



COMUNE DI MILANO - MILANOSPORT S.P.A.
PISCINA " SOLARI"
RISTRUTTURAZIONE

PROGETTO ESECUTIVO



DIRETTORE TECNICO
ARCH. STEFANO PEDULLA



PROGETTO: ING. MARCO SANTANGELO



ELABORATO

RELAZIONE TECNICA IMPIANTI ELETTRICI

ER 04

SCALA: ---

27 FEBBRAIO 2014

Relazione tecnica impianti elettrici

Sommario

Descrizione sommaria dell'impianto al fine della sua identificazione	4
Distribuzione topografica impianto elettrico	4
Dati di progetto	5
Descrizione e destinazione d'uso degli edifici	5
Prestazioni richieste	6
Norme di riferimento	6
Dati delle alimentazioni elettriche (caratteristiche della tensione)	6
Condizioni ambientali	7
Vincoli da rispettare (del committente, di legge, di regolamenti locali, dell'ente distributore dell'energia elettrica ecc.)	7
Vincoli relativi al decreto ministeriale 18/03/1996	7
Classificazione degli ambienti	8
Dati del sistema di distribuzione e di utilizzazione dell'energia elettrica	10
RELAZIONE SUL CALCOLO ESEGUITO	10
Calcolo delle correnti di impiego	10
Dimensionamento dei cavi	11
Integrale di Joule	11
Dimensionamento dei conduttori di neutro	12
Dimensionamento dei conduttori di protezione	13
Calcolo della temperatura dei cavi	13
Cadute di tensione	13
Fornitura della rete	14
Bassa tensione	14
Calcolo dei guasti	15
Calcolo delle correnti massime di cortocircuito	15
Calcolo delle correnti minime di cortocircuito	17
Scelta delle protezioni	18
Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture	18
Verifica di selettività	19
Riferimenti normativi	19
Caratteristiche generali dell'impianto elettrico	20
Condutture	20
Dispositivi di protezione, di sezionamento e di comando	20
Descrizione delle misure di protezione contro i contatti diretti ed indiretti	21
Dati dimensionali relativi all'illuminazione artificiale generale e localizzata	22
Scelta della tipologia degli impianti e dei componenti elettrici principali in relazione ai parametri elettrici, alle condizioni ambientali e di utilizzazione	23
Impianti speciali: sistema di controllo e supervisione su bus	24
Impianto rivelazione automatica di incendio	24
Impianto EVAC	24
Impianto di chiamata "allarme bagno"	24
Allegati	25
Allegato A: dati completi utenze	25
Allegato B: illuminazione artificiale normale, calcolo illuminotecnico	26
Allegato C: illuminazione artificiale di emergenza, calcolo illuminotecnico	27
Allegato D: calcolo rischio fulminazioni	28

Descrizione sommaria dell'impianto al fine della sua identificazione

Oggetto dell'intervento: manutenzione straordinaria della piscina Solari, sita a Milano in via Montevideo, 20
Proprietà: Comune di Milano
Gestione: Milanosport S.p.A.

Distribuzione topografica impianto elettrico

L'impianto elettrico ha origine dal quadro generale Q00 situato all'interno del locale "Ufficio Direzione" situato al piano terra.

Da esso, mediante dorsale in canale zincato, partono le linee di alimentazione per:

- Quattro quadri stagni (Q10a, Q10b, Q11a, Q11b) che contengono gli interruttori di protezione per sei linee di alimentazione per asciugacapelli ciascuno.
- Un quadro stagno (Q09) a servizio del locale "primo soccorso".
- Un quadro stagno (vasca) al piano interrato che contiene gli interruttori di protezione delle linee di alimentazione dei fari di illuminazione piscina. Ogni faro è provvisto di una propria linea protetta che parte dal quadro vasca, raggiunge la scatola di derivazione del faro che contiene anche il trasformatore 230V/12V e i fusibili di protezione e poi prosegue a bassissima tensione (12V) fino al faro a bordo piscina.

Il quadro Q00 stesso è poi la sede delle protezioni per:

- Ufficio direzione
- Illuminazione esterna
- Elettrificazione porte di ingresso
- Videocitofonia
- Insegna
- Condizionatori per la zona reception e ufficio (unità esterne ed unità interne)
- Luci normali, di emergenza, alimentazione della motorizzazione dei vasistas e prese di forza motrice per le zone Z01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 10, 11, 12. Per ognuna delle zone elencate, la dorsale di alimentazione raggiunge la scatola di derivazione principale che assume l'omonimo riferimento della zona ("QXX" ved. elaborati grafici). L'illuminazione di emergenza è alimentata mediante l'interruttore automatico dell'illuminazione normale, con interposto sezionatore portafusibili. Tale configurazione permette l'accensione in emergenza anche per guasti locali dell'illuminazione normale.

Tranne alcuni casi quali il presidio di primo soccorso e l'ufficio direzione, l'illuminazione normale è gestita direttamente dal quadro generale Q00. Per ogni linea di illuminazione normale è previsto un interruttore sul quadro.

La tabella che segue fornisce una breve descrizione delle varie zone individuate ed indicate nei disegni precedenti: ogni zona è servita da un specifico quadro elettrico e contiene più ambienti che sono indicati con la relativa destinazione:

zona	quadro elettrico	centralino derivato / scatola principale	ambienti contenuti	descrizione
Z00	Q00	no / no	06	ufficio direzione
Z01	Q00	no / Q01	01 02 05	ingresso atrio e reception disimpegno
Z02	Q00	no / Q02	08 16 18	wc disabili spogliatoio docce
Z03	Q00	no / Q03	07 17 19	wc disabili spogliatoio docce
Z04	Q00	no / Q04	10 12 14	wc disabili wc antibagno
Z05	Q00	no / Q05	09 11 13	wc disabili wc wc

			15	antibagno
Z06	Q00	no / Q06	20 22 24	docce docce disimpegno
Z07	Q00	no / Q07	21 23 25	docce docce disimpegno
Z08	Q00	no / Q08	26	magazzino
Z09	Q00	Q09 / no	27 29 30	wc disabili antibagno primo soccorso
Z10	Q00	Q10-a, Q10-b / Q10-c	04	spogliatoi
Z11	Q00	Q11-a, Q11-b / Q11-c	03	spogliatoi
Z12	Q00		32	vasca piscina

Prestazioni richieste

Norme di riferimento

Gli impianti dovranno essere realizzati in ogni loro parte e nel loro insieme in conformità alle leggi, norme, prescrizioni, regolamentazioni e raccomandazioni emanate dagli enti, agenti in campo nazionale e locale, preposti dalla legge al controllo ed alla sorveglianza della regolarità della loro esecuzione.

