



COMUNE DI VELLETRI
CITTA' METROPOLITANA DI ROMA CAPITALE

**SISTEMAZIONE AREA ESTERNA E POTENZIAMENTO
IMPIANTI TECNOLOGICI
CENTRO SOCIALE ANZIANI R.TOSTI**

PROGETTO ESECUTIVO

**RELAZIONE TECNICA
IMPIANTO ELETTRICO**

**PROGETTISTA :
ARCH. DAMIANO MAURIZIO SOLLAMI**

Settembre 2023

RELAZIONE TECNICA IMPIANTO ELETTRICO

Premessa

La presente relazione è redatta allo scopo di dare le indicazioni di progetto per la realizzazione dell'impianto elettrico e illuminotecnico a servizio della nuova sala realizzata presso il Centro Anziani "R. TOSTI".

Le opere oggetto della presente relazione saranno realizzate da ditta qualificata che abbia i requisiti previsti dal DM. 37/08 (ex Legge 46/90) e che al termine del lavoro produca la DICHIARAZIONE DI CONFORMITA' e la certificazione dei quadri realizzati c/o installati. La ditta esecutrice degli impianti, sotto la sua esclusiva responsabilità, deve ottemperare a tutte le disposizioni legislative come pure osservare tutti i regolamenti, le norme, le prescrizioni delle competenti Autorità o Enti, Circolari Ministeriali in materia di lavori edili ed impiantistici in generale ed in particolare di contratti di lavoro, di sicurezza, di antinfortunistica, di igiene del lavoro e prevenzione incendi.

L'impianto illuminotecnico è stato progettato e verificato ma non è oggetto del presente appalto. Saranno comunque allegati alla presente relazione i calcoli illuminotecnici e le schede tecniche dei corpi illuminanti.

Dati progetto:

Potenza impegnata : 15 kW

Tensione di esercizio : 400 V (3F+N)

Sistema TT

Normativa di riferimento

In particolare, dovrà essere rispettata la seguente normativa:

CEI 11-8 (Impianti di terra)

CEI 17-5 (Interruttori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua)

CEI 17-13/1 (Quadri elettrici in B.T. V < 1000 V).

CEI 20-20 (Cavi isolati in polivinilcloruro (PVC) per tensioni nominali fino a 450/750 V + varianti successe)

CEI 20-22 (Cavi non propaganti l'incendio).

CEI 23-3 (Interruttori automatici per la protezione delle sovracorrenti per impianti domestici e similari)

CEI 23-18 (Interruttori differenziali per usi domestici e similari e interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati per usi domestici e similari)

CEI 23-25 (Tubi per le installazioni elettriche - Prescrizioni generali)

CEI 23-8 (Tubi protettivi rigidi in PVC e accessori)

CEI 23-14 (Tubi protettivi flessibili e accessori)

CEI 23-28 (Tubi metallici)

CEI 23-19 (Canali portacavi in materiale plastico e loro accessori ad uso battiscopa)

CEI 23-31 (Sistemi di canali metallici e loro accessori ad uso portacavi e portapparecchi)

CEI 23-32 (Sistemi di canali in materiale plastico isolante e loro accessori ad uso portacavi e portapparecchi per soffitto o parete)

CEI 23-12 (Prese spina per usi industriali e civili)

CEI 23-9 (Apparecchi di comando non automatici per installazione fissa ad uso domestico e similare)

CEI 34-21 (Apparecchi di illuminazione)

CEI 34-22 (Apparecchi per l'illuminazione di emergenza)

CEI 64-8 (Impianti Elettrici Utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V)

CEI 64-12 (Impianti di Terra)

CEI 70-1 (Grado di protezione degli involucri).

CEI 23-8 (Tubi protettivi rigidi in polivinilcloruro e accessori)

CEI 64-50 (Guida per l'integrazione nell'edificio di impianti elettrici utilizzatori, ausiliari e telefonici)

D.M. 81/08 (Testo Unico sulla Sicurezza nei luoghi di lavoro)

Legge n.186 del 01 Marzo 1968 (Esecuzione delle installazioni elettriche a Regola d'Arte)

D.M. 37/08 Regolamento concernente riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici.

Ogni componente o materiale dovrà essere rispondente alle relative norme di prodotto, qualora esistenti. In caso di modifica delle vigenti norme o di emanazione di nuove norme, anche in corso d'opera, la ditta esecutrice è obbligata ad uniformarsi.

Tutti i materiali e gli apparecchi impiegati negli impianti elettrici devono essere adatti all'ambiente in cui sono installati e devono essere tali da resistere alle azioni meccaniche, corrosive, termiche o dovute all'umidità alle quali possono essere esposti durante l'esercizio; essi dovranno altresì rispondere alle caratteristiche nominali del circuito in cui verranno installati in termini di : potenza, tensione, corrente massima assorbita e frequenza nominale, nonché avere caratteristiche e dimensioni tali da rispondere alle Norme CEI, alle Norme IEC corrispondenti e alle tabelle CEI-UNEL attualmente in vigore. La realizzazione impiantistica dovrà essere tale da garantire la protezione dai contatti diretti, indiretti e sovracorrenti in ogni parte e/o componente dell'impianto, richiedendo ove necessarie realizzazioni sovrabbondanti rispetto a quanto previsto dalla norma vigente.

