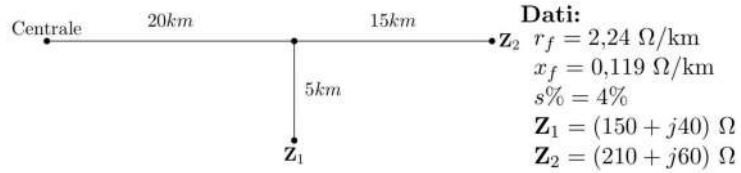


Lo schema in figura mostra in maniera sintetica la geometria di una rete trifase di distribuzione in cui una generatore elettrico alimenta due carichi trifase equilibrati.

- Sapendo che la linea è composta da un cavo unipolare in rame di sezione 10 mm², calcolare le resistenze e le reattanze dei tratti di linea.
- Sapendo che le impedenze Z₁, Z₂ sono calcolate in configurazione stella, rappresentare il monofase equivalente.
- Calcolare il valore efficace dei generatori necessario a garantire che tutti i carichi siano alimentati con una tensione (valore efficace) nominale pari a 230 V con uno scostamento massimo del 5%.

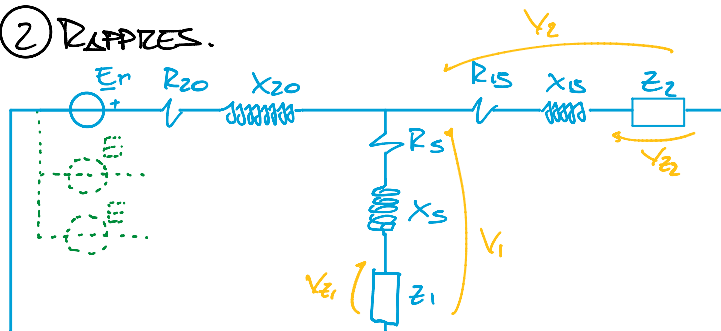


1) Ci calcoliamo i valori dei parametri da inserire nel circuito:

| L | R [Ω] | X [Ω] |
|-------|-------|-------|
| 20 km | 44,8 | 2,38 |
| 15 km | 33,6 | 1,78 |
| 5 km | 11,2 | 0,6 |

→ $R = r \cdot L$
 $X = x \cdot L$

2) RAPPRES.



-> Rappresentiamo direttamente un monofase. Avremmo potuto rappresentare il trifase, ma sarebbe risultato graficamente difficile.

3) VALORE EFFICACE GEN.

1° CALCOLO V_{Z1}, V_{Z2} :

→ $220,8 < V_{Z1} < 239,2$ → ?
 → $220,8 < V_{Z2} < 239,2$

-> Dovremmo imporre una delle due e calcolare il resto, ma ci calcoliamo le tensioni tra i due rami: V₁, V₂.

2° V₁, V₂

ⓐ Impedenza parallela tra i due rami:

$$Z_P = (R_5 + jX_5 + Z_1) // (R_{15} + jX_{15} + Z_2) = (87 + j24,5) \Omega$$

ⓑ Calcolo le tensioni:

$$V_1 = E_n \cdot \frac{Z_P}{Z_P + R_{20} + jX_{20}} = E_n \cdot (0,68 + j0,04) V$$

$$E_n = E_n \cdot e^{j0} = E_n$$

$$\Rightarrow \underline{V}_{Z1} = V_1 \cdot \frac{Z_1}{R_5 + jX_5 + Z_1} = E_n \cdot (0,65 + j0,05) V \rightarrow \text{TENSIONE MAGGIORE}$$

$$\underline{V}_{Z2} = V_2 \cdot \frac{Z_2}{R_{15} + jX_{15} + Z_2} = E_n \cdot (0,6 + j0,05) V \rightarrow \text{TENSIONE MINORE}$$

-> Partiamo dal calcolo della tensione minore:

$$|V_{z_2}| = 220,8 \text{ V} \quad E_n = \frac{220,8}{|0,6 + j0,05|} = 366,5 \text{ V}$$

$$\rightarrow |V_{\text{max}}| = 239,20 \text{ V}$$

Argomenti Trifase:

- Squilibrato,
- Passaggio triangolo stella;
- Sdoppiamento.

-> Guardiamo adesso il dimensionamento delle linee.

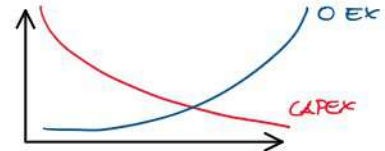
(Per semplicità guardiamo i monofase, ma si può ripetere lo stesso discorso con i Trifase.)

Dimensionamento linee:

• Criteri Economici:

- Costo di investimento (CAPEX);
- Costo operativo (OPEX);

-> Esiste un punto in cui abbiamo un'inversione tra i due.



