

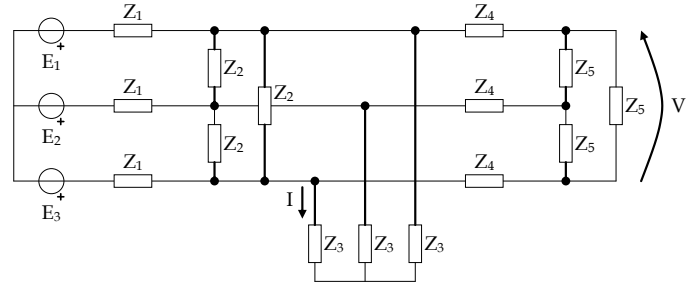
Cognome	Nome	Matricola	
---------	------	-----------	--

**Il prova in itinere**

**Esercizio 1**

1 Data la rete in figura, calcolare il valore della potenza generata dai generatori.

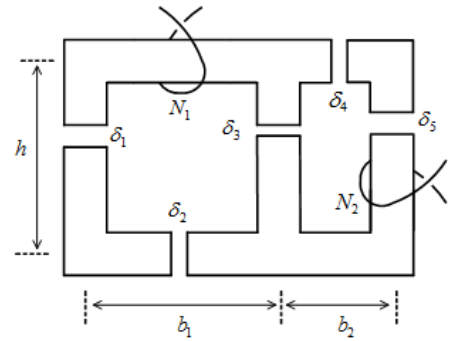
- $|E_i| = 220 \text{ V}$                       terna diretta
- $Z_1 = 20 \ \Omega$                          $Z_2 = j60 \ \Omega$
- $Z_3 = j20 \ \Omega$                          $Z_4 = 10 + j10 \ \Omega$      $Z_5 = 30 \ \Omega$



**Esercizio 2**

2 Data la rete in figura, calcolare i coefficienti di auto e mutua induzione del circuito magnetico di figura (NO SEGNO M).

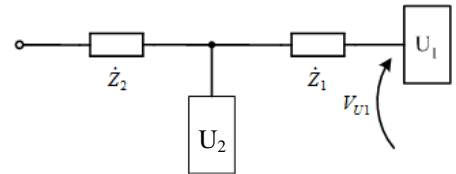
- $N_1=100$                                  $N_2=150$                                  $\delta_1=5 \text{ mm}$
- $\delta_2=1 \text{ mm}$                              $\delta_3=2 \text{ mm}$                              $\delta_4=3 \text{ mm}$
- $\delta_5=1 \text{ mm}$                              $h=5\text{m}$                                   $b_1=3\text{m}$
- $b_2=2\text{m}$                                  $\mu_0=4\pi 10^{-7}$                              $\mu_r=\infty$



**Esercizio 3**

3 Data la rete in figura, calcolare le sezioni dei cavi in base alla seguente tabella delle utenze trifasi U1 e U2 di figura sapendo che la tensione di alimentazione del carico U1 è pari a  $V_{U1}=400\text{V}$ . Tracciare i triangoli delle potenze in tutte le sezioni di rete.

- $P_{U1}=100 \text{ kW}$                          $P_{U2}=150 \text{ kW}$                          $\Delta V\% \leq 4\%$
- l Linea  $Z_1=100\text{m}$                       l Linea  $Z_2=200\text{m}$



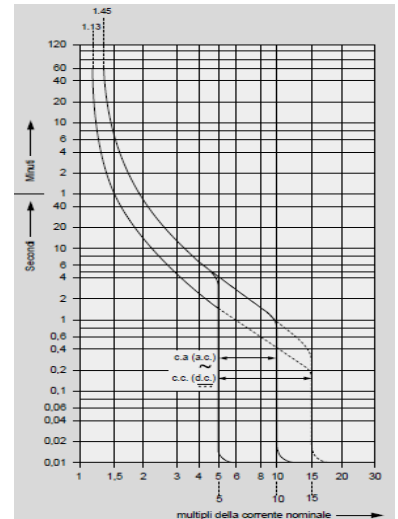
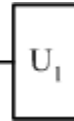
TAB. 6.13 - RESISTENZA E REATTANZA SPECIFICA DEI CAVI UNIFICATI (TABELLA UNEL 35023-70) <sup>(1)</sup>																
sez. [mm <sup>2</sup> ]	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
<b>CAVO UNIPOLOARE</b>																
r [mΩ/m]	14,8	8,91	5,57	3,71	2,24	1,41	0,889	0,641	0,473	0,328	0,236	0,188	0,153	0,123	0,0943	0,0761
x [mΩ/m]	0,168	0,156	0,143	0,135	0,119	0,112	0,106	0,101	0,101	0,0965	0,0975	0,0939	0,0928	0,0908	0,0902	0,0895
<b>CAVO BIPOLARE, TRIPOLARE</b>																
r [mΩ/m]	15,1	9,08	5,68	3,78	2,27	1,43	0,907	0,654	0,483	0,334	0,241	0,191	0,157	0,125	0,0966	0,0780
x [mΩ/m]	0,118	0,109	0,101	0,095	0,0861	0,0817	0,0813	0,0783	0,0779	0,0751	0,0762	0,0745	0,0745	0,0742	0,0752	0,0750

Note  
 (1) Materiale conduttore: rame, temperatura di riferimento 80°C

### Esercizio 4

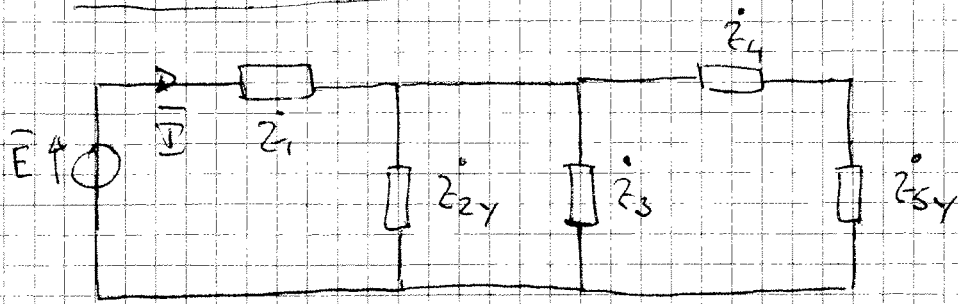
4) Data la rete in figura, dimensionare la protezione da installare all'inizio della linea, indicata in figura, al fine di proteggere correttamente dal sovraccarico e dal corto circuito il carico trifase  $U_1$  (motore elettrico) e la stessa linea, per i dati della linea si faccia riferimento alla tabella precedente.

$P_{U1} = 50 \text{ kW}$        $Q_{U1} = 20 \text{ kvar}$        $V_{U1} = 400 \text{ V}$   
 $l_{\text{Linea}} = 100 \text{ m}$        $S_{\text{Linea}} = 95 \text{ mm}^2$



# ESERCIZIO 1

①



$$Z_{2y} = \frac{Z_2}{3}$$

$$Z_{5y} = \frac{Z_5}{3}$$

$$Z_{ee} = Z_1 + [Z_{2y} \parallel Z_3 \parallel (Z_4 + Z_{5y})] = 22,5 + j 7,5 \Omega$$

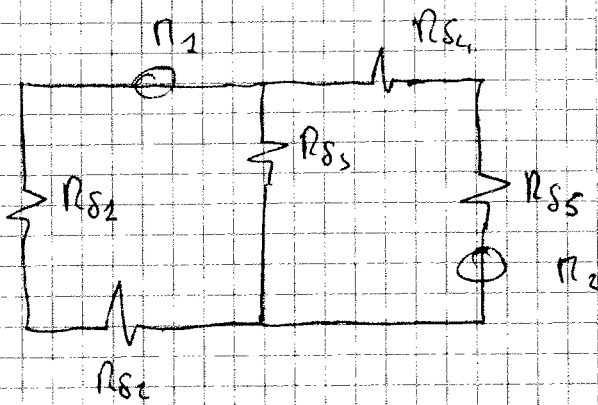
$$\underline{I} = \frac{\underline{E}}{Z_{ee}} = 8,8 - j 2,933 \text{ A}$$

$$\underline{A} = \underline{E} \cdot \underline{I} = 1,836 + j 9,645 \text{ kVA}$$

$$\underline{A}_T = 3 \underline{A} = 5,508 + j 28,936 \text{ kVA}$$

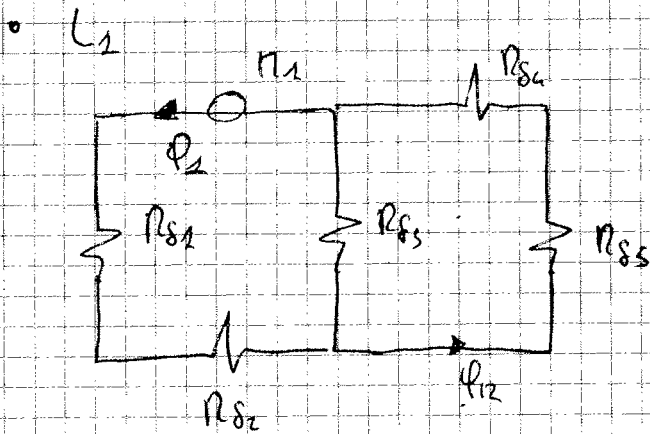
# Esercizio 2

(2)