Inoltre, per tutti i componenti per i quali è prevista "l'omologazione" secondo le prescrizioni vigenti, dovranno essere forniti i relativi certificati. Tutte le apparecchiature dovranno avere la marcatura CE.

Si richiamano, a titolo indicativo, le più ricorrenti Norme UNI e C.E.I. a cui far riferimento per questo lavoro; l'elenco non ha carattere esaustivo.

D.M. 37/08 del 22/01/08, "Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici.

CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici;

CEI 0-3/V1

CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua

CEI 64-14 guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori;

CEI 11-17 per gli impianti di produzione e trasporto e per le linee in cavo

CEI EN 60439-1 Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 1: Apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS);

CEI EN 60439-3/A2 Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 3: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso. Quadri di distribuzione;

CEI EN 60439-4/A2 Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 4: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate per cantiere (ASC);

CEI 17-43 Metodo di determinazione delle sovratemperature, mediante estrapolazione, per le apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT) non di serie (ANS);

CEI UNEL 35024-1 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria;

CEI UNEL 35011 Cavi per energia e segnalamento. Sigle di designazione;

CEI UNEL 35026 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata;

CEI 20-65 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Metodi di verifica termica (portata) per cavi raggruppati in fascio contenente conduttori di sezione differente;

CEI 23-51 Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare;

Prescrizioni di Autorità. Locali, comprese quelle dei VV.FF.;

Norme per la prevenzione degli infortuni e la igiene del lavoro, D.P.R. 27/4/55 n. 547 e successivi

Dati delle alimentazioni elettriche (caratteristiche della tensione)

Tensione nominale: Vn = 400V

Frequenza: F = 50Hz
 Grado di protezione minimo:IP 55

Condizioni ambientali

Gli ambienti considerati nel presente progetto sono destinati soprattutto a spogliatoi, bagni e docce oltre alla vasta zona destinata a piscina. Pertanto, i primi saranno classificati in base a quanto previsto dalla norma CEI 64-8-7 al capitolo "701 LOCALI CONTENENTI BAGNI O DOCCE" mentre la zona della vasca sarà classificata come previsto al capitolo "702 PISCINE" della stessa norma.

Le prescrizioni particolari della Sezione 701 della norma CEI 64-8-7 si applicano alle vasche da bagno, ai piatti doccia ed alle loro Zone circostanti dove il rischio relativo ai contatti elettrici è aumentato dalla riduzione della resistenza del corpo e dal contatto del corpo con il potenziale di terra.

Vincoli da rispettare (del committente, di legge, di regolamenti locali, dell'ente distributore dell'energia elettrica ecc.)

Vincoli relativi al decreto ministeriale 18/03/1996

...ai fini della prevenzione degli incendi, gli impianti elettrici:

- non devono costituire causa primaria di incendio o di esplosione;
- non devono fornire alimento o via privilegiata di propagazione degli incendi. Il comportamento al fuoco della membratura deve essere compatibile con la specifica destinazione d'uso dei singoli locali;
- devono essere suddivisi in modo che un eventuale guasto non provochi la messa fuori servizio dell'intero sistema (utenza);
- devono disporre di apparecchi di manovra ubicati in posizioni "protette" e devono riportare chiare indicazioni dei circuiti cui si riferiscono.

Il sistema utenza deve disporre dei seguenti impianti di sicurezza:

- a) illuminazione;
- b) allarme;
- c) rilevazione;
- d) impianti di estinzione incendi.

L'alimentazione di sicurezza deve essere automatica ad interruzione breve (< 0,5 sec) per gli impianti di segnalazione, allarme ed illuminazione e ad interruzione media (< 15 sec) per gli impianti idrici antincendio.

Il dispositivo di carica degli accumulatori deve essere di tipo automatico e tale da consentire la ricarica completa entro 12 ore.

L'autonomia dell'alimentazione di sicurezza deve consentire lo svolgimento in sicurezza del soccorso e dello spegnimento per il tempo necessario; in ogni caso l'autonomia minima viene stabilita per ogni impianto come segue:

- o segnalazione e allarme: 30 minuti;
- o illuminazione di sicurezza: 60 minuti;
- o impianti idrici antincendio: 60 minuti.

Gli impianti al chiuso, quelli all'aperto per i quali è previsto l'uso notturno e gli ambienti interni degli impianti sportivi all'aperto, devono essere dotati di un impianto di illuminazione di sicurezza.

L'impianto di illuminazione di sicurezza deve assicurare un livello di illuminazione non inferiore a 5 lux ad 1 m di altezza dal piano di calpestio lungo le vie di uscita; sono ammesse singole lampade con alimentazione autonoma che assicurino il funzionamento per almeno 1 ora.

Il quadro elettrico generale deve essere ubicato in posizione facilmente accessibile, segnalata e protetta dall'incendio per consentire di porre fuori tensione l'impianto elettrico dell'attività.

Classificazione degli ambienti

Agli effetti della Norma CEI 64-8-7 le piscine vengono suddivise in tre Zone:

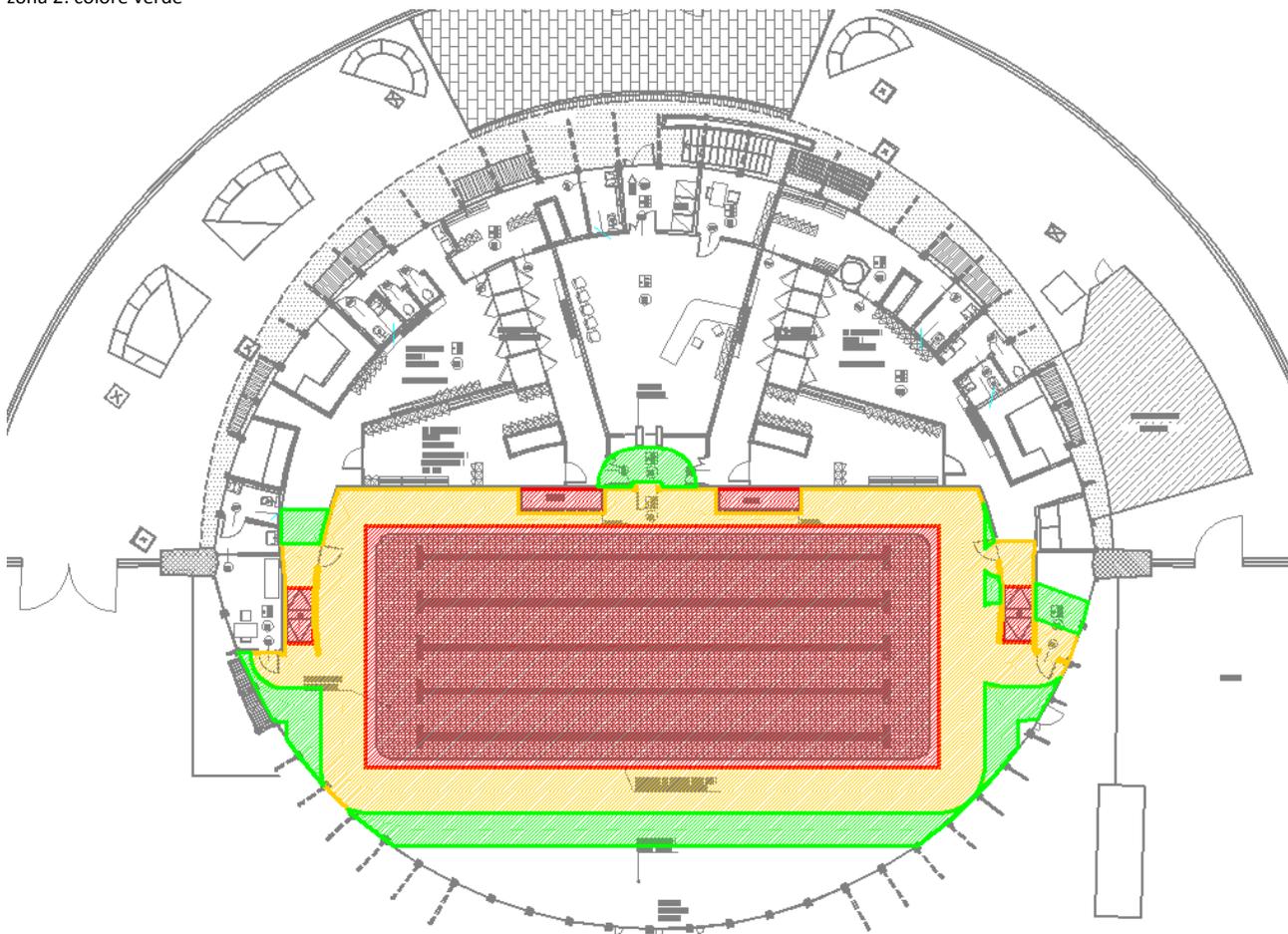
- Zona 0: volume interno della vasca e del relativo pediluvio che comprende le porzioni delle aperture essenziali nelle sue pareti o nel pavimento che sono accessibili alle persone nella piscina;
- Zona 1: volume delimitato dalla superficie verticale situata a 2 m dal bordo della vasca, dal pavimento o dalla superficie dove possono sostare le persone e dal piano orizzontale situato a 2,50 m al di sopra di questa superficie o del pavimento. Allorché la piscina è dotata di piattaforme per tuffi, trampolini, blocchi di partenza o scivoli, la Zona 1 comprende il volume delimitato dalla superficie verticale posta a 1,50 m attorno a queste strutture e dal piano orizzontale posto a 2,50 m al di sopra di questa superficie o del pavimento.
- Zona 2: volume compreso tra la superficie verticale esterna della Zona 1 e la superficie parallela a quest'ultima superficie situata a 1,50 m dalla stessa e delimitata orizzontalmente dal pavimento o dalla superficie dove possono sostare le persone e dal piano orizzontale posto a 2,50 m al di sopra di questa superficie o del pavimento.

Si indica nella figura seguente, come sono state delimitate le zone:

zona 0: colore rosso

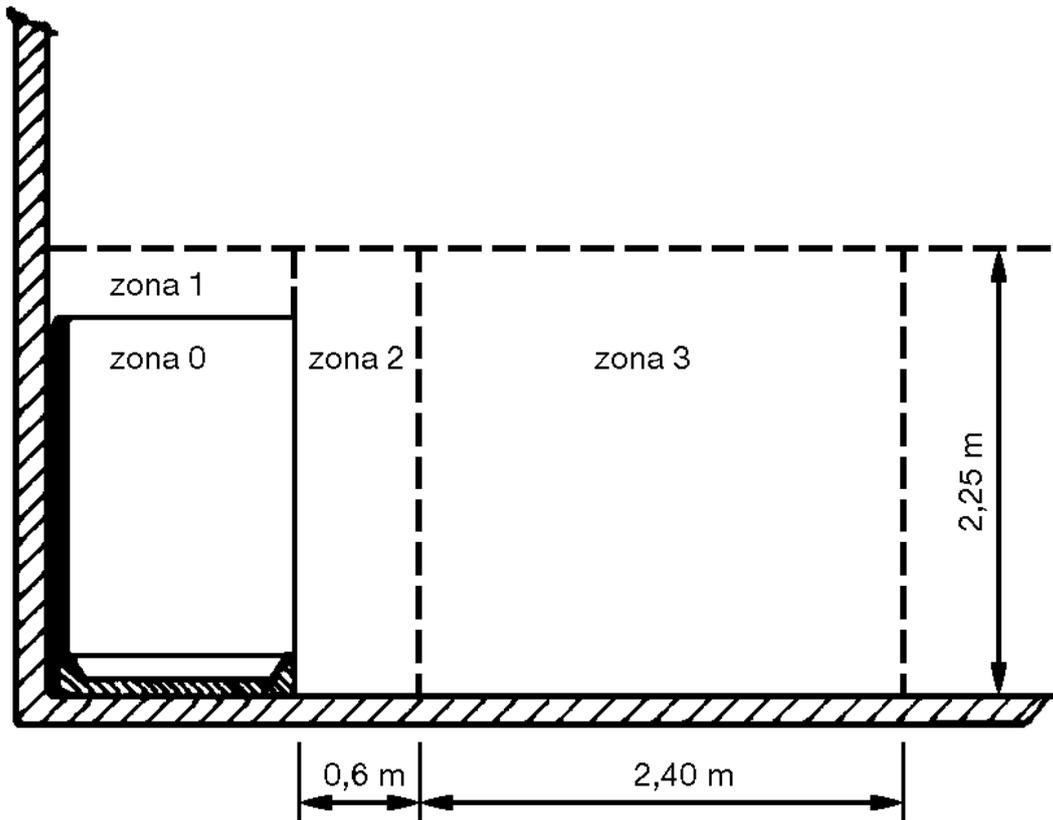
zona 1: colore arancio

zona 2: colore verde



Agli effetti della Norma CEI 64-8-7 i locali contenenti bagni o docce sono divisi in quattro zone:

- Zona 0: volume interno alla vasca da bagno o al piatto doccia;
- Zona 1: volume delimitato dalla superficie verticale circoscritta alla vasca da bagno od al piatto doccia o, in assenza del piatto doccia, dalla superficie verticale posta a 0,6 m dal soffione della doccia; dal pavimento; e dal piano orizzontale situato a 2,25 m al di sopra del pavimento; se, tuttavia, il fondo della vasca da bagno o del piatto doccia si trova a più di 0,15 m al di sopra del pavimento, il piano orizzontale viene situato a 2,25 m al di sopra di questo fondo;
- Zona 2: volume delimitato dalla superficie verticale della Zona 1; dalla superficie verticale situata a 0,60 m dalla superficie precedente e parallela ad essa; dal pavimento; e dal piano situato a 2,25 m sopra il pavimento;
- Zona 3: volume delimitato dalla superficie verticale esterna della Zona 2; dalla superficie verticale situata a 2,40 m dalla superficie precedente e parallela ad essa; dal pavimento; e dal piano situato a 2,25 m sopra il pavimento.



Nelle Zone 1, 2 e 3 non saranno utilizzati cavi in vista, a meno che non siano tratti limitati al collegamento di apparecchi utilizzatori. Si considerano pertanto tutti i collegamenti intesi come sottotraccia.

Dati del sistema di distribuzione e di utilizzazione dell'energia elettrica

Tipologia di carico:	Distribuzione generica
Potenza nominale:	69,796 kW
Coefficiente di contemporaneità:	0,8
Potenza dimensionamento:	55,837 kW
Potenza reattiva:	26,953 kVAR
Potenza locale di rifasamento:	n.d.
Corrente di impiego I _b :	90,2 A
Cos φ:	0,901
Tensione nominale:	400 V
Sistema:	TT
Conduttori attivi:	3
Frequenza:	50 Hz

I "dati completi utenza" sono dettagliati nell'allegato A in fondo alla presente relazione.
Di seguito invece si fornisce la relazione sul calcolo eseguito:

RELAZIONE SUL CALCOLO ESEGUITO

Committente=Comune di Milano
Titolo Impianto=Piscina Solari
Descrizione=Ristrutturazione Impianto
Comune=Milano
Provincia=MILANO
Data=10/10/2013

Calcolo delle correnti di impiego

Il calcolo delle correnti d'impiego viene eseguito in base alla classica espressione:

$$I_b = \frac{P_d}{k_{ca} \cdot V_n \cdot \cos \varphi}$$

nella quale:

- $k_{ca} = 1$ sistema monofase o bifase, due conduttori attivi;
- $k_{ca} = 1.73$ sistema trifase, tre conduttori attivi.

Se la rete è in corrente continua il fattore di potenza $\cos \varphi$ è pari a 1.

Dal valore massimo (modulo) di I_b vengono calcolate le correnti di fase in notazione vettoriale (parte reale ed immaginaria) con le formule:

$$\begin{aligned} \dot{I}_1 &= I_b \cdot e^{-j\varphi} = I_b \cdot \left(\cos \varphi - j \sin \varphi \right) \\ \dot{I}_2 &= I_b \cdot e^{-j(\varphi - 2\pi/3)} = I_b \cdot \left(\cos \left(\varphi - \frac{2\pi}{3} \right) - j \sin \left(\varphi - \frac{2\pi}{3} \right) \right) \\ \dot{I}_3 &= I_b \cdot e^{-j(\varphi - 4\pi/3)} = I_b \cdot \left(\cos \left(\varphi - \frac{4\pi}{3} \right) - j \sin \left(\varphi - \frac{4\pi}{3} \right) \right) \end{aligned}$$

Il vettore della tensione V_n è supposto allineato con l'asse dei numeri reali:

$$\dot{V}_n = V_n + j0$$

La potenza di dimensionamento P_d è data dal prodotto:

$$P_d = P_n \cdot coeff$$

nella quale *coeff* è pari al fattore di utilizzo per utenze terminali oppure al fattore di contemporaneità per utenze di distribuzione.

La potenza P_n , invece, è la potenza nominale del carico per utenze terminali, ovvero, la somma delle P_d delle utenze a valle ($\sum P_d$ a valle) per utenze di distribuzione (somma vettoriale).

La potenza reattiva delle utenze viene calcolata invece secondo la:

$$Q_n = P_n \cdot \tan \varphi$$

per le utenze terminali, mentre per le utenze di distribuzione viene calcolata come somma vettoriale delle potenze reattive nominali a valle ($\sum Qd$ a valle).

Il fattore di potenza per le utenze di distribuzione viene valutato, di conseguenza, con la:

$$\cos \varphi = \cos \left(\arctan \left(\frac{Q_n}{P_n} \right) \right)$$

Dimensionamento dei cavi

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

In base alla norma CEI 64-8/4 (par. 433.2), infatti, il dispositivo di protezione deve essere coordinato con la conduttura in modo da verificare le condizioni:

$$a) \quad I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$b) \quad I_f \leq 1.45 \cdot I_z$$

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 I_z della conduttura principale.

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

Esse oltre a riportare la corrente ammissibile I_z in funzione del tipo di isolamento del cavo, del tipo di posa e del numero di conduttori attivi, riportano anche la metodologia di valutazione dei coefficienti di declassamento.

La portata minima del cavo viene calcolata come:

$$I_{z \min} = \frac{I_n}{k}$$

dove il coefficiente k ha lo scopo di declassare il cavo e tiene conto dei seguenti fattori:

- tipo di materiale conduttore;
- tipo di isolamento del cavo;
- numero di conduttori in prossimità compresi eventuali paralleli;
- eventuale declassamento deciso dall'utente.

La sezione viene scelta in modo che la sua portata (moltiplicata per il coefficiente k) sia superiore alla $I_{z \min}$. Gli eventuali paralleli vengono calcolati nell'ipotesi che abbiano tutti la stessa sezione, lunghezza e tipo di posa (vedi norma 64.8 par. 433.3), considerando la portata minima come risultante della somma delle singole portate (declassate per il numero di paralleli dal coefficiente di declassamento per prossimità).

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:

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

La costante K viene data dalla norma 64-8/4 (par. 434.3), per i conduttori di fase e neutro e, dal paragrafo 64-8/5 (par. 543.1), 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 (par. 434.3):

• 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 (par. 543.1) tab. 54B:

• 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 (par. 543.1) tab. 54C:

• 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 par. 524.2 e par. 524.3, 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 mm²;
- la massima 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 16mm² se il conduttore è in rame e a 25 mm² 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 mm² se conduttore in rame e 25 mm² 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:

$$S_f < 16\text{mm}^2: \quad S_n = S_f$$

$$16 \leq S_f \leq 35\text{mm}^2: \quad S_n = 16\text{mm}^2$$

$$S_f > 35\text{mm}^2: \quad S_n = S_f / 2$$

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:

$$\begin{aligned} S_f < 16\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = S_f \\ 16 \leq S_f \leq 35\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = 16\text{mm}^2 \\ S_f > 35\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = S_f / 2 \end{aligned}$$

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:

$$S_p = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{K}$$

dove:

- S_p è la sezione del conduttore di protezione (mm^2);
- I è il valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione per un guasto di impedenza trascurabile (A);
- t è 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.

In entrambi i casi si deve tener conto, per quanto riguarda la sezione minima, del paragrafo 543.1.3.

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 mm^2 se è prevista una protezione meccanica;
- 4 mm^2 se non è prevista una protezione meccanica;

E' 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:

$$\begin{aligned} T_{cavo}(I_b) &= T_{ambiente} + \left(\alpha_{cavo} \cdot \frac{I_b^2}{I_z^2} \right) \\ T_{cavo}(I_n) &= T_{ambiente} + \left(\alpha_{cavo} \cdot \frac{I_n^2}{I_z^2} \right) \end{aligned}$$

espresse in °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.

Cadute di tensione

Le cadute di tensione sono calcolate vettorialmente. Per ogni utenza si calcola la caduta di tensione vettoriale lungo ogni fase e lungo il conduttore di neutro (se distribuito). Tra le fasi si considera la caduta di tensione maggiore che viene riportata in percentuale rispetto alla tensione nominale.

Il calcolo fornisce, quindi, il valore esatto della formula approssimata:

$$cdt(I_b) = k_{cdt} \cdot I_b \cdot \frac{L_c}{1000} \cdot (R_{cavo} \cdot \cos\varphi + X_{cavo} \cdot \sin\varphi) \cdot \frac{100}{V_n}$$

con:

- $k_{cdt}=2$ per sistemi monofase;
- $k_{cdt}=1.73$ per sistemi trifase.

I parametri R_{cavo} e X_{cavo} sono ricavati dalla tabella UNEL in funzione del tipo di cavo (unipolare/multipolare) ed alla sezione dei conduttori; di tali parametri il primo è riferito a 80°C, mentre il secondo è riferito a 50Hz, ferme restando le unità di misura in Ω/km . La $cdt(I_b)$ è la caduta di tensione alla corrente I_b e calcolata analogamente alla $cdt(I_b)$.

Se la frequenza di esercizio è differente dai 50 Hz si imposta

$$X'_{cavo} = \frac{f}{50} \cdot X_{cavo}$$

La caduta di tensione da monte a valle (totale) di una utenza è determinata come somma delle cadute di tensione vettoriale, riferite ad un solo conduttore, dei rami a monte all'utenza in esame, da cui, viene successivamente determinata la caduta di tensione percentuale riferendola al sistema (trifase o monofase) e alla tensione nominale dell'utenza in esame.

Sono adeguatamente calcolate le cadute di tensione totali nel caso siano presenti trasformatori lungo la linea (per esempio trasformatori MT/BT o BT/BT). In tale circostanza, infatti, il calcolo della caduta di tensione totale tiene conto sia della caduta interna nei trasformatori, sia della presenza di spine di regolazione del rapporto spire dei trasformatori stessi.

Se al termine del calcolo delle cadute di tensione alcune utenze abbiano valori superiori a quelli definiti, si ricorre ad un procedimento di ottimizzazione per far rientrare la caduta di tensione entro limiti prestabiliti (limiti dati da CEI 64-8 par. 525). Le sezioni dei cavi vengono forzate a valori superiori cercando di seguire una crescita uniforme fino a portare tutte le cadute di tensione sotto i limiti.

Fornitura della rete

La conoscenza della fornitura della rete è necessaria per l'inizializzazione della stessa al fine di eseguire il calcolo dei guasti.

Le tipologie di fornitura possono essere:

- in bassa tensione
- in media tensione
- in alta tensione
- ad impedenza nota
- in corrente continua

I parametri trovati in questa fase servono per inizializzare il calcolo dei guasti, ossia andranno sommati ai corrispondenti parametri di guasto della utenza a valle. Noti i parametri alle sequenze nel punto di fornitura, è possibile inizializzare la rete e calcolare le correnti di cortocircuito secondo le norme CEI 11-25.

Tali correnti saranno utilizzate in fase di scelta delle protezioni per la verifica dei poteri di interruzione delle apparecchiature.

Bassa tensione

Questa può essere utilizzata quando il circuito è alimentato alla rete di distribuzione in bassa tensione, oppure quando il circuito da dimensionare è collegato in sottoquadro ad una rete preesistente di cui si conosca la corrente di cortocircuito sul punto di consegna.

I dati richiesti sono:

- tensione concatenata di alimentazione espressa in V;
- corrente di cortocircuito trifase della rete di fornitura espressa in kA (usualmente nel caso di fornitura ENEL 4.5-6 kA).
- corrente di cortocircuito monofase della rete di fornitura espressa in kA (usualmente nel caso di fornitura ENEL 4.5-6 kA).

Dai primi due valori si determina l'impedenza diretta corrispondente alla corrente di cortocircuito I_{cctrif} , in m Ω :

$$Z_{cctrif} = \frac{V_2}{\sqrt{3} \cdot I_{cctrif}}$$

In base alla tabella fornita dalla norma CEI 17-5 che fornisce il $\cos\phi_{cc}$ di cortocircuito in relazione alla corrente di cortocircuito in kA, si ha:

$50 < I_{cctrif}$	$\cos\phi_{cc} = 0.2$
$20 < I_{cctrif} \leq 50$	$\cos\phi_{cc} = 0.25$
$10 < I_{cctrif} \leq 20$	$\cos\phi_{cc} = 0.3$
$6 < I_{cctrif} \leq 10$	$\cos\phi_{cc} = 0.5$
$4.5 < I_{cctrif} \leq 6$	$\cos\phi_{cc} = 0.7$
$3 < I_{cctrif} \leq 4.5$	$\cos\phi_{cc} = 0.8$
$1.5 < I_{cctrif} \leq 3$	$\cos\phi_{cc} = 0.9$
$I_{cctrif} \leq 1.5$	$\cos\phi_{cc} = 0.95$

da questi dati si ricava la resistenza alla sequenza diretta, in m Ω :

$$R_d = Z_{cctrif} \cdot \cos \phi_{cc}$$

ed infine la relativa reattanza alla sequenza diretta, in mΩ:

$$X_d = \sqrt{Z_{cctrif}^2 - R_d^2}$$

Dalla conoscenza della corrente di guasto monofase I_{k1} , è possibile ricavare i valori dell'impedenza omopolare. Invertendo la formula:

$$I_{k1} = \frac{\sqrt{3} \cdot V_2}{\sqrt{(2 \cdot R_d + R_0)^2 + (2 \cdot X_d + X_0)^2}}$$

con le ipotesi

$$\frac{R_0}{X_0} = \frac{Z_0}{X_0} \cdot \cos \varphi_{cc}$$

cioè l'angolo delle componenti omopolari uguale a quello delle componenti dirette, si ottiene:

$$R_0 = \frac{\sqrt{3} \cdot V}{I_{k1}} \cdot \cos \varphi_{cc} - 2 \cdot R_d$$

$$X_0 = R_0 \cdot \sqrt{\frac{1}{(\cos \varphi_{cc})^2} - 1}$$

Calcolo dei guasti

Con il calcolo dei guasti vengono determinate le correnti di cortocircuito minime e massime immediatamente a valle della protezione dell'utenza (inizio linea) e a valle dell'utenza (fondo linea).

Le condizioni in cui vengono determinate sono:

- guasto trifase (simmetrico);
- guasto bifase (disimmetrico);
- guasto fase terra (disimmetrico);
- guasto fase neutro (disimmetrico).

I parametri alle sequenze di ogni utenza vengono inizializzati da quelli corrispondenti della utenza a monte che, a loro volta, inizializzano i parametri della linea a valle.

Calcolo delle correnti massime di cortocircuito

Il calcolo è condotto nelle seguenti condizioni:

- a) tensione di alimentazione nominale valutata con fattore di tensione C_{max} ;
- b) impedenza di guasto minima, calcolata alla temperatura di 20°C.

La resistenza diretta, del conduttore di fase e di quello di protezione, viene riportata a 20 °C, partendo dalla resistenza a 80 °C, data dalle tabelle UNEL 35023-70, per cui esprimendola in mΩ risulta:

$$R_{dcavo} = \frac{R_{cavo}}{1000} \cdot \frac{L_{cavo}}{1000} \cdot \left(\frac{1}{1 + (60 \cdot 0.004)} \right)$$

Nota poi dalle stesse tabelle la reattanza a 50 Hz, se f è la frequenza d'esercizio, risulta:

$$X_{dcavo} = \frac{X_{cavo}}{1000} \cdot \frac{L_{cavo}}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

possiamo sommare queste ai parametri diretti della utenza a monte ottenendo così la impedenza di guasto minima a fine utenza. Per le utenze in condotto in sbarre, le componenti della sequenza diretta sono:

$$R_{dsbarra} = \frac{R_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{L_{sbarra}}{1000}$$

La reattanza è invece:

$$X_{dsbarra} = \frac{X_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{L_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

Per le utenze con impedenza nota, le componenti della sequenza diretta sono i valori stessi di resistenza e reattanza dell'impedenza.

Per quanto riguarda i parametri alla sequenza omopolare, occorre distinguere tra conduttore di neutro e conduttore di protezione.
Per il conduttore di neutro si ottengono da quelli diretti tramite le:

$$R_{0cavoNeutro} = R_{dcavo} + 3 \cdot R_{dcavoNeutro}$$

$$X_{0cavoNeutro} = 3 \cdot X_{dcavo}$$

Per il conduttore di protezione, invece, si ottiene:

$$R_{0cavoPE} = R_{dcavo} + 3 \cdot R_{dcavoPE}$$

$$X_{0cavoPE} = 3 \cdot X_{dcavo}$$

dove le resistenze $R_{dcavoNeutro}$ e $R_{dcavoPE}$ vengono calcolate come la R_{dcavo} .

Per le utenze in condotto in sbarre, le componenti della sequenza omopolare sono distinte tra conduttore di neutro e conduttore di protezione.
Per il conduttore di neutro si ha:

$$R_{0sbarraNeutro} = R_{dsbarra} + 3 \cdot R_{dsbarraNeutro}$$

$$X_{0sbarraNeutro} = 3 \cdot X_{dsbarra}$$

Per il conduttore di protezione viene utilizzato il parametro di reattanza dell'anello di guasto fornito dai costruttori:

$$R_{0sbarraPE} = R_{dsbarra} + 3 \cdot R_{dsbarraPE}$$

$$X_{0sbarraPE} = 2 \cdot X_{anello_guasto}$$

I parametri di ogni utenza vengono sommati con i parametri, alla stessa sequenza, della utenza a monte, espressi in mΩ:

$$R_d = R_{dcavo} + R_{dmonte}$$

$$X_d = X_{dcavo} + X_{dmonte}$$

$$R_{0Neutro} = R_{0cavoNeutro} + R_{0monteNeutro}$$

$$X_{0Neutro} = X_{0cavoNeutro} + X_{0monteNeutro}$$

$$R_{0PE} = R_{0cavoPE} + R_{0montePE}$$

$$X_{0PE} = X_{0cavoPE} + X_{0montePE}$$

Per le utenze in condotto in sbarre basta sostituire sbarra a cavo.

Ai valori totali vengono sommate anche le impedenze della fornitura.

Noti questi parametri vengono calcolate le impedenze (in mΩ) di guasto trifase:

$$Z_{k\min} = \sqrt{R_d^2 + X_d^2}$$

Fase neutro (se il neutro è distribuito):

$$Z_{k1Neutro\min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0Neutro})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0Neutro})^2}$$

Fase terra:

$$Z_{k1PE\min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0PE})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0PE})^2}$$

Da queste si ricavano le correnti di cortocircuito trifase $I_{k\max}$, fase neutro $I_{k1Neutr\max}$, fase terra $I_{k1PE\max}$ e bifase $I_{k2\max}$ espresse in kA:

$$I_{k\max} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k\min}}$$

$$I_{k1Neutr\max} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1Neutr\min}}$$

$$I_{k1PE\max} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PE\min}}$$

$$I_{k2\max} = \frac{V_n}{2 \cdot Z_{k\min}}$$

Infine dai valori delle correnti massime di guasto si ricavano i valori di cresta delle correnti (CEI 11-25 par. 9.1.1.):

$$I_p = K \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k\max}$$

$$I_{p1Neutro} = K \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1Neutr\max}$$

$$I_{p1PE} = K \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1PE\max}$$

$$I_{p2} = K \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k2\max}$$

dove:

$$K \approx 1.02 + 0.98 \cdot e^{-3 \cdot \frac{R_d}{X_d}}$$

Vengono ora esposti i criteri di calcolo delle impedenze allo spunto dei motori sincroni ed asincroni, valori che sommati alle impedenze della linea forniscono le correnti di guasto che devono essere aggiunte a quelle dovute alla fornitura. Le formule sono tratte dalle norme CEI 11.25 (seconda edizione 2001).

Calcolo delle correnti minime di cortocircuito

Il calcolo delle correnti di cortocircuito minime viene condotto come descritto nella norma CEI 11.25 par 2.5 per quanto riguarda:

- la tensione nominale viene moltiplicata per per il fattore di tensione di 0.95 (tab. 1 della norma CEI 11-25);

Per la temperatura dei conduttori ci si riferisce al rapporto Cenelec R064-003, per cui vengono determinate le resistenze alla temperatura limite dell'isolante in servizio ordinario dal cavo. Essa viene indicata dalla norma CEI 64-8/4 par 434.3 nella quale sono riportate in relazione al tipo di isolamento del cavo, precisamente:

- | | |
|--------------------------------|--------------|
| • isolamento in PVC | Tmax = 70°C |
| • isolamento in G | Tmax = 85°C |
| • isolamento in G5/G7 | Tmax = 90°C |
| • isolamento serie L rivestito | Tmax = 70°C |
| • isolamento serie L nudo | Tmax = 105°C |
| • isolamento serie H rivestito | Tmax = 70°C |
| • isolamento serie H nudo | Tmax = 105°C |

Da queste è possibile calcolare le resistenze alla sequenza diretta e omopolare alla temperatura relativa all'isolamento del cavo:

$$R_{d\max} = R_d \cdot (1 + 0.004 \cdot (T_{\max} - 20))$$

$$R_{0Neutro} = R_{0Neutro} \cdot (1 + 0.004 \cdot (T_{\max} - 20))$$

$$R_{0PE} = R_{0PE} \cdot (1 + 0.004 \cdot (T_{\max} - 20))$$

Queste, sommate alle resistenze a monte, danno le resistenze minime.

Valutate le impedenze mediante le stesse espressioni delle impedenze di guasto massime, si possono calcolare le correnti di cortocircuito trifase I_{k1min} e fase terra, espresse in kA:

$$I_{k \min} = \frac{0,95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k \max}}$$

$$I_{k1Neutr \min} = \frac{0,95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1Neutr \max}}$$

$$I_{k1PE \min} = \frac{0,95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PE \max}}$$

$$I_{k2 \min} = \frac{0,95 \cdot V_n}{2 \cdot Z_{k \max}}$$

Scelta delle protezioni

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 della utenza;
- potere di interruzione, il cui valore dovrà essere superiore alla massima corrente di guasto a monte dalla utenza $I_{km \max}$;
- 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 ($I_{mag \max}$).

Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture

Secondo la norma 64-8 par.434.3 "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 par. 533.3 "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. Le condizioni sono pertanto:

a) Le intersezioni sono due:

- $I_{cc \min} \geq I_{inters \min}$ (quest'ultima riportata nella norma come Ia);
- $I_{cc \max} \leq I_{inters \max}$ (quest'ultima riportata nella norma come Ib).

b) L'intersezione è unica o la protezione è costituita da un fusibile:

- $I_{cc \min} \geq I_{inters \min}$.

c) L'intersezione è unica e la protezione comprende un magnetotermico:

- $I_{cc \max} \leq I_{inters \max}$.

Sono pertanto verificate le relazioni in corrispondenza del guasto, calcolato, minimo e massimo. Nel caso in cui le correnti di guasto escano dai limiti di esistenza della curva della protezione il controllo non viene eseguito.

Note:

- La rappresentazione della curva del cavo è una iperbole con asintoti e la I_z dello stesso.

- La verifica della protezione a cortocircuito eseguita dal programma consiste in una verifica qualitativa, in quanto le curve vengono inserite riprendendo i dati dai grafici di catalogo e non direttamente da dati di prova; la precisione con cui vengono rappresentate è relativa.

Verifica di selettività

E' verificata la selettività tra protezioni mediante la sovrapposizione delle curve di intervento. I dati forniti dalla sovrapposizione, oltre al grafico sono:

- Corrente la di intervento in corrispondenza ai massimi tempi di interruzione previsti dalla CEI 64.8: pertanto viene sempre data la corrente ai 5s (valido per le utenze di distribuzione o terminali fisse) e la corrente ad un tempo determinato tramite la tabella 41A della CEI 64.8 par 413.1.3. Fornendo una fascia di intervento delimitata da una caratteristica limite superiore e una caratteristica limite inferiore, il tempo di intervento viene dato in corrispondenza alla caratteristica limite inferiore. Tali dati sono forniti per la protezione a monte e per quella a valle;
- 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 par 2.5.14).
- 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.

Nelle valutazioni si deve tenere conto delle tolleranze sulle caratteristiche date dai costruttori.

Quando possibile, alla selettività grafica viene affiancata la selettività tabellare tramite i valori forniti dalle case costruttrici. 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.

Riferimenti normativi

Norme di riferimento per la Bassa tensione:

- CEI 11-20 2000 IVa Ed. Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti I e II categoria.
- CEI 11-25 2001 IIa Ed. (EC 909): Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 0: Calcolo delle correnti.
- CEI 11-28 1993 Ia Ed. (IEC 781): Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali e bassa tensione.
- CEI 17-5 VIa Ed. 1998: Apparecchiature a bassa tensione. Parte 2: Interruttori automatici.
- CEI 23-3 IV Ed. 1991: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari.
- CEI 33-5 Ia Ed. 1984: Condensatori statici di rifasamento di tipo autorigenerabile per impianti di energia.
- a corrente alternata con tensione nominale inferiore o uguale a 660V.
- CEI 64-8 Va Ed. 2003: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua.
- IEC 364-5-523: Wiring system. Current-carrying capacities.
- CEI UNEL 35023 1970: Cavi per energia isolati con gomma o con materiale termoplastico avente grado di isolamento non superiore a 4- Cadute di tensione.
- CEI UNEL 35024/1 1997: Cavi elettrici isolati con materiale elastometrico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI UNEL 35024/2 1997: Cavi elettrici ad isolamento minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI UNEL 35026 2000: Cavi elettrici con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata.

Norme di riferimento per la Media tensione

- CEI 11-1 IXa Ed. 1999: Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica
- CEI 11-17 IIa Ed. 1997: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo.
- CEI 11-35 Ia Ed. 1996: Guida all'esecuzione delle cabine elettriche d'utente
- CEI 17-1 Va Ed. 1998: Interruttori a corrente alternata a tensione superiore a 1000V
- CEI 17-4 Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata e a tensione superiore a 1000V
- 17-9/1 Interruttori di manovra e interruttori di manovra-sezionatori per tensioni nominali superiori a 1kV e inferiori a 52 kV
- 17-46 1 Interruttori di manovra e interruttori di manovra-sezionatori combinati con fusibili ad alta tensione per corrente alternata.

Caratteristiche generali dell'impianto elettrico

Condutture

Nelle Zone 1, 2 e 3 non saranno utilizzati cavi in vista, a meno che non siano tratti limitati al collegamento di apparecchi utilizzatori.

Si considerano pertanto tutti i collegamenti intesi come sottotraccia.

Le condutture devono avere un isolamento che soddisfi le prescrizioni dell'art. 413.2 della norma CEI 64-8-4 ("protezione mediante componenti elettrici di Classe II o con isolamento equivalente") e non devono avere alcun rivestimento metallico. Queste condutture possono venire realizzate per es. con cavi unipolari entro tubi protettivi isolanti o con cavi multipolari provvisti di guaina non metallica.

Nella Zona 0 non sono ammesse condutture e nelle Zone 1 e 2 le condutture devono essere limitate a quelle necessarie per l'alimentazione degli apparecchi utilizzatori situati in tali Zone.

Non sono ammesse cassette di derivazione o di giunzione nelle Zone 0, 1 e 2.

Dispositivi di protezione, di sezionamento e di comando

Nella Zona 0 non devono essere installati dispositivi di protezione, di sezionamento e di comando.

Nella Zona 1 non devono essere installati dispositivi di protezione, di sezionamento e di comando, con l'eccezione di interruttori di circuiti SELV alimentati a tensione non superiore a 12 V in c.a. od a 30 V in c.c., e con la sorgente di sicurezza installata al di fuori delle Zone 0, 1 e 2.

Nella Zona 2 non devono essere installati dispositivi di protezione, di sezionamento e di comando, con l'eccezione di:

- interruttori di circuiti SELV alimentati a tensione non superiore a 12 V in c.a. od a 30 V in c.c. e con la sorgente di sicurezza installata al di fuori delle Zone 0, 1 e 2;
- prese a spina, alimentate da trasformatori di isolamento di Classe II di bassa potenza incorporati nelle stesse prese a spina, previste per alimentare rasoi elettrici.

Gli apparecchi utilizzatori posti nella Zona 2 possono essere provvisti di un interruttore di comando se questo è incorporato negli stessi.

Nella Zona 3 prese a spina, interruttori ed altri apparecchi di comando sono permessi solo se la protezione è ottenuta mediante:

- separazione elettrica (art. 413.5), individualmente, o
- SELV (art. 411.1); o
- interruzione automatica dell'alimentazione, usando un interruttore differenziale avente corrente differenziale nominale non superiore a 30 mA.

Nota: Nelle Zone 1, 2 e 3 sono ammessi tiranti isolanti per azionare interruttori, e pulsanti, del tipo con azionamento a mezzo di tiranti, a condizione che tali interruttori soddisfino le prescrizioni della Norma CEI 23-9.

Descrizione delle misure di protezione contro i contatti diretti ed indiretti

701.411.1.3.7

Dove si utilizzano circuiti SELV, qualunque sia la tensione nominale, si deve prevedere la protezione contro i contatti diretti a mezzo di: barriere od involucri che presentino almeno il grado di protezione IPXXB, oppure un isolamento in grado di sopportare una tensione di prova di 500 V per 1 min.

701.413.1.6 Collegamento equipotenziale supplementare

Si deve prevedere un collegamento equipotenziale supplementare in accordo con 413.1.6.1 della CEI 64-8 che colleghi tutte le masse estranee delle Zone 1, 2 e 3 con i conduttori di protezione di tutte le masse situate in queste Zone.

In particolare per le tubazioni metalliche è sufficiente che le stesse siano collegate all'ingresso dei locali da bagno.

Una vasca da bagno non è in genere in contatto con i ferri del cemento armato; non essendo una massa estranea non deve essere quindi collegata all'insieme equipotenziale.

La prescrizione dell'articolo 543.3.2 della CEI 64-8 viene interpretata nel senso che non è necessario che siano accessibili le connessioni dei conduttori equipotenziali supplementari alle tubazioni metalliche all'ingresso dei locali da bagno.

Nei locali da bagno i pavimenti non isolanti (ma non metallici) non sono da considerare masse estranee.

701.471.1

Le misure di protezione contro i contatti diretti mediante ostacoli (CEI 64-8 art. 412.3) e mediante distanziamento (CEI 64-8 art. 412.4) non sono permesse.

701.471.2

Le misure di protezione contro i contatti indiretti per mezzo di locali non conduttori (art. 413.3) e per mezzo di collegamenti equipotenziali non connessi a terra (art. 413.4) non sono permesse.

NOTE

Si è già detto alla pagina precedente, che l'interruzione automatica dell'alimentazione, deve avvenire usando un interruttore differenziale avente corrente differenziale nominale non superiore a $I_a = 30$ mA.

Si fissa, in termini precauzionali, la tensione di contatto "presunta" non maggiore di 25V.

In tal caso il valore R_a dato dalla somma delle resistenze del dispersore e dei conduttori di protezione, fino alle prese deve essere tale che:

$$R_a * I_a \leq 25 \text{ V}$$

E quindi:

$$R_a \leq (25 / 0,03) \Omega = 833 \Omega.$$

Dati dimensionali relativi all'illuminazione artificiale generale e localizzata

I comandi dell'illuminazione artificiale normale sono per la maggior parte, di tipo manuale. Ogni ambiente è gestito direttamente dal quadro elettrico posto nell'ufficio del Direttore.

L'illuminazione artificiale è realizzata mediante corpi illuminanti stagni IP65, come da elaborati grafici.

Le curve illuminotecniche da cui scaturisce la scelta delle potenze dei corpi illuminanti sia per l'illuminazione normale che per quella in emergenza, sono dettagliate negli allegati a questa relazione:

Allegato B: illuminazione normale

Allegato C: illuminazione di emergenza

Scelta della tipologia degli impianti e dei componenti elettrici principali in relazione ai parametri elettrici, alle condizioni ambientali e di utilizzazione.

702.5 Scelta ed installazione dei componenti elettrici

702.51 Regole comuni

702.512.2 I componenti elettrici devono avere almeno i seguenti gradi di protezione:

- nella Zona 0: IPX8;
- nella Zona 1: IPX5 o, per piccole piscine all'interno di edifici che in genere non vengono pulite per mezzo di getti d'acqua, IPX4;
- nella Zona 2: