

M333 - ESAME DI STATO DI ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE

CORSO DI ORDINAMENTO

Indirizzo: ELETTROTECNICA E AUTOMAZIONE

Tema di: IMPIANTI ELETTRICI

(Testo valevole per i corsi di ordinamento e per i corsi sperimentali del Progetto "SIRIO" – Elettrotecnica e Automazione)

Il candidato svolga le seguenti proposte:

Proposta n.1

Si deve dimensionare l'impianto elettrico per l'illuminazione di una strada lunga circa 540 m. In accordo con i calcoli illuminotecnici effettuati, si utilizzano:

- Apparecchi di illuminazione con lampade a vapori di sodio ad alta pressione (tensione nominale 230 V, Potenza nominale 250 W, potenza dissipata dall'alimentatore 27 W, fattore di potenza 0,9, corrente assorbita all'accensione 1,5 la corrente nominale)
- Sostegni con altezza fuori terra pari a 9 m e distanti circa 30 m.

L'impianto in esame è alimentato direttamente in bassa tensione dal distributore, fornitura trifase, tensione 230/400 V. La distanza tra il gruppo di misura e l'inizio della strada in esame è circa 80 m. Allo stesso gruppo di misura sono allacciati i circuiti che alimentano l'impianto di illuminazione di altre strade.

Il candidato, fatte le opportune ipotesi aggiuntive che ritiene necessarie, determini:

1. le caratteristiche della linea di distribuzione principale e della derivazione tra linea principale e lampada
2. le caratteristiche dei sistemi da adottare per la protezione contro i contatti diretti e indiretti
3. le caratteristiche degli apparecchi di protezione contro le sovracorrenti.

Infine il candidato disegni lo schema del quadro elettrico e giustifichi la soluzione proposta.

RISOLUZIONE

Proposta n° 1

Ipotesi aggiuntive:

- La linea principale si suppone composta da tre cavi unipolari in EPR, $U_o/U = 0.6/1kV$ posti da soli in tubo interrato in un cavedio ventilato.
- Si suppone che la linea di derivazione verso la lampada sia composta da due cavi unipolari sempre in EPR, $U_o/U = 0.6/1kV$ posti da soli in tubazione in pvc.
- Caduta di tensione percentuale massima ammessa tra gruppo misure e lampade $\Delta V\% = 4$

Calcolo numero lampade e relativa disposizione

Dall'analisi del testo si evince che il numero delle lampade, suddividendole lungo il percorso stradale, sarà di n°18 ($540m/30m = 18$), con un'alimentazione sulle tre fasi (6 lampade per ciascuna fase). La prima lampada sarà posizionata a 15 m dall'inizio della strada e l'ultima a 15m prima della sua fine (vedere disegno con vista in pianta allegato).

La linea principale sarà costituita da tre cavi bipolari con neutro, che partono sotto la propria protezione e in corrispondenza degli apparecchi illuminanti vengono diramati verso le singole lampade. Queste ultime vengono alternate sulle tre fasi (Es. sulla fase tre le lampade verranno posizionate rispettivamente a 155, 245, 335, 425, 515, 605m dal quadro di azionamento).

Calcolo della sezione

Per il dimensionamento, rientrando nella categoria delle linee con carichi distribuiti, verrà utilizzato il metodo dei momenti amperometrici.

$P_l = \text{potenza assorbita da ogni apparecchio} = 250+27 = 277W$

$I_l = P_l / (V * \cos\phi) = 1.34A$

Potenza assorbita da una fase = $6 * 277 = 1662W$

Corrente d'impiego di una fase = $1662 / (230 * 0.9) = 8.03A$

$I_{lr} = I_l * \cos\phi = 1.20A$

$I_{li} = I_l * \sin\phi = 0.58A$

Momento resistivo = $M_r = \sum L_i * I_{lr} = 1.20 * (0.155 + 0.245 + 0.335 + 0.425 + 0.515 + 0.605) = 2.74 \text{ Akm}$

Momento induttivo = $M_l = \sum L_i * I_{li} = 0.58 * (0.155 + 0.245 + 0.335 + 0.425 + 0.515 + 0.605) = 1.32 \text{ Akm}$

Resistività rame a $90^\circ C = \rho_{90} = \rho_{90} * (234.5 + 90) / 254.5 = 22.69 \Omega mmq/km$

Supponendo una caduta di tensione percentuale massima sulla linea principale pari al 3.5% ($\Delta V\% = 3.5\%$) si ha:

- $\Delta V' = 3.5 * 230 / 100 = 8.05 \text{ V}$
- Caduta di tensione di fase $\Delta E' = \Delta V' / 2 = 4.025V$
- Sezione della linea principale: $S = \rho_{90} * M_r / (\Delta E' - X_l * M_l) = 16 \text{ mmq}$
Avendo supposto $X_l = 0.1 \Omega/km$ perché trattasi di linea in cavo

Considerando il caso peggiore dell'ultima lampada, alla massima caduta di tensione della linea principale si dovrà sommare quella dei 9m di cavo dalla linea derivata si ha:

- Caduta di tensione percentuale linea derivata $\Delta V''\% = (2 * I_l L(n \cos\phi + X_l \sin\phi) * 100) / V_n = 0.087$

Quindi nel caso peggiore la caduta di tensione complessiva sarà $3.5\%+0.087\% = 3.587\%$

Per la linea derivata si sceglierà una sezione di 2.5 mmq in EPR in tubazione costituita da due conduttori unipolari più protezione che ci garantisce sia rispetto alla portata (24 A) maggiore della corrente assorbita da ogni singola lampada (1.34 A) sia rispetto alla caduta di tensione complessiva.

La portata della linea principale tenendo conto del raggruppamento dei cavi e del fatto che il cavedio sarà ventilato avremo una portata di 73 A, molto maggiore della corrente d'impiego (8.04 A).

Quindi le sezioni scelte 16mmq per la linea principale e 2,5mmq per quelle derivate rispettano sia la massima caduta di tensione ammissibile sia la condizione di massima corrente di impiego in relazione alla portata della linea.

Protezione dai contatti indiretti:

Essendo il sistema di distribuzione di tipo TT la protezione verrà realizzata coordinando i dispositivi d'interruzione dell'alimentazione presenti sulle varie linee (interruttori con sganciatore differenziale) con l'impianto di terra, costituito dall'interconnessione delle terre dei sostegni e dei singoli apparecchi di illuminazione. Perché tale protezione sia efficace la resistenza dell'impianto di terra complessiva dovrà rispettare la seguente disequazione: $R_E \leq 50/0,03$ (50V è la tensione di contatto limite convenzionale e 0,03A è la corrente d'intervento differenziale maggiore presente nell'impianto). Tale relazione sarà facilmente verificata visto che si possono ritenere in parallelo le terre dei singoli sostegni e quindi la resistenza di terra complessiva sarà un diciottesimo di quella di ogni sostegno. Tutte le masse e le masse estranee dovranno essere collegate all'impianto di terra.

Protezione dai contatti diretti:

La protezione da realizzare dovrà essere di tipo totale, cioè adeguata ad un ambiente con presenza di personale non addestrato. Tale protezione verrà realizzata attraverso l'isolamento delle parti attive, con isolanti adeguati e con l'utilizzo di involucri con grado di protezione minimo IP4X (oppure IPXXD). I differenziali ad alta sensibilità costituiscono una protezione addizionale per i contatti indiretti.

Criteri di scelta delle apparecchiature di manovra e protezione presenti nei quadri:

Per le apparecchiature di manovra la scelta sarà determinata dalla tensione nominale, dal numero di poli e dalla corrente nominale ($I_n \geq I_b$).

Per gli interruttori magnetotermici si dovrà rispettare la seguente disequazione: $I_b \leq I_n \leq I_z$ per la protezione dal sovraccarico e le seguenti disequazioni: I_{cn} (potere d'interruzione) $\geq I_{cc}$ (nel punto d'installazione) e $I^2t \leq (KS)^2$ per la protezione dal corto circuito. Il potere d'interruzione nel nostro caso è supposto pari a 6 kA.

La corrente d'intervento differenziale per i magnetotermici differenziali sarà di 30mA.

Nella scelta degli interruttori si terrà conto che all'accensione l'assorbimento sarà pari a 12 A, cioè 1,5 la I_n .

Per le caratteristiche tecniche vedere gli allegati che riporteranno lo schema elettrico unifilare del quadro "QG" e la vista in pianta della distribuzione impiantistica "P1".

Proposta n° 2

(Per tale proposta saranno esposti due metodi risolutivi dipendenti dalla scelta della formula del ΔV , di seguito verranno indicate rispettivamente come I° metodo e come II° metodo)

Ipotesi aggiuntive:

- Si suppone che i carichi alimentati dai vari gruppi di prese abbiano tutti $\cos\phi = 0.8$.
- Le linee saranno tutte realizzate con conduttori unipolari in EPR in tubazione in aria senza altri conduttori affiancati e con tensioni d'isolamento $U_0/U = 0.6/1kV$.

Calcolo correnti nei vari tratti

$$I_{BC} = P_C / (1.73 * 400 * 0.8) = 32.47 \text{ A}$$

$$I_{BD} = 21.65 \text{ A}$$

$$I_B = 16.23 \text{ A}$$

$$I_{AB} = I_{BC} + I_{BD} + I_B = 70.35 \text{ A}$$

I° metodo risolutivo

Per la caduta di tensione sui vari tratti si userà sempre la seguente formula:

$$\Delta V = 1.73 * I * L * (r_l * \cos\phi + X_l * \sin\phi) \text{ dove } I \text{ è la corrente che interessa la linea e } L \text{ la sua lunghezza.}$$

Per la reattanza la seguente:

$X_l = \omega * l$ dove l va ricercata sulle tabelle in relazione alla sezione e alle tensioni d'isolamento.

$$\Delta V_{AB} = 4.32 \text{ V}$$

$$\Delta V_{BC} = 2 \text{ V}$$

$$\Delta V_{BD} = 2.88 \text{ V}$$

$$\Delta V_{\max} = 4.32 + 2.88 = 7.2 \text{ V}$$

$$\Delta V_{\max\%} = 7.2 * 100 / 400 = 1.8\%$$

La portata della linea AB con le ipotesi fatte risulterà essere 88 A quindi la massima corrente che si potrà avere in aggiunta, sempre con $\cos\phi = 0.8$ al carico C, risulterà: $88 - 70.35 = 17.65 \text{ A}$, a cui corrisponde una potenza $P = 9.78 \text{ kW}$.

La potenza massima totale concentrabile in C sarà quindi $P_{\max} = 18 + 9.78 = 27.78 \text{ kW}$.

Con tale modifica le cadute di tensioni saranno:

$$\Delta V_{AB} = 5.41 \text{ V}$$

$$\Delta V_{BC} = 3.08 \text{ V}$$

$$\Delta V_{AC} = 5.41 + 3.08 = 8.49 \text{ V}$$

$$\Delta V_{AC\%} = 8.49 * 100 / 400 = 2.12\%$$

Nei confronti della caduta di tensione percentuale massima (4%) si sarebbe potuto ancora aumentare la corrente assorbita da C però si sarebbe superata la portata della linea AB rendendola non più adatta alla corrente d'impiego richiesta dai carichi.