$$R_s = \frac{\delta}{\mu_0 A f e}$$

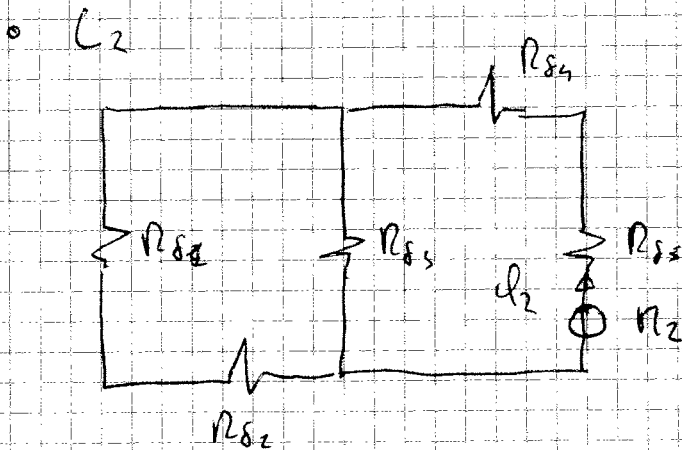
$$\left\{ \begin{array}{l} R_{S1} = 3878826 \text{ H}^{-2} \\ R_{S2} = 795775 \text{ H}^{-2} \\ R_{S3} = 1581549 \text{ H}^{-2} \\ R_{S4} = 2387324 \text{ H}^{-2} \\ R_{S5} = 795775 \text{ H}^{-2} \end{array} \right.$$



$$\phi_2 = \frac{\mathcal{F}_1}{R/m_2} = \frac{N_1 I_1}{R/m_2}$$

$$R/m_2 = R_{S1} + R_{S2} + \left[ R_{S3} // (R_{S4} + R_{S5}) \right] = 5835682 \text{ H}^{-2}$$

$$\phi_{L1} = N_1 \phi_1 \quad L_1 = \frac{\phi_{L1}}{I_1} = \frac{N_1^2}{R/m_2} = 1,714 \text{ mH}$$



$$\phi_2 = \frac{\mathcal{F}_2}{R/m_2} = \frac{N_2 I_2}{R/m_2}$$

$$R/m_2 = R_{S5} + R_{S4} + \left[ R_{S3} // (R_{S1} + R_{S2}) \right] = 6326262 \text{ H}^{-2}$$

$$\phi_{L2} = N_2 \phi_2 \quad L_2 = \frac{\phi_{L2}}{I_2} = \frac{N_2^2}{R/m_2} = 5,141 \text{ mH}$$

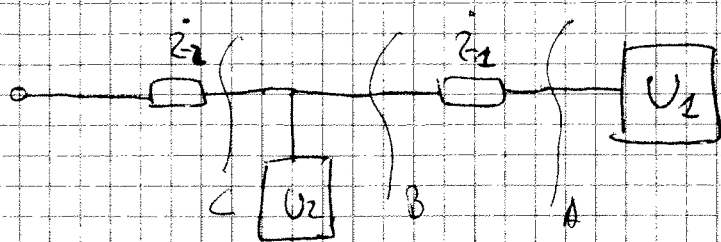
$$\phi_{12} = \frac{R_{S3}}{R_{S3} + (R_{S4} + R_{S5})} \cdot \phi_1 = R_d \phi_1$$

$$\phi_{L12} = N_2 \phi_{12} = N_2 R_d \phi_1 = N_2 R_d \frac{N_1 I_1}{R/m_2}$$

$$M = \phi_{L12} = \frac{R_d}{R/m_2} \cdot N_1 N_2 = 0,857 \text{ mH}$$

## Esercizio 3

(3)



### • SEZIONE A

$$I_A = \frac{P_{ui}}{\sqrt{3} V_{ui} \cos \phi_{ui}} = \frac{100 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 600 \cdot 0,9} = 161 \text{ A}$$

$$I_B / Z_1 \geq I_A$$

SCELGO UN CAVO DI SEZIONE ADEGUATA IPOTIZZANDO  $S = 120 \text{ mm}^2$

$$R_1 = 0,181 \cdot 200 = 36,2 \text{ m}\Omega$$

$$X_1 = 0,0745 \cdot 200 = 14,9 \text{ m}\Omega$$

$$\Delta V|_{ui} = \sqrt{3} (R_1 \cos \phi_{ui} + X_1 \sin \phi_{ui}) \cdot I_A = \sqrt{3} (36,2 \cdot 0,9 + 14,9 \cdot 0,436) \cdot 161 = 5,2 \text{ V}$$

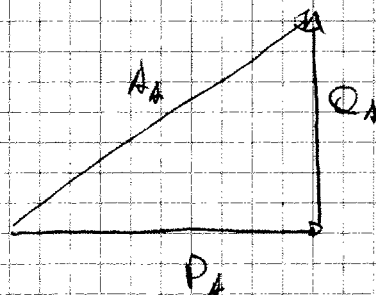
$$\Delta V|_{ui} \% = \frac{\Delta V|_{ui}}{V_{ui}} \cdot 100 = 1,423 \%$$

$$P_A = P_{ui} = 100 \text{ kW}$$

$$Q_A = P_{ui} \cdot \tan \phi_{ui} = 68,4 \text{ kVAR}$$

$$\Delta P_{AB} = 3 R_1 I_A^2 = 1685 \text{ W}$$

$$\Delta Q_{AB} = 3 X_1 I_A^2 = 573 \text{ VAR}$$

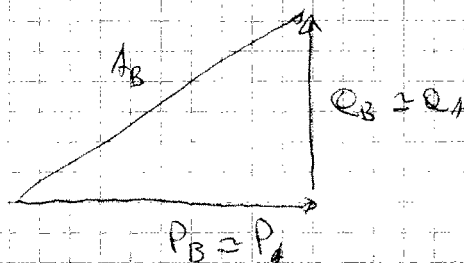


### • SEZIONE B

$$P_B = P_A + \Delta P_{AB} = 101 \text{ kW}$$

$$Q_B = Q_A + \Delta Q_{AB} = 69 \text{ kVAR}$$

$$V_B = \frac{S_B}{I} = 403 \text{ V} \approx 400 \text{ V}$$



SEZIONE C

$$P_c = P_B + P_{u2} = 251 \text{ kW}$$

$$Q_c = Q_B + Q_{u2} = Q_B + P_{u2} \cdot \tan \phi_{u2} = 121,7 \text{ kVAR}$$

$$I_c = \frac{A_c}{\sqrt{3} V_c} = 400 \text{ A}$$

$$I_B |_{z2} \geq I_c$$

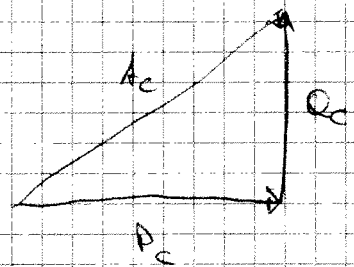
SCELGO UN CAVO DI SEZIONE ADEGUATA: IPDTRC0 S = 240 mm<sup>2</sup>

$$R_2 = 0,0966 \cdot 200 = 19,32 \text{ m}\Omega$$

$$X_2 = 0,0752 \cdot 200 = 15,04 \text{ m}\Omega$$

$$\Delta V |_{u2} = \sqrt{3} (R_2 \cos \phi_c + X_2 \sin \phi_c) I_c = \sqrt{3} (19,32 \cdot 0,899 + 15,04 \cdot 0,436) \cdot 0,4 = 16,6 \text{ V}$$

$$\Delta V |_{u2} \% = \frac{\Delta V |_{u2}}{V_B} \cdot 100 = 4,10 \%$$



MODIFICO LA SEZIONE S = 300 mm<sup>2</sup>

$$R_2 = 0,0780 \cdot 200 = 15,6 \text{ m}\Omega$$

$$X_2 = 0,0750 \cdot 200 = 15 \text{ m}\Omega$$

$$\Delta V |_{u2} = \sqrt{3} (R_2 \cos \phi_c + X_2 \sin \phi_c) I_c = \sqrt{3} (15,6 \cdot 0,899 + 15 \cdot 0,436) \cdot 0,4 = 14,6 \text{ V}$$

$$\Delta V |_{u2} \% = \frac{\Delta V |_{u2}}{V_B} \cdot 100 = 3,57 \%$$

OSSERVAZIONE

Il requisito  $\Delta V \% \leq 4\%$  è soddisfatto solamente sull'utenza U<sub>2</sub>. Modificando la sezione del conduttore  $z_1$  in 300 mm<sup>2</sup> si ottiene una caduta di tensione sul cavo U<sub>1</sub> di 4,3%. Tale valore è però calcolato alla temperatura di 80°C quindi a temperatura ambiente ~ 30°C la  $\Delta V \%$  diminuisce.

MODIFICAZIONE SEZIONE UTILIZZANDO 2 CAVI  $S=240 \text{ mm}^2$  IN PARALLELO.

$$R_2 = 0,5 \cdot 0,0366 \cdot 200 = 3,66 \text{ m}\cdot\text{R}$$

(5)

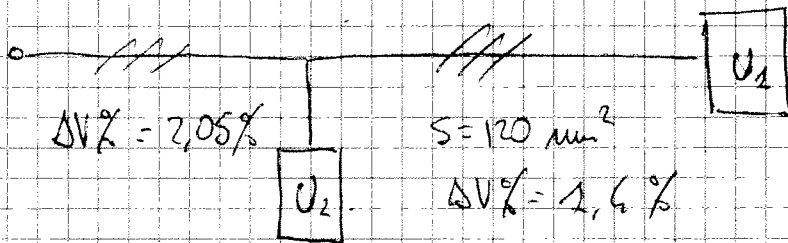
$$X_2 = 0,5 \cdot 0,0752 \cdot 200 = 7,52 \text{ m}\cdot\text{R}$$

$$\Delta V|_{u_2} = \sqrt{3} (R_2 \cos \phi_c + X_2 \sin \phi_c) \cdot I_c = \sqrt{3} (3,66 \cdot 0,899 + 7,52 \cdot 0,436) \cdot 0,4 = 8,29 \text{ V}$$

$$\Delta V|_{u_2} \% = \frac{\Delta V|_{u_2}}{V_B} \cdot 100 = 2,05 \%$$

• DIMENSIONAMENTO SCELTO

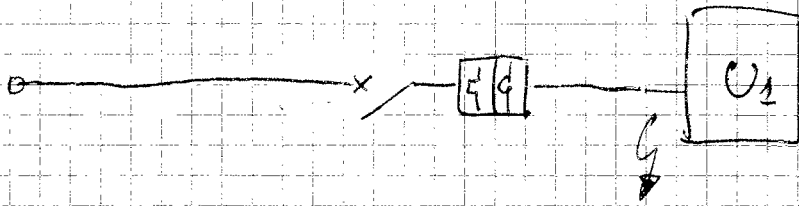
$$S = 2 \cdot 120 \text{ mm}^2$$



È possibile individuare anche altre configurazioni che soddisfano il requisito  $\Delta V\% \leq 4\%$ .  
Tali configurazioni sono tutte ammissibili.

# ESERCIZIO 4

6



$$A_{ui} = \sqrt{P_{ui}^2 + Q_{ui}^2} = 53,852 \text{ kVA}$$

$$\cos \varphi_{ui} = \frac{P_{ui}}{A_{ui}} = 0,928$$

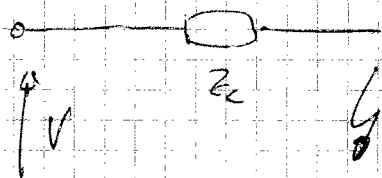
$$I_b = \frac{P_{ui}}{\sqrt{3} V_{ui} \cos \varphi_{ui}} = 77,8 \text{ A}$$

SCELGO  $I_n = 100 \text{ A}$        $I_b \leq I_n \leq I_2$

$$R = 0,241 \cdot 100 = 24,1 \text{ m}\Omega$$

$$X = 0,0762 \cdot 100 = 7,62 \text{ m}\Omega$$

TRASCURTO  $\Delta V$  DOMINANTE IL GUASTO A FAVORE DELLA SICUREZZA



$$I_c = \frac{V}{\sqrt{3} Z_L} = \frac{600}{\sqrt{3} \sqrt{R^2 + X^2}} = 9,2 \text{ kA}$$

SCELGO  $I_{cs} = 10 \text{ kA}$

$\frac{I_{cc}}{I_n} = 92$  le protettive interviene istantaneamente

$t = 0,02 \text{ s}$  (INTERVENSO MAGNETICO)

$t = 0,2 \text{ s}$  (LIBRE INTERVENSO TERMICO)

VERIFICO L'ENERGIA SPECIFICA PASSANTE  $I^2 t \leq k^2 s^2$  ( $k=143$ )

$t = 0,02 \text{ s}$      $8,5 \cdot 10^5 \leq 186 \cdot 10^6$

$t = 0,2 \text{ s}$      $17 \cdot 10^6 \leq 185 \cdot 10^6$