• Parametri (criteri) tecnici:

- Temperatura: definita in base alla potenza dissipata, si può calcolare quella media:



-> Semplificata dalla normativa

- ◊ Portata massima in funzione dell'isolante e del conduttore.

- Tipologia di installazione:

- K_1: dipende dalla temperatura ambiente (dobbiamo prendere il caso peggiore che si possa verificare);
-> Dipende dalla tipologia dell'isolante;
- K_2: indica la presenza di altri conduttori;
-> Gli altri fili devono essere carichi (ovvero utilizzati)

- Caduta di tensione ΔV

-> Considerare sia attivo che reattivo;

- Interruttori: hanno una corrente massima che possono supportare, se questa è maggiore => il mio interruttore non sarebbe in grado di interrompere correttamente il circuito.

- Corto circuito: bisogna tenerlo a mente, anche se non lo utilizzeremo mai negli esercizi.

Procedura:

- 1) Calcolo corrente massima assorbita dal carico (I);
-> Solitamente calcolata in funzione alla potenza massima assorbita dal carico;
- 2) Scelta dell'interruttore: necessitiamo un interruttore che ha portata nominale maggiore (o uguale in un mondo immaginario) della corrente che attraversa il circuito.
- 3) Prendo i coefficienti k1 e k2 precedentemente visti;
- 4) Calcoliamo il limite sulla portata:
-> OBJ: portata del conduttore scelto dev'essere: $I_z > \frac{I_n}{k_1 + k_2}$
=> Scegliamo tutti i conduttori che hanno portata correnti I_z tra quelli che abbiamo.
- 5) Calcolo della caduta di tensione (solitamente richiesto esplicitamente);
- 6) Definisco dei criteri economici per definire quello ottimale.

Esercizio AE4.A.2:

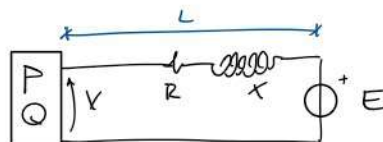
Una linea in cavo lunga L alimenta un carico **monofase** che assorbe una potenza attiva P ed una potenza reattiva Q ad un tensione nominale V. Il cavo è posato in **tubi incassati** in parete e negli stessi corrugati è presente anche un altro circuito.

- Calcolare la corrente assorbita dal carico.
- Selezionare l'interruttore adeguato.
- Selezionare un conduttore possibile con isolamento in PVC ed uno con isolamento in EPR.
- Scegliere il conduttore migliore, sapendo che la caduta di tensione massima sulla linea non deve superare l'1% della tensione di alimentazione.

Dati:

Tensione di alimentazione: $V = 310 \text{ V}$ Potenza attiva: $P = 15 \text{ kW}$
 Potenza reattiva: $Q = 8 \text{ kvar}$ Lunghezza della linea: $L = 25 \text{ m}$
 Temperatura ambiente: $T_{amb} = 35^\circ \text{C}$ Massima caduta di tensione: $\Delta V_{max} = 1\%$

Ⓐ I_{ASS}:
SAPPIAMO



Ⓐ CALCOLO Δ :

$$\Delta = \sqrt{P^2 + Q^2} = 17 \text{ kVA}$$

Solo CRITERI TECNICI →

Ⓐ I:
 $I = \frac{\Delta}{V} = 50 \text{ A}$

Ⓑ INTERRUTTORE:

- x DEF $I_n < I \Rightarrow I_n = 63 \text{ A}$

Ⓒ k_1, k_2 : (CONDUTT. POSS)

-> Dobbiamo calcolare la portata minima perché vengano sopportati 63 A

• k_1 $\left\{ \begin{array}{l} \text{PVC} = 0,84 \\ \text{EPR} = 0,86 \end{array} \right\} \rightarrow$ DATA AMBIENTE: $t \leq 35^\circ$

• $k_2 = 0,8 \rightarrow$ RAGGRUPPATI A FASCIO LFT

-> 2 CIRCUITI.
 - INCASSO IN PARETE.

TAB VALORI DI PORTATA [A] CAVI ELETTRICI A BASSA TENSIONE.

- $I_z = \frac{I_n}{k_1 \cdot k_2} = \begin{cases} 83,8 \text{ A} \\ 82,0 \text{ A} \end{cases}$

PVC $\Rightarrow 35 \text{ mm}^2$ $n=0,641$
 EPR $\Rightarrow 25 \text{ mm}^2$ $n=0,888$

\rightarrow TABELLETTI.

Ⓓ $\Delta V = I \cdot \sqrt{R^2 + X^2}$

-> Non è necessario farlo per entrambi i conduttori: infatti ciò che li differenzia è l'isolante => Il limite dei 25mm² è quello più stringente=>possiamo calcolare solo quello:

$\Delta V_{25\%} = 0,66\% \Rightarrow$ ACCETTABILE

DIMENSIONAMENTO TECNICO-ECONOMICO:

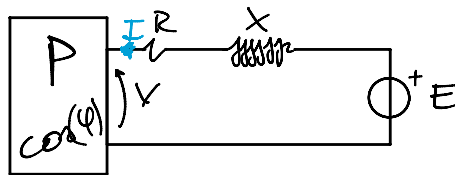
AE4.B.1 Sia dato un motore elettrico del quale sono noti la potenza attiva assorbita (P), il fattore di potenza (cos φ) e la tensione di alimentazione (V). Questo è allacciato alla rete mediante un conduttore di lunghezza L posto in tubo in aria insieme ad altri due circuiti raggruppati a fascio.

- Calcolare la corrente assorbita dal carico.
- Scegliere l'interruttore ottimale per l'applicazione.
- Valutare, tra i possibili conduttori riportati sotto, quelli che soddisfano i criteri tecnici.
- Valutare, tra le scelte tecnicamente possibili, il costo complessivo (CAPEX + OPEX), considerando che il prezzo del cavo può essere calcolato in maniera approssimativa come 2,5 volte il prezzo del rame per i cavi in PVC e 2,7 volte il prezzo del rame per i cavi in EPR. Il costo di installazione si stima essere pari a 150 e a cui vanno sommati 4 e per ogni kg di cavo.
- Selezionare il conduttore ottimale.

I conduttori in rame possibili sono: cavo da 6 mm² in PVC, cavo da 6 mm² in EPR, cavo da 10 mm² in PVC, cavo da 10 mm² in EPR, cavo da 16 mm² in PVC, cavo da 16 mm² in EPR.

Dati:

| | |
|--|---|
| Potenza assorbita: $P = 9,6 \text{ kW}$ | Fattore di potenza: $\cos \phi = 0,8$ |
| Tensione di alimentazione: $V = 400 \text{ V}$ | Lunghezza conduttore: $L = 75 \text{ m}$ |
| Prezzo rame: $4,2 \text{ €/kg}$ | Peso del cavo: $9,6 \text{ kg}/(\text{km} \cdot \text{mm}^2)$ |
| Prezzo energia: $0,07 \text{ €/kWh}$ | Ore equivalenti: 3500 h/anno |
| Costo del capitale: 10% | Orizzonte temporale: 8 anni |
| Massima ΔV : 4% | $T_{amb} = 30^\circ \text{C}$ |



Ⓐ $\Delta = \frac{P}{\cos(\phi)} = 12 \text{ kVA}$
 $I = \frac{\Delta}{V} = 30 \text{ A}$

Ⓑ $I_n < I \Rightarrow I_n = 32 \text{ A}$

Ⓒ POTENZA + ΔV

$k_1 = 1$
 $k_2 = 0,7$
 $\rightarrow n=3$; FASCIO:

$\Rightarrow I_z = \frac{I_n}{k_1 \cdot k_2} = 45,7 \text{ A}$

2 · I · n → MONOFASE
 1 · I · n → TRIFASE

| S | Isolante | Portata [A] | ΔV [V] | ΔV [%] |
|-----------------------------|----------------|---------------|-----------------|-----------------|
| 6 mm² | PVC | 41 | 16,7 | 4,18 |
| 6 mm² | EPR | 54 | | |
| 10 mm ² | PVC | 57 | 10,1 | 2,5 |
| 10 mm ² | EPR | 75 | | |
| 16 | PVC | 76 | 6,36 | 1,6 |
| 16 | EPR | 100 | | |

-> Consideriamo la colonna "tubo n aria";

$$\Delta V = I \cdot \sqrt{R^2 \cdot X^2}$$

L → R = 2ℓn
 L → X = 2ℓn

$$\Delta V = I \cdot 2L \cdot \sqrt{n^2 + x^2}$$

☺ Passare sempre dal voltaggio prima di calcolare la percentuale, ci permette di fare meno errori.

⑤ CALCOLO CAPEX + OPEX:

-> Consideriamo solamente le perdite di potenza attiva: $P = 2 \cdot L \cdot n \cdot I^2$

$$\Rightarrow E = P \cdot h$$

$$\Rightarrow OPEX = E \cdot f_p$$

↳ ATTUALIZZAZIONE $OPEX^* = OPEX \cdot a$

| | P [W] | OPEX [€/Y] | OPEX* [€] | CAPEX | C_tot |
|--------|-------|------------|-----------|--------|--------|
| 10 PVC | | | | 200,8€ | 604€ |
| 10 EPR | 302 | 74,1 | 385,3 | 220,9€ | 616,2€ |
| 16 PVC | 180 | 46,6 | 248,8 | 334,1€ | 582,9€ |
| 16 EPR | | | | 353,4€ | 602,2€ |

$$\rightarrow K = 2 \cdot L \cdot S \delta =$$

$$CAPEX = K \cdot f_{cu} \cdot K + L \cdot K + 100$$

-> Per scegliere il conduttore migliore sommiamo le ultime due colonne.