II° metodo risolutivo

Utilizzando la tabella delle cadute di tensione unitarie si ricavano i seguenti valori:

$$\Delta V_{BC} \% = U \cdot I_{BC} \cdot L_{BC} \cdot 100 / 1000 \cdot 400 = 2.07 \cdot 32.47 \cdot 30 \cdot 100 / 1000 \cdot 400 = 0.5\%$$

$$\Delta V_{AB} \% = U \cdot I_{AB} \cdot L_{AB} \cdot 100 / 1000 \cdot 400 = 2.07 \cdot 70.35 \cdot 30 \cdot 100 / 1000 \cdot 400 = 1.09\%$$

$$\Delta V_{AC} \% = \Delta V_{BC} \% + \Delta V_{AB} \% = 1.59\%$$

$$\Delta V_{AC \text{ incrementabile}} \% = 4 - 1.59 = 2.41\%$$

$I_{\text{incrementabile}} = 2.41 \cdot 400 \cdot 1000 / 2.07 \cdot 60 \cdot 100 = 77.6 \text{ A}$ a cui corrisponderebbe una potenza di 43 kW

Viste le considerazioni sulla portata massima della sezione del tratto AB e BC tale incremento non è possibile in quanto la corrente d'impiego supererebbe la portata massima del tratto AB.

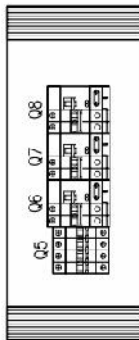
Di conseguenza la massima corrente d'incremento del tratto AB e quindi del carico C sarà di 17.35

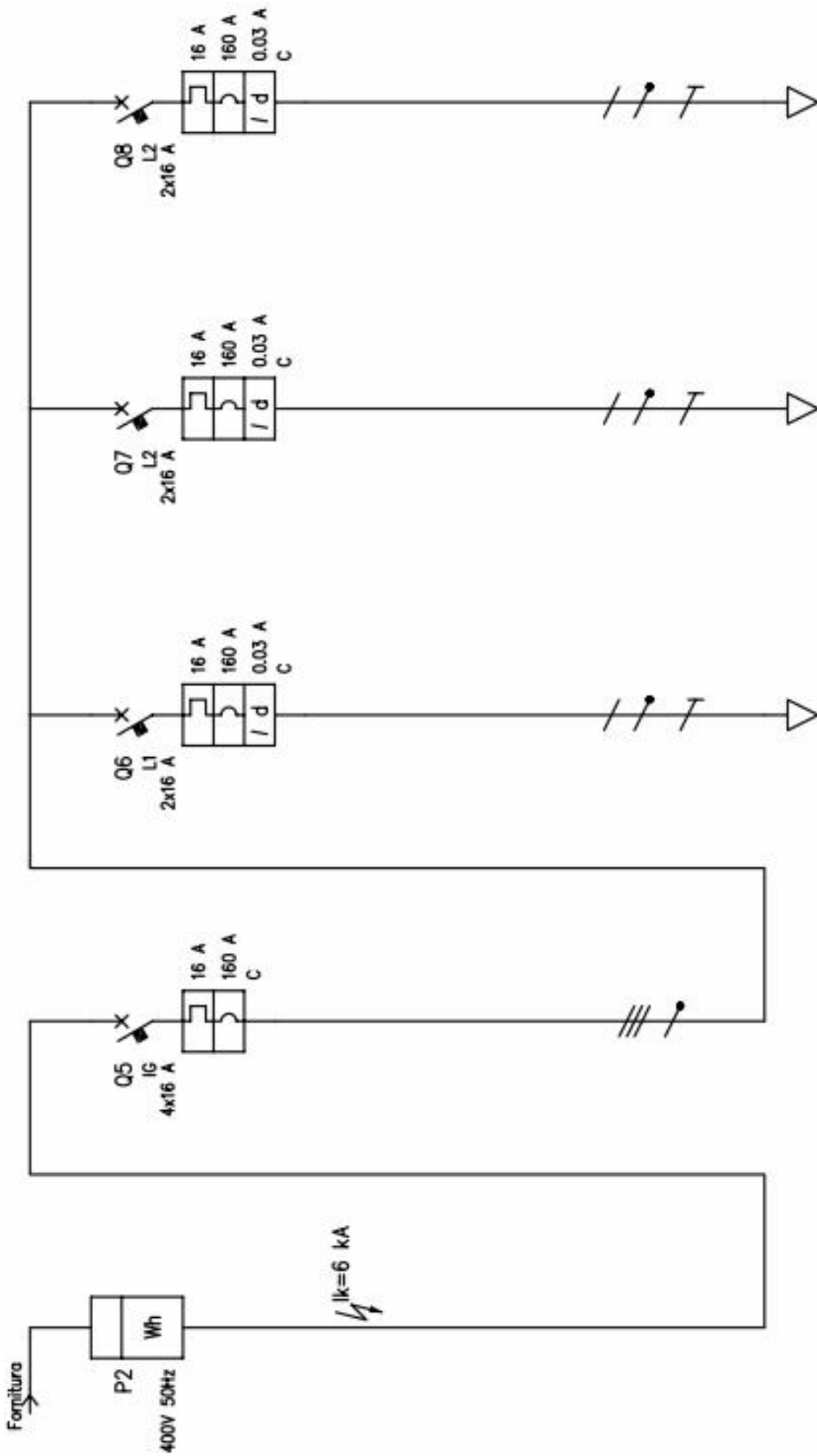
A corrispondente ad una potenza di 9.78 kW.

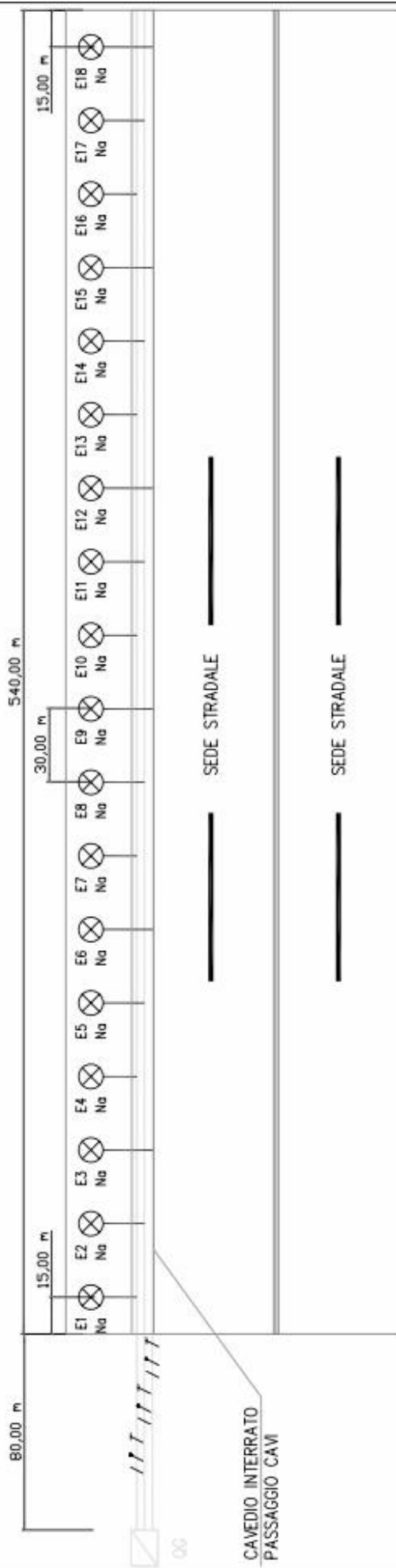
Allegato 1

TABELLA RIASSUNTIVA DEL QUADRO

TENSIONE NOMINALE: $V_N = 400 \text{ V}$
FREQUENZA: $f = 50 \text{ Hz}$
POTENZE E CORRENTI: 5 kW 12 A
PROVENIENZA E TIPO LINEE ALIMENTAZIONE: A VALLE CONTATORE ENEL
STRUTTURA DEL QUADRO: IN MATERIALE PLASTICO
GRADO DI PROTEZIONE MINIMO: DOPPIO ISOLAMENTO







VISTA IN PIANTA

LEGENDA SIMBOLI

Simbolo	Descrizione
/ /	Consuntiva monofase con conduttore di neutro e terra
Na ⊗	Lampada a vapore di sodio