Calcoli

Il seguente paragrafo espone la metodologia utilizzata per la progettazione dell'impianto elettrico. I risultati dei calcoli sono riportati negli elaborati grafici dei quadri elettrici.

Calcolo delle correnti di impiego

Per effettuare il dimensionamento degli impianti, si è proceduto a ritenere quali potenze impegnate dalle utenze e dagli accessori, quelle comunicate dalla committenza e riportate negli elaborati a corredo del presente progetto.

Il calcolo delle correnti di impiego è stato eseguito in base alla classica espressione:

$$I_b = P / K * V * \cos \varphi$$

dove :

P = potenza del circuito

K = costante 1,73 per sistemi trifase

1 per sistemi monofase

V = tensione di esercizio

$\cos \varphi$ = sfasamento

Dimensionamento dei cavi

Il criterio eseguito per il dimensionamento dei cavi è tale da garantire la protezione dei conduttori alle correnti di sovraccarico.

In base alla norma CEI 64-8, per la protezione contro il sovraccarico, il dispositivo di protezione deve essere coordinato con la conduttura in modo da verificare le seguenti condizioni:

$$I_b < I_n < I_z$$

$$I_f < 1.45 I_z$$

dove :

I_b = corrente di impiego del circuito che in condizioni normali percorre la conduttura.

I_z = portata della conduttura

I_n = corrente nominale del dispositivo di protezione

I_f = corrente convenzionale di intervento del dispositivo di protezione.

Per la condizione a) è necessario dimensionare il cavo in base alla corrente nominale della protezione a monte. Dalla corrente I_b , pertanto, viene determinata la corrente nominale della

protezione (seguendo i valori normalizzati) e con questa si procede alla determinazione della sezione.

Il dimensionamento dei cavi rispetta anche i seguenti casi:

- condutture senza protezione derivate da una conduttura principale protetta contro i sovraccarichi con dispositivo idoneo ed in grado di garantire la protezione anche delle condutture derivate;
- conduttura che alimenta diverse derivazioni singolarmente protette contro i sovraccarichi, quando la somma delle correnti nominali dei dispositivi di protezione delle derivazioni non supera la portata Iz della conduttura principale.

L'individuazione della sezione si effettua utilizzando le tabelle di posa assegnate ai cavi.

Le cinque tabelle utilizzate per la bassa tensione sono:

- IEC 448;
- IEC 365-5-523;
- CEI-UNEL 35024/1;
- CEI-UNEL 35024/2;
- CEI-UNEL 35026.

mentre per la media tensione si utilizza la tabella CEI 17-11.

La condizione b) non necessita di verifica in quanto gli interruttori che rispondono alla norma CEI 23.3 hanno un rapporto tra corrente convenzionale di funzionamento I_f e corrente nominale I_n minore di 1.45 ed è costante per tutte le tarature inferiori a 125 A.

Per le apparecchiature industriali, invece, le norme CEI 17.5 e IEC 947 stabiliscono che tale rapporto può variare in base alla corrente nominale, ma deve comunque rimanere minore o uguale a 1.45.

Risulta pertanto che, in base a tali normative, la condizione b) sarà sempre verificata.

Le condutture dimensionate con questo criterio sono, pertanto, protette contro le sovracorrenti.

Integrale di Joule

Dalla sezione dei conduttori del cavo deriva il calcolo dell'integrale di Joule, ossia la massima energia specifica ammessa dagli stessi, tramite la:

$$I^2 t = K^2 S^2$$

$I^2 t$ = energia specifica che il dispositivo di protezione lascia fluire nel tempo t ($t \leq 5 \text{ sec.}$)

$K^2 S^2$ = energia massima sopportabile dal cavo

La costante K viene data dalla norma 64-8, sia per i conduttori di fase e neutro che per i conduttori di protezione in funzione al materiale conduttore e al materiale isolante.

Per i cavi ad isolamento minerale le norme attualmente sono allo studio, i paragrafi sopraccitati riportano però nella parte commento dei valori prudenziali.

I valori di K riportati dalla norma sono per i conduttori di fase:

- Cavo in rame e isolato in PVC: $K = 115$
- Cavo in rame e isolato in gomma G: $K = 135$
- Cavo in rame e isolato in gomma etilenpropilenica G5-G7: $K = 143$
- Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico: $K = 115$
- Cavo in rame serie L nudo: $K = 200$
- Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico: $K = 115$
- Cavo in rame serie H nudo: $K = 200$
- Cavo in alluminio e isolato in PVC: $K = 74$
- Cavo in alluminio e isolato in G, G5-G7: $K = 87$

I valori di K per i conduttori di protezione unipolari:

- Cavo in rame e isolato in PVC: $K = 143$
- Cavo in rame e isolato in gomma G: $K = 166$
- Cavo in rame e isolato in gomma G5-G7: $K = 176$
- Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico: $K = 143$
- Cavo in rame serie L nudo: $K = 228$

- Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico: $K = 143$
- Cavo in rame serie H nudo: $K = 228$
- Cavo in alluminio e isolato in PVC: $K = 95$
- Cavo in alluminio e isolato in gomma G: $K = 110$
- Cavo in alluminio e isolato in gomma G5-G7: $K = 116$

I valori di K per i conduttori di protezione in cavi multipolari:

- Cavo in rame e isolato in PVC: $K = 115$
- Cavo in rame e isolato in gomma G: $K = 135$
- Cavo in rame e isolato in gomma G5-G7: $K = 143$
- Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico: $K = 115$
- Cavo in rame serie L nudo: $K = 228$
- Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico: $K = 115$
- Cavo in rame serie H nudo: $K = 228$
- Cavo in alluminio e isolato in PVC: $K = 76$
- Cavo in alluminio e isolato in gomma G: $K = 89$
- Cavo in alluminio e isolato in gomma G5-G7: $K = 94$

Dimensionamento dei conduttori di neutro

La norma CEI 64-8, prevede che la sezione del conduttore di neutro, nel caso di circuiti polifasi, può avere una sezione inferiore a quella dei conduttori di fase se sono soddisfatte le seguenti condizioni:

- il conduttore di fase abbia una sezione maggiore di 16 mm^2 ;
- la max corrente che può percorrere il conduttore di neutro non sia superiore alla portata dello stesso;
- la sezione del conduttore di neutro sia almeno uguale a 16 mm^2 se il conduttore è in rame e a 25 mm^2 se il conduttore è in alluminio.

Nel caso in cui si abbiano circuiti monofasi o polifasi e questi ultimi con sezione del conduttore di fase minore di 16 mm^2 se conduttore in rame e 25 mm^2 se conduttore in alluminio, il conduttore di neutro deve avere la stessa sezione del conduttore di fase.

In base alle esigenze progettuali, sono gestiti fino a tre metodi di dimensionamento del conduttore di neutro, mediante:

- determinazione in relazione alla sezione di fase;
- determinazione tramite rapporto tra le portate dei conduttori;
- determinazione in relazione alla portata del neutro.

Il primo criterio consiste nel determinare la sezione del conduttore in questione secondo i seguenti vincoli dati dalla norma:

Il secondo criterio consiste nell'impostare il rapporto tra le portate del conduttore di fase e il conduttore di neutro, e il programma determinerà la sezione in base alla portata.

Il terzo criterio consiste nel dimensionare il conduttore tenendo conto della corrente di impiego circolante nel neutro come per un conduttore di fase.

Le sezioni dei neutri possono comunque assumere valori differenti rispetto ai metodi appena citati, comunque sempre calcolati a regola d'arte.

Dimensionamento dei conduttori di protezione

Le norme CEI 64.8 par. 543.1 prevedono due metodi di dimensionamento dei conduttori di protezione:

- determinazione in relazione alla sezione di fase;
- determinazione mediante calcolo.

Il primo criterio consiste nel determinare la sezione del conduttore di protezione seguendo vincoli analoghi a quelli introdotti per il conduttore di neutro.

Il secondo criterio determina tale valore con l'integrale di Joule, ovvero la sezione del conduttore di protezione non deve essere inferiore al valore determinato con la seguente formula.

dove:

S_p = la sezione del conduttore di protezione (mm^2);

I = valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione per un guasto di impedenza trascurabile (A);

t = il tempo di intervento del dispositivo di protezione (s);

K = è un fattore il cui valore dipende dal materiale del conduttore di protezione, dell'isolamento e di altre parti.

Se il risultato della formula non è una sezione unificata, viene presa una unificata immediatamente superiore.

Nei due casi si deve tener conto, per quanto riguarda la sezione minima, della norma CEI 64-8.

Esso afferma che la sezione di ogni conduttore di protezione che non faccia parte della conduttura di alimentazione non deve essere, in ogni caso, inferiore a:

- $2,5 \text{ mm}^2$ se è prevista una protezione meccanica;
- 4 mm^2 se non è prevista una protezione meccanica;

È possibile, altresì, determinare la sezione mediante il rapporto tra le portate del conduttore di fase e del conduttore di protezione.

Calcolo della temperatura dei cavi

La valutazione della temperatura dei cavi si esegue in base alla corrente di impiego e alla corrente nominale tramite le seguenti espressioni espresse in $^{\circ}\text{C}$.

Esse derivano dalla considerazione che la sovratemperatura del cavo a regime è proporzionale alla potenza in esso dissipata.

Il coefficiente α_{cavo} è vincolato dal tipo di isolamento del cavo e dal tipo di tabella di posa che si sta usando.

Le sezioni dei cavi e dei conduttori sono state calcolate al fine di non superare i limiti di temperature prescritti dalla tabella UNEL 35024.

La portata in regime del cavo è il massimo valore di corrente che il cavo può portare senza oltrepassare la massima temperatura ammissibile all'isolante; pertanto, il cavo è stato protetto con corretti dispositivi di protezione. La valutazione della temperatura dei cavi si esegue in base alla corrente di impiego e alla corrente nominale tramite le seguenti espressioni:

$$T_{\text{cavo}}(I_b) = T_{\text{ambiente}} + \left(\alpha_{\text{cavo}} \cdot \frac{I_b^2}{I_n^2} \right)$$
$$T_{\text{cavo}}(I_n) = T_{\text{ambiente}} + \left(\alpha_{\text{cavo}} \cdot \frac{I_n^2}{I_n^2} \right)$$

espresse in $^{\circ}\text{C}$.

Esse derivano dalla considerazione che la sovratemperatura del cavo a regime è proporzionale alla potenza in esso dissipata.

Il coefficiente α_{cavo} è vincolato dal tipo di isolamento del cavo e dal tipo di tabella di posa che si sta usando.

Le sezioni dei cavi e dei conduttori sono state calcolate al fine di non superare i limiti di temperature prescritti dalla tabella UNEL 35024.

La portata in regime del cavo è il massimo valore di corrente che il cavo può portare senza oltrepassare la massima temperatura ammissibile all'isolante; pertanto, il cavo è stato protetto con corretti dispositivi di protezione.

Calcolo della caduta di tensione

Per il calcolo di verifica delle cadute di tensione si è proceduto tenendo conto delle caratteristiche costruttive dei conduttori e dei valori di resistenza forniti dalle case.

Determinata la sezione in funzione della corrente d'impiego, si effettua la verifica della caduta di tensione.

La differenza tra tensione a pieno carico dei morsetti all'uscita dal quadro QG e la tensione che si riscontra in qualsiasi punto degli impianti, quando sono inseriti tutti gli utilizzatori ammessi a funzionare contemporaneamente e quando la tensione all'inizio dell'impianto sottomisura rimanga costante, è stata limitata al 3 %.

Dalle note relazioni di elettrotecnica generale, per i circuiti monofase si ha la formula:

$$V_f = \frac{\rho \times 2 \times L \times I_b \times \cos \varphi}{S}$$

mentre per i circuiti trifase equilibrati, si ha la formula:

$$V_c = \frac{\rho \times 2 \times \sqrt{3} \times L \times I_b \times \cos \varphi}{S}$$

dove i singoli componenti hanno il seguente significato:

V_f = valore scalare della caduta di tensione tra fase e neutro

V_c = valore scalare della caduta di tensione tra fase e fase

L = lunghezza del tronco di conduttura

ρ = resistività del metallo costituente la conduttura

I_b = corrente d'impiego nel tronco considerato

S = sezione del conduttore

$\cos \varphi$ = fattore di potenza del tronco considerato.

La caduta di tensione è stata verificata per tutte le linee.

Calcolo della corrente di cortocircuito

Per le correnti di cortocircuito (I_{cc}) dei quadri di distribuzione, le stesse sono state calcolate secondo le seguenti formule:

a) ai morsetti di arrivo dei quadri di distribuzione per linee trifase + neutro con sezione di fase diversa dalla sezione di neutro, tenendo conto della corrente I_{cc} all'uscita del trasformatore e quindi ad inizio linea:

$$I_{CCFN} = \frac{V_F \cdot I_{CC0}}{V_F + I_{CC0} \cdot \left[0,08 + 18,16 \cdot \left(\frac{1}{S_F} + \frac{1}{S_N} \right) \right] \cdot l} [kA]$$

b) ai morsetti di arrivo dei quadri di distribuzione per linee trifase + neutro con sezione di fase uguale alla sezione di neutro, tenendo conto della corrente I_{cc} all'uscita del trasformatore e quindi ad inizio linea:

$$I_{CCFN} = \frac{V_F \cdot I_{CC0}}{V_F + 2 \cdot I_{CC0} \cdot \left(0,04 + \frac{18,16}{S} \right) \cdot l} [kA]$$

indicando con:

V_F = tensione di fase = 230 V

l = lunghezza linea (m)

S = sezione della linea (mm²)

S_F = sezione di fase della linea (mm²)

S_N = sezione del neutro della linea (mm²)

I_{cc0} = corrente di corto circuito ai morsetti del trasformatore (kA)

Calcolo delle protezioni

Le linee sono state elettricamente protette dai sovraccarichi mediante interruttori magnetotermici e/o magnetotermici differenziali, assicurandone il coordinamento fra la sezione del conduttore, la lunghezza della linea e la corrente I_n (nominale).

La scelta delle protezioni viene effettuata verificando le caratteristiche elettriche nominali delle condutture ed i valori di guasto; in particolare le grandezze che vengono verificate sono:

- corrente nominale, secondo cui si è dimensionata la conduttura;
- numero poli;
- tipo di protezione;
- tensione di impiego, pari alla tensione nominale dall'utenza;
- potere di interruzione, il cui valore dovrà essere superiore alla massima corrente di guasto a monte dell'utenza;
- taratura della corrente di intervento magnetico, il cui valore massimo per garantire la protezione contro i contatti indiretti (in assenza di differenziale) deve essere minore della minima corrente di guasto alla fine della linea).

Secondo la norma 64-8 al paragrafo "Caratteristiche dei dispositivi di protezione contro i cortocircuiti.", le caratteristiche delle apparecchiature di protezione contro i cortocircuiti devono soddisfare a due condizioni:

- il potere di interruzione non deve essere inferiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione (a meno di protezioni adeguate a monte);
- la caratteristica di intervento deve essere tale da impedire che la temperatura del cavo non oltrepassi, in condizioni di guasto in un punto qualsiasi, la massima consentita.

La prima condizione viene considerata in fase di scelta delle protezioni., la seconda invece può essere tradotta nella relazione

$$I^2 \cdot t \leq K^2 S^2$$

ossia in caso di guasto l'energia specifica sopportabile dal cavo deve essere maggiore o uguale a quella lasciata passare dalla protezione.

La norma CEI al paragrafo "Scelta dei dispositivi di protezioni contro i cortocircuiti" prevede pertanto un confronto tra le correnti di guasto minima (a fondo linea) e massima (inizio linea) con i punti di intersezione tra le curve.

Verifica di selettività

È verificata la selettività tra protezioni mediante la sovrapposizione delle curve di intervento.

I dati forniti dalla sovrapposizione sono:

- Tempo di intervento in corrispondenza della minima corrente di guasto alla fine dell'utenza a valle: minimo per la protezione a monte (determinato sulla caratteristica limite inferiore) e massimo per la protezione a valle (determinato sulla caratteristica limite superiore);
- Rapporto tra le correnti di intervento magnetico delle protezioni;
- Corrente al limite di selettività: ossia il valore della corrente in corrispondenza all'intersezione tra la caratteristica limite superiore della protezione a valle e la caratteristica limite inferiore della protezione a monte (CEI 23.3).
- Selettività: viene indicato se la caratteristica della protezione a monte si colloca sopra alla caratteristica della protezione a valle (totale) o solo parzialmente (parziale a sovraccarico se l'intersezione tra le curve si ha nel tratto termico).
- Selettività cronometrica: con essa viene indicata la differenza tra i tempi di intervento delle protezioni in corrispondenza delle correnti di cortocircuito in cui è verificata.

Nella valutazione si deve tenere conto delle tolleranze sulle caratteristiche date dai costruttori.

I valori forniti corrispondono ai limiti di selettività in A relativi ad una coppia di protezioni poste una a monte dell'altra.

La corrente di guasto minima a valle deve risultare inferiore a tale parametro per garantire la selettività.

Se necessario, è verificata la rete o parte di essa in funzionamento in soccorso, quando la fornitura è disinserita e l'alimentazione è fornita da sorgenti alternative come generatori o UPS.

Vengono calcolate le correnti di guasto, la verifica delle protezioni con i nuovi parametri di alimentazione.

Linee di alimentazione

Per la realizzazione dell'impianto tutte le linee saranno realizzate con cavi unipolari e multipolari, del tipo con conduttore in rame isolati in PVC "non propaganti l'incendio" a norma CEI 20-22:

FG17 cavo unipolare isolato in PVC $U_0/U = 450/750$ V

FG16OM16 cavo multipolare con isolamento e guaina in PVC $U_0/U = 0.6/1$ kV

La copertura isolante dei conduttori dovrà rispettare i seguenti colori identificativi:

giallo-verde per i conduttori di protezione di terra ed equipotenziale;

celeste per il conduttore di neutro;

nero, marrone o grigio per i conduttori di fase

Per i circuiti SELV (bassissima tensione di sicurezza), sarà utilizzato cavo di colore diverso dagli altri circuiti. I cavi per segnalazione e comando se posati insieme a conduttori funzionanti a tensioni superiori saranno isolati per la più alta tensione presente nella canalizzazione. Non è ammessa la posa di conduttori a tensioni diverse nelle medesime tubazioni e si ricorda la differenziazione dei colori per sistemi di categoria. La posa dovrà rispettare le indicazioni fornite dal costruttore del cavo per ciò che riguarda le temperature e la posa, i raggi di curvatura e lo sforzo di tiro applicabile. Le condizioni di posa e le sezioni dei conduttori sono rilevabili negli allegati di progetto.

La sezione dei cavi è stata scelta anche in base alle seguenti caratteristiche:

1,5 mm² per portate di corrente fino a 10 A

2,5 mm² per portate di corrente fino a 16 A

4 mm² per portate di corrente fino a 25 A

6 mm² per portate di corrente fino a 32 A

10 mm² per portate di corrente fino a 40 A

16 mm² per portate di corrente fino a 50 A

25 mm² per portate di corrente fino a 63 A

La sezione reale dei conduttori è stata dimensionata oltre alla potenza in campo anche in ragione della distanza che intercorre tra il punto di partenza e l'utilizzatore da alimentare, nonché in base al tipo di posa, al numero dei circuiti presenti e alla temperatura ambiente.

Le linee sono state elettricamente protette dai sovraccarichi mediante interruttori magnetotermici e/o magnetotermici differenziali, assicurandone il coordinamento fra la sezione del conduttore, la lunghezza della linea e la corrente I_n (nominale).

Descrizione impianto elettrico

Introduzione

La potenza elettrica contrattuale prevista è di 15 kW alimentata in B.T. 400 V (3F + N) con sistema TT e corrente di cortocircuito I_{cc} pari a 16 kA.

Nelle vicinanze del contatore ENEL, è installato un quadro elettrico contenente un interruttore magnetotermico differenziale 4 x 32 A $I_{dn} = 0,3$ A $I_{cc} = 16$ kA facente funzione di interruttore generale, da cui si deriva una linea in cavo FG7OR della sezione di 4 x 10 mmq che alimenta il nuovo quadro QEG che sarà installato sopra il vecchio quadro elettrico esistente.

Il quadro QEG realizzato con centralino da incasso con portello trasparente, conterrà gli interruttori magnetotermici per la protezione del quadro elettrico esistente e della nuova linea 4 x 6 mmq FS17 che sarà realizzata per alimentare il nuovo quadro QES della sala che è stata realizzata.

Dal quadro elettrico generale QES si deriveranno le varie utenze all'interno della sala con cavo unipolare FS17 come da schema quadro allegato alla documentazione di progetto, provviste a monte di interruttore magnetotermico differenziale a protezione.

L'impianto elettrico, deve essere realizzato nel rispetto delle norme CEI 64-8, con grado di protezione minimo IP40, caratterizzato da custodie, involucri e quadri che presentano un grado di protezione tale da impedire che i componenti contenuti all'interno, che possono produrre archi o scintille o superare le massime temperature ammesse, vengano in contatto con possibili sostanze

pericolose presenti all'esterno.

Quadri elettrici

I quadri elettrici di distribuzione dovranno essere realizzati in metallo o resina e completi di portello, con grado di protezione adeguato ai luoghi di installazione, disposti come da planimetria allegata, deputati a contenere le protezioni ed i comandi dei circuiti installati all'interno del piano dove sono installati. Le apparecchiature montate sui quadri ed i componenti facenti parte dello stesso, dovranno avere distanze di isolamento conformi a quanto richiesto dalle specifiche norme di installazione, in modo che tali distanze rimangano inalterate nelle condizioni normali di servizio. Dovrà essere attuata una protezione contro i contatti diretti fornendo il quadro di pannelli posti sopra le maschere degli apparecchi a copertura delle merlettature. La porta e il pannello dei quadri in metallo dovranno essere mantenuti in equipotenzialità con l'impianto terra mediante il conduttore di protezione giallo-verde FG17 ed i pannelli di tutti i quadri potranno essere rimossi solo mediante l'uso di cacciavite, fornendoli di vite in ognuno dei quattro angoli. I quadri dovranno essere forniti di interruttore generale che permette di togliere tensione con un'unica manovra, a valle del quale saranno montate le apparecchiature meglio illustrate negli schemi allegati. Tutti i componenti dovranno essere del tipo modulare e montati secondo quanto richiesto dal costruttore, fissate tutte alle relative barre DIN e fornite tutte di identificazione. In alto dovrà essere installata ben visibile la targhetta riportante il nome del costruttore, il numero di identificazione, il grado di protezione, la tensione di esercizio e la frequenza di esercizio.

Distribuzione impianto elettrico

Internamente l'impianto elettrico sarà così distribuito e realizzato:

- a) Dorsali montanti principali: tubazioni in pvc autoestinguente di tipo flessibile posate sottotraccia e complete di scatole di derivazione e scatole portafrutti, aventi un diametro dimensionato in modo da garantire sempre la sciabilità delle condutture considerando che il diametro deve essere uguale a 1,3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio di cavi;
- b) Punti luce e prese (utenze in generale) in partenza dalle linee dorsali : l'impianto sarà incassato con apparecchiature di comando e di utilizzazione del tipo modulare componibile montate su telaio in resina e provviste di placche.

Le giunzioni e i cavi posti all'interno delle cassette non devono occupare più del 50 % del volume interno della cassetta stessa e devono essere eseguite con appositi morsetti ad anima metallica e mantello isolante in PVC ponendo attenzione nell'esecuzione delle connessioni a ridurre la sezione dei conduttori e/o lasciare parti conduttrici scoperte; non sono ammesse giunzioni nei tubi e nelle scatole porta apparecchi.

Le derivazioni per le varie utenze saranno realizzate con cordicella flessibile FG17 o cavo multipolare FG16OM16 con una sezione minima di 1,5 mmq e più precisamente: 2 x 1,5 mmq + T per le linee in derivazione dai circuiti con portate di corrente da 6 A e 10 A e 2 x 2,5 mmq per le linee in derivazione dai circuiti con portate di corrente da 16 A. Le apparecchiature di comando e di utilizzazione dislocate per tutto l'impianto saranno del tipo modulare componibile montate su telaio in resina e provviste di placche.

I comandi dei punti luce saranno del tipo unipolare inseriti sul conduttore di fase e le prese 2P+T 10 A saranno del tipo bipolari 10/16 A e del tipo schuko con poli allineati e alveoli schermati.

I cavi per segnalazione e comando se posati insieme a conduttori funzionanti a tensioni superiori devono essere isolati per la più alta tensione presente nella canalizzazione. Non è ammessa la posa di conduttori a tensioni diverse nelle medesime tubazioni e si ricorda la differenziazione dei colori per sistemi di categoria. La posa dovrà rispettare le indicazioni fornite dal costruttore del cavo per ciò che riguarda le temperature e la posa, i raggi di curvatura e lo sforzo di tiro applicabile. Resta onere della ditta provvedere all'individuazione del percorso delle canalizzazioni ed il loro dimensionamento per permettere la sfilabilità, in funzione delle apparecchiature previste. Si ricorda che la sciabilità richiesta è quella contenuta nelle precedenti norme CEI 64.8.

Impianto di messa a terra

L'impianto di messa a terra sarà realizzato con corda unipolare FS17 della sezione 1 x 6 mmq di

colore giallo verde che sarà collegata all'impianto terra esistente.

Dal nodo equipotenziale posto nel quadro generale QES, si deriveranno tutti i conduttori secondari di protezione facenti parte delle linee di alimentazione delle utenze.

Il conduttore di terra delle utenze elettriche avrà la stessa sezione del conduttore di fase per sezioni inferiori a 35 mmq e sezione uguale alla metà della sezione del conduttore di fase per sezioni superiori a 35 mmq, mentre per la messa terra delle masse metalliche estranee si utilizzerà cavo unipolare FG17 con sezione minima 6 mmq di colore giallo-verde.

L'impianto di terra di protezione delle masse deve essere unico per l'intero edificio e la resistenza di terra dell'impianto (R_t) dovrà soddisfare la seguente relazione :

$R_t = 50 \text{ V} / I_{dn}$ indicando con I_{dn} la corrente differenziale (es. $I_{dn}=0.03 \text{ A} \implies R_t = 50 / 0.03 = 1666 \text{ ohm}$).

Calcolo illuminotecnico

Per garantire adeguate prestazioni visive è necessario controllare ed intervenire su diversi parametri, quali ad esempio l'illuminamento interno e la sua uniformità, l'abbagliamento, il contrasto e la resa cromatica. Queste grandezze riguardano i due aspetti fondamentali della progettazione illuminotecnica di un ambiente scolastico (o comunque di un ambiente confinato in genere): per prima cosa è necessario massimizzare lo sfruttamento della luce naturale (evitando però problemi di abbagliamento e di surriscaldamento dell'ambiente interno causato dall'energia termica entrante attraverso le finestre) e poi bisogna prevedere un adeguato intervento integrativo della luce artificiale.

Oltre a questi parametri tecnici, è necessario garantire anche dei requisiti più estetici e funzionali di flessibilità e adattabilità dei sistemi di illuminazione alle diverse attività svolte in uno stesso ambiente scolastico.

L'obiettivo finale che ci si deve porre è quindi quello di distribuire adeguatamente la luce all'interno degli ambienti, in base ad esigenze dell'utenza, clima locale e risparmio energetico.

I requisiti base su cui si è basato il progetto illuminotecnico relativo sono stati i seguenti:

- sistema di illuminazione rispondente alle caratteristiche ed alla destinazione d'uso dell'ambiente;
- produzione di un livello di illuminamento medio adeguato alle prestazioni visuali che una data installazione richiede, in conformità alle normative vigenti;
- assenza di fenomeni di abbagliamento all'interno dei locali;
- contrasti di luminanza nel campo della visione mantenuti entro certi limiti opportuni per gli ambienti interni.

Le opere oggetto della presente relazione saranno realizzate da ditta qualificata che abbia i requisiti previsti dal DM. 37/08 (ex Legge 46/90) e che al termine del lavoro produca la DICHIARAZIONE DI CONFORMITA' e la certificazione dei quadri realizzati e/o installati. La ditta esecutrice degli impianti, sotto la sua esclusiva responsabilità, deve ottemperare a tutte le disposizioni legislative come pure osservare tutti i regolamenti, le norme, le prescrizioni delle competenti Autorità o Enti, Circolari Ministeriali in materia di lavori edili ed impiantistici in generale ed in particolare di contratti di lavoro, di sicurezza, di antinfortunistica, di igiene del lavoro e prevenzione incendi.

In particolare, dovrà essere rispettata la seguente normativa:

CEI 64-8 (Impianti Elettrici Utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V)

UNI 12464-1 (Illuminazione di luoghi di lavoro in interni)

UNI 12464-2 (Illuminazione di luoghi di lavoro in esterni)

UNI 12193 (Illuminazione di strutture sportive)

UNI 11165:2005 (Luce e illuminazione - Illuminazione di interni - Valutazione dell'abbagliamento molesto con il metodo UGR)

D.M. 81/08 (Testo Unico sulla Sicurezza nei luoghi di lavoro)

Legge n.186 del 01 Marzo 1968 (Esecuzione delle installazioni elettriche a Regola d'Arte)

D.M. 37/08 Regolamento concernente riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici.

Ogni componente o materiale dovrà essere rispondente alle relative norme di prodotto, qualora esistenti. In caso di modifica delle vigenti norme o di emanazione di nuove norme, anche in corso

d'opera, la ditta esecutrice è obbligata ad uniformarsi.

Tutti i materiali e gli apparecchi impiegati negli impianti elettrici devono essere adatti all'ambiente in cui sono installati e devono essere tali da resistere alle azioni meccaniche, corrosive, termiche o dovute all'umidità alle quali possono essere esposti durante l'esercizio; essi dovranno altresì rispondere alle caratteristiche nominali del circuito in cui verranno installati in termini di : potenza, tensione, corrente massima assorbita e frequenza nominale, nonché avere caratteristiche e dimensioni tali da rispondere alle Norme CEI, alle Norme IEC corrispondenti e alle tabelle CEI-UNEL attualmente in vigore. La realizzazione impiantistica dovrà essere tale da garantire la protezione dai contatti diretti, indiretti e sovracorrenti in ogni parte e/o componente dell'impianto, richiedendo ove necessarie realizzazioni sovrabbondanti rispetto a quanto previsto dalla norma vigente.

L'illuminazione interna ed esterna è stata calcolata secondo le norme UNI 12464 con il "metodo del flusso totale" e sarà realizzata tramite corpi illuminanti a tecnologia led di primaria marca con marchio CE e caratteristiche illuminotecniche contenute nelle schede allegate al calcolo illuminotecnico.

L'illuminazione di emergenza sarà realizzata con plafoniere da 24 W a led con autonomia 1 h autoalimentate, le quali dovranno entrare in funzione al mancare dell'alimentazione sia da parte dell'Ente Distributore ENEL che a causa dell'intervento dell'interruttore di protezione o del pulsante di sgancio.

Nel rispetto della normativa vigente, l'impianto di illuminazione di emergenza, garantirà un illuminamento pari a 5 lux lungo le vie di esodo.

Per calcolare il numero dei corpi illuminanti necessari per ottenere l'illuminamento medio desiderato, si è proceduto ad effettuare il calcolo illuminotecnico per singoli locali con il "metodo del flusso totale", prendendo a riferimento quanto previsto dalla norma UNI 12464

- Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro, la quale prevede i seguenti valori di illuminamento :

Sale = 300 lux

Procedendo con il calcolo, inizialmente sono stati definiti per ogni locale i seguenti parametri:

- E = illuminamento medio del locale definito dalla norma UNI 12464

- Φ = flusso luminoso necessario all'illuminamento del locale

- altezza del piano di lavoro = 0,8 m

- a = larghezza del locale

- b = lunghezza del locale

- h = altezza tra il corpo illuminante ed il piano di lavoro

- m = fattore di manutenzione : 0,8 (buona manutenzione)

- u = fattore di utilizzazione

- K = indice del locale

Il fattore di utilizzazione "u" è un valore tabellare ricavato sperimentalmente in locali campioni che utilizzano corpi illuminanti di caratteristiche simili a quelle che si vogliono adottare e tiene conto del sistema di illuminazione (luce diretta), dell'indice del locale K e del fattore di riflessione della luce sulle pareti e sul soffitto (assunto pari al 50%) .

Il fattore di manutenzione "m" è un valore tabellare assunto dai manuali tecnici che tiene conto del deprezzamento delle caratteristiche fotometriche dei corpi illuminanti, dall'invecchiamento degli stessi e dal tipo di manutenzione.

L'indice del locale K è un valore calcolato secondo la seguente formula :

$$K = (a \times b) / h (a+b)$$

che caratterizza geometricamente ogni locale dal punto di vista dell'influenza esercitata sul fattore di utilizzazione "u".

Per ogni locale, calcolato il valore di K, si è proceduto a determinare il fattore di utilizzazione "u" assumendo valori tabellari da manuali tecnici.

A questo punto si è proceduto a calcolare, sempre per ogni locale, il flusso luminoso necessario ad

ottenere un illuminamento di 300 lux come determinato dalla norma UNI 12464, con la seguente formula :

$$= (E \times a \times b) / u \times m$$

Calcolato il flusso luminoso si è scelto il tipo di corpo illuminante piu' adeguato geometricamente, rilevando il flusso luminoso emesso dal singolo corpo illuminante.

Per ogni locale, il rapporto tra il flusso luminoso necessario ad ottenere illuminamento richiesto ed il flusso luminoso emesso da ogni corpo illuminante, ha determinato il numero di corpi illuminati necessari.

Il calcolo è stato effettuato sui tutti i locali presenti e in allegato sono riportati le schede tecniche del corpo illuminante e i risultati del calcolo.

Affinché sia verificata la progettazione illuminotecnica effettuata, devono essere rispettati i valori secondo le tabelle estratte dalle normative europee.

In corrispondenza della mansione visiva non si può scendere sotto il livello di illuminamento mantenuto $\bar{E}_m$. Nel caso l'esatta posizione non sia nota, il valore previsto andrà applicato a tutto l'ambiente oppure a una zona di lavoro definita.

I fattori di manutenzione possono essere calcolati individualmente seguendo le specifiche del produttore. Nel caso non siano disponibili dati particolari specifici sulla manutenzione, in presenza di tecnologie moderne e ipotizzando interventi ogni tre anni si consiglia di adottare i seguenti fattori di manutenzione: 0,67 in ambienti molto puliti e 0,50 dove si sviluppa una certa sporcizia.

Le norme EN 12464 prevedono che il progettista documenti sia il fattore che lo stesso programma di manutenzione.

- UGR_L è il limite massimo previsto per la limitazione dell'abbagliamento. Il valore UGR progettato deve essere necessariamente inferiore a tale limite.
- L'uniformità U₀ è il rapporto tra l'illuminamento minimo E_{min} e quello medio $\bar{E}$ sulla superficie esaminata.
- Il dato costituisce un valore minimo. Ra è il valore minimo di resa cromatica. Le lampade scelte devono possedere un valore Ra uguale o maggiore.

Il Tecnico
Arch. Damiano Maurizio Sollami

