{1,56} = 74,7 \text{ V}$$

ES. 4

$$I_m = \frac{S_m}{\sqrt{3} V_m} = \frac{160000}{\sqrt{3} \cdot 400} \approx 231 \text{ A}$$

$$V_{cc} = \frac{4 \cdot 400}{100} = 16$$

$$Z_{cc} = \frac{V_{cc}}{\sqrt{3} I_m} = \frac{16}{\sqrt{3} \cdot 231} = 0,04 \Omega$$

$$R_{cc} = \frac{P_{cc}}{3 I_m^2} = \frac{1000}{3 \cdot 231^2} = 0,012 \Omega$$

$$Q_{cc} = \sqrt{0,04^2 - 0,012^2} = 0,038 \Omega$$

$$\Rightarrow Z_{cc} = 12 + j38 \text{ m}\Omega$$

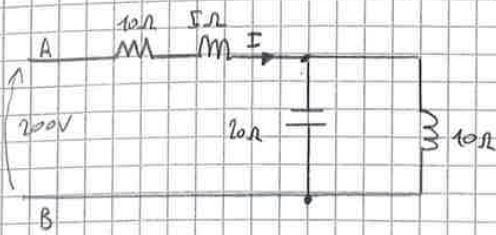
Linea L2 in serie nucleo

$$I_{cc \max} = \frac{V}{\sqrt{3} |Z_{cc} + Z_1|} = \frac{400}{\sqrt{3} |90 + j30 + 12 + j38| \cdot 10^{-3}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{102^2 + 68^2} \cdot 10^{-3}} \approx 1,88 \text{ kA}$$

$$I_{cc \min} = \frac{V}{2 |Z_{cc} + Z_1 + Z_2|} = \frac{400}{2 |12 + j38 + 90 + j30 + 50 + j20| \cdot 10^{-3}} = \frac{400}{2 \sqrt{152^2 + 88^2} \cdot 10^{-3}}$$

$$\approx 1,14 \text{ kA}$$

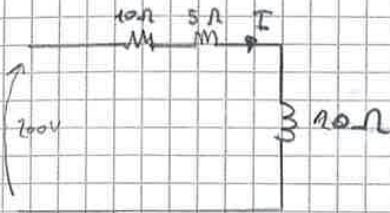
ES 2



-j20 e j10 sono in parallelo

$$\Rightarrow Z_{eq} = \frac{-j20 \cdot j10}{-j20 + j10} = \frac{200 \cdot j10}{-j10}$$

$$= \frac{j2000}{-j10} = j200 \Omega$$



$$(10 + j25) I + j \cdot 0 \cdot I - 200 = 0$$

$$(10 + j25) I = 200$$

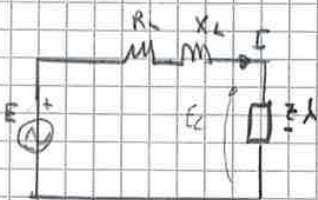
$$I = \frac{200}{10 + j25} \cdot \frac{10 - j25}{10 - j25} = \frac{2000 - 5000j}{725}$$

$$2,76 - 6,89j \Rightarrow I = \sqrt{2,76^2 + 6,89^2} = 7,4 \text{ A}$$

$$P_{AB} = R_{10\Omega} \cdot I^2 = 10 \cdot 7,4^2 \approx 550 \text{ W}$$

$$Q_{AB} = 25\Omega \cdot I^2 = 25 \cdot 7,4^2 \approx 1380 \text{ W}$$

ES 3



$$E = \frac{V}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}}$$

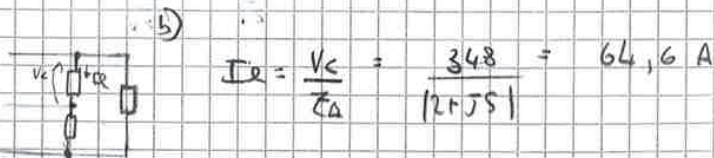
$$Z_L = \frac{Z_A}{3} = \frac{2 + j5}{3}$$

$$R_L = 400 + j100 \text{ m}\Omega = 0,4 + j0,1 \text{ m}\Omega$$

$$I = \frac{E}{|0,4 + j0,1 + \frac{2 + j5}{3}|} = \frac{400/\sqrt{3}}{|1,01 + j1,77|} = \frac{231}{2,06} \approx 111,9 \text{ A}$$

$$E_c = Z_L \cdot I = \frac{|2 + j5|}{3} \cdot 111,9 \approx 200,9 \text{ V}$$

$$V_c = E_c \cdot \sqrt{3} = 200,9 \cdot \sqrt{3} \approx 348 \text{ V}$$



$$I = \frac{V_c}{Z_A} = \frac{348}{|2 + j5|}$$

$$V_c = 400 \text{ V}$$

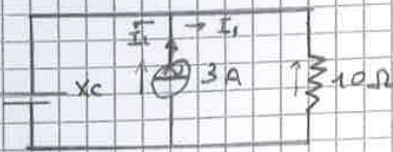
$$E_c = \frac{400}{\sqrt{3}} \text{ V}_c \Rightarrow I = \frac{400/\sqrt{3}}{|2 + j5|} = 128,6 \text{ A}$$

$$E = |0,4 + j0,1 + \frac{2 + j5}{3}| \cdot 128,6 = 265,5 \text{ V}$$

$$V = \sqrt{3} E = \sqrt{3} \cdot 265,5 = 460 \text{ V}$$

TEMA D'ESAME 4/02/2009

ES 2



$P_g = 50W$

$\Rightarrow P_{10\Omega} = 50W = R I_1^2 \Rightarrow I_1 = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{50}{10}} A \approx 2,24$

$V_{10\Omega} = 10 \cdot 2,24 = 22,4 = V_g$

$S_g = V_g \cdot I_g = 22,4 \cdot 3 = 67,2 VA$

$\Rightarrow Q_g = \sqrt{S_g^2 - P_g^2} = \sqrt{67,2^2 - 50^2} \approx 49,8 var$

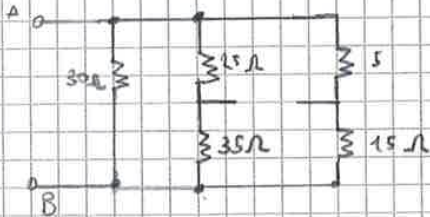
$Q_g = Q_{Xc}$

$V_{Xc} = V_g$

$Q_{Xc} = \frac{V_{Xc}^2}{Xc} \Rightarrow Xc = \frac{V_{Xc}^2}{Q_{Xc}} = \frac{22,4^2}{49,8} \approx 10,2 \Omega$

ES 1

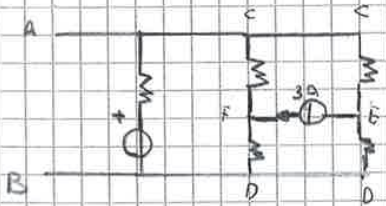
a) Req



3 resistori in parallelo: 30Ω, 60Ω, 20Ω

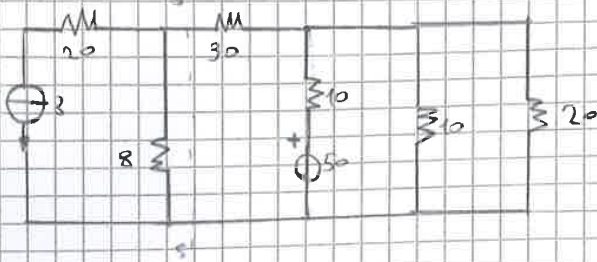
$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{30} + \frac{1}{60} + \frac{1}{20}} = 10 \Omega$

Eeq



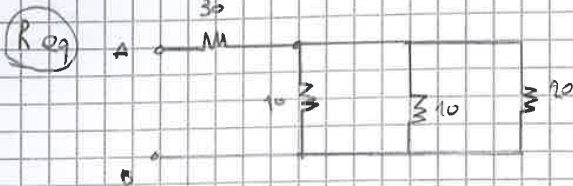
TEMA D'ESAME 11/06/2008

ES 1

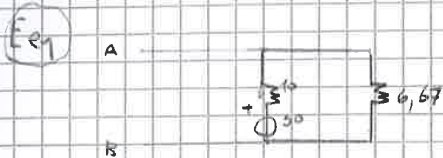


Thevenin

$$R_{eq} = \left(\frac{1}{1/10 + 1/10 + 1/10} \right) + 30 = 34 \Omega$$



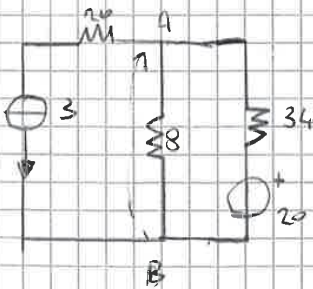
$$R_1 = \frac{20 \cdot 10}{50} = 6,67$$



$$16,67 I = 50 \Rightarrow I \approx 3A$$

$$V_{10\Omega} = 10 \cdot 3 = 30$$

$$\Rightarrow E_{eq} = 50 - 30 = 20V$$



Millman:

$$\frac{20}{34} - 3 \approx -15,62V$$

$$\frac{1}{8} + \frac{1}{34}$$

legge delle maglie

$$-(-15,62) + 20 \cdot 3 - V_g = 0$$

$$V_g = 60 + 15,62 = 75,62V$$

$$\Rightarrow P_g = V_g \cdot I_g = 75,62 \cdot 3 \approx 226,8W$$

TEMA D'ESAME 23/06/2010

ES 3

sistema simmetrico ed equilibrato

$$V = 400 \text{ V}$$

$$P_1 = 70 \text{ kW} \quad P_2 = 60 \text{ kW}$$

$$R_L = 0,33 \Omega \quad X_L = 0,07 \Omega$$

$$V_C = ?$$

$$R_C, X_C = ? \text{ (e stella)}$$

$$P_{TOT} = P_{W1} + P_{W2} = 70 + 60 = 130 \text{ kW}$$

$$Q_{TOT} = \sqrt{3} (P_{W1} - P_{W2}) = \sqrt{3} (70 - 60) = 17,32 \text{ kVar}$$

$$I_L = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3} V} = \frac{\sqrt{130000^2 + 17320^2}}{\sqrt{3} \cdot 400} \approx 189,3 \text{ A}$$

$$P_L = 3 \cdot R_L I^2 = 3 \cdot 0,33 \cdot 189,3^2 = 35,476 \text{ kW}$$

$$Q_L = 3 \cdot X_L I^2 = 3 \cdot 0,07 \cdot 189,3^2 = 7,525 \text{ kVar}$$

$$\Rightarrow P_C = P_{TOT} - P_L = 130 - 35,476 = 94,524 \text{ kW}$$

$$Q_C = 17,32 - 7,525 = 9,795 \text{ kVar}$$

$$V_C = \frac{\sqrt{94524^2 + 9795^2}}{\sqrt{3} \cdot 189,3} \approx 290 \text{ V}$$

$$R_C = ? \quad X_C = ?$$

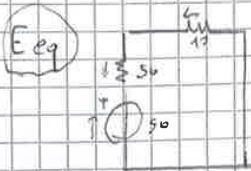
$$P_C = 3 \cdot R_C \cdot I^2 \Rightarrow R_C = \frac{P_C}{3 I^2} = \frac{94524}{3 \cdot 189,3^2} \approx 0,82 \Omega$$

$$X_C = \frac{Q_C}{3 I^2} = \frac{9795}{3 \cdot 189,3^2} \Rightarrow Z_C = 0,82 + j0,09 \Omega$$

ES 1

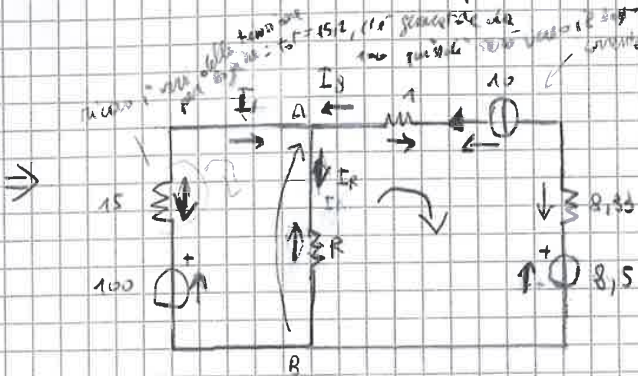
Il teorema e l'azione del generatore di corrente:

$R_{eq} = \frac{10 \cdot 50}{60} = 8,33 \Omega$



$(50 + 10) I = 50$
 $I = \frac{50}{60} \approx 0,83$

$\Rightarrow E_{eq} = 50 - 50 \cdot 0,83 = 8,5$



$V_{AB} = -8,5 - (8,33 + 1) I_2 + 100$
 $= -8,5 - 93,3 I_2 + 100 = 15,2 V$

$100 - 15 I_1 = 15,2$

$15 I_1 = 100 - 15,2 \Rightarrow I_1 = 5,65$

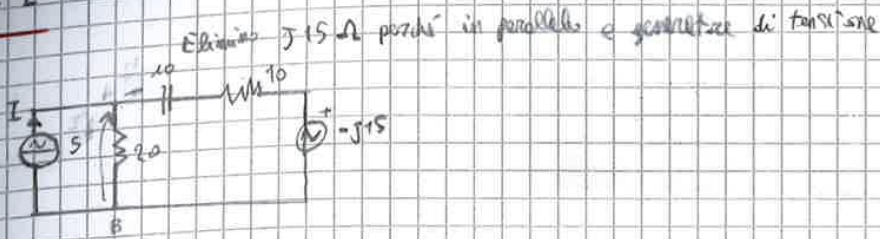
$I_2 + I_1 = I_R$

$I_R = 15,65$

$\Rightarrow V_R = I_R R \Rightarrow R = \frac{15,2}{15,65} \approx 0,96 \Omega$

$P_{R1} = V_{R1} \cdot I_1 = 100 \cdot 5,65 \approx 566 W$

ES. 2



Millman:

$$\underline{V}_{AB} = \frac{-j15 \cdot \frac{10+j10}{10+j10} + 5}{\frac{1}{20} + \frac{1}{10-j10} \cdot \frac{10+j10}{10+j10}} = \frac{150 - j150 + 5}{\frac{1}{20} + \frac{10+j10}{100}} = \frac{0,75 + 5 - j0,75}{0,05 + 0,05 + j0,05}$$

$$= \frac{5,75 - j0,75}{0,1 + j0,05} \cdot \frac{0,1 - j0,05}{0,1 - j0,05} = \frac{0,575 - j0,2875 + j0,025 - 0,0375}{0,01 + 0,0025}$$

$$= \frac{0,5375 - j0,3625}{0,0125} = 43 - j29 = \underline{V}_g$$

$$\Rightarrow P_g = 43 \cdot 5 = 215 \text{ W}$$

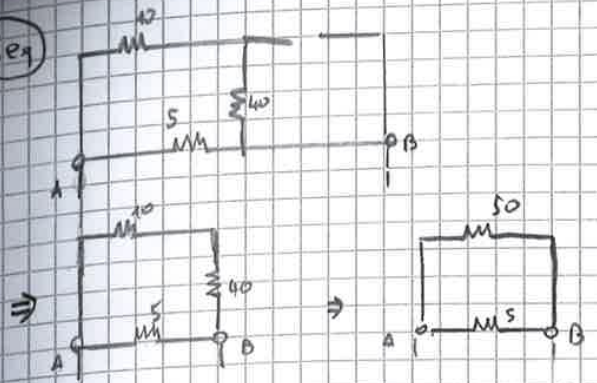
$$P_g = -145 \text{ W}$$

$$\underline{I}_{20\Omega} = \frac{\underline{V}_{20\Omega}}{R} = \frac{43 - j29}{20} = 2,15 - j1,45 \text{ A}$$

$$\Rightarrow I = \sqrt{2,15^2 + 1,45^2} = 2,593$$

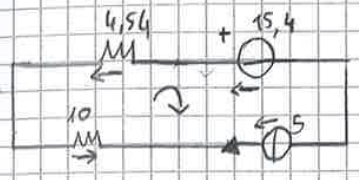
$$\Rightarrow P_{20\Omega} = R \cdot I^2 = 20 \cdot 2,593^2 \approx 134,5 \text{ W}$$

Req



$$\Rightarrow R_{eq} = \frac{50 \cdot 5}{55} \approx 4,54 \Omega$$

b)



$$(4,54 + 10) \cdot 5 + 15,4 - V_g = 0$$

$$V_g = (4,54 + 10) \cdot 5 + 15,4$$

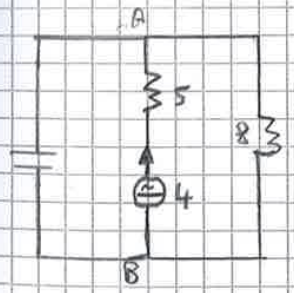
$$\Rightarrow V_g \approx 88,1$$

$$\Rightarrow P_g = V_g \cdot I = 88,1 \cdot 5 \approx 441 \text{ W}$$

ES. 2

$$P_g = 160 \text{ W}$$

Resistor che contiene la pendenza di corrente: AB



$$P_g = P_{5\Omega} + P_{8\Omega}$$

$$P_{5\Omega} = 5 \cdot (4)^2 = 80 \text{ W}$$

$$\Rightarrow P_{8\Omega} = 80 \text{ W}$$

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow V_{AB} = V_{8\Omega} = \sqrt{8 \cdot 80} \approx 25,3 \text{ V}$$

$$S_{RAB} = V_{RAB} \cdot I_{RAB} = 25,3 \cdot 4 = 101,2 \text{ VA}$$

$$Q_{RAB} = Q_g = \sqrt{(101,2)^2 - (160 - 80)^2} \approx 62 \text{ var} = Q_c$$

$$Q = \omega C V^2 \Rightarrow C = \frac{Q_c}{\omega V^2} = \frac{Q_c}{2\pi f V^2} = \frac{62}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 25,3^2} = 3,08 \cdot 10^{-4} \text{ F}$$

TEMA D'ESAME 23/06/2007

ES. 4

$P_A = 90 \text{ kW}$ $Q_A = 45 \text{ kvar}$

$L_A = 120 \text{ m}$

$L_B = 80 \text{ m}$

$L_C = 100 \text{ m}$

B: 3 motori da 11 kW, con $\eta = 0,85$, $\cos \phi = 0,75$ $\cos \phi_d = 0,92$

$P_C = 80 \text{ kW}$

(A)

$$I_{BA} = \frac{\sqrt{P_A^2 + Q_A^2}}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{\sqrt{90000^2 + 45000^2}}{\sqrt{3} \cdot 400} \approx 145 \text{ A}$$

$$P_B = \frac{3 \cdot 11000}{0,85} \approx 38824 \text{ W}$$

$$Q_B = P_B \tan \phi_d = 38824 \cdot \tan(\arccos 0,92) \approx 16539 \text{ var}$$

$$I_{BB} = \frac{\sqrt{38824^2 + 16539^2}}{\sqrt{3} \cdot 400} \approx 61 \text{ A}$$

$$I_{BC} = \frac{80000}{\sqrt{3} \cdot 400} \approx 115 \text{ A}$$

(B)

$I_{nA} = 160 \text{ A}$

$I_{nB} = 80 \text{ A}$ (coppia G3 ??)

$I_{nC} = 125$

$I_{BA} = 171 \text{ A} \Rightarrow S = 70 \text{ mm}^2$

$I_{BB} = 81 \text{ A} \Rightarrow S = 25 \text{ mm}^2$

$I_{BC} = 134 \text{ A} \Rightarrow S = 50 \text{ mm}^2$

(C)

$P_A = 90000 \text{ W}$ $Q_A = 45000 \text{ var}$

Resistenza = $0,334 \text{ m}\Omega/\text{m} \Rightarrow R_{LA} = 0,334 \cdot 120 \approx 40 \text{ m}\Omega$

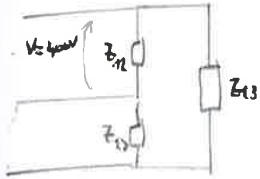
Reattanza = $0,262 \text{ m}\Omega/\text{m} \Rightarrow X_{LA} \approx 9,1 \text{ m}\Omega$

$$\Delta V \% = \frac{P R_L + Q X_L}{V^2} \cdot 100 = \frac{90 \cdot 10^3 \cdot 40 \cdot 10^{-3} + 45 \cdot 10^3 \cdot 9,1 \cdot 10^{-3} \cdot 100}{400^2} = 7,5 \% < 4\%$$

\Rightarrow (OK)

ES. 2

$$\underline{Z}_{12} = 3 + j4, \quad \underline{Z}_{13} = j8, \quad \underline{Z}_{31} = 4 - j3$$



$$I_{12} = \frac{400}{\sqrt{3^2 + 4^2}} = 80 \text{ A}$$

$$I_{31} = \frac{400}{\sqrt{4^2 + 3^2}} = 80 \text{ A}$$

$$P_{TOT} = 3 \cdot 80^2 + 4 \cdot 80^2 = 44800 \text{ W} = 44,8 \text{ kW}$$

$$Q_{TOT} = 4 \cdot 80^2 + \frac{400^2}{8} = 3 \cdot 80^2 = 26400 \text{ var} = 26,4 \text{ Kvar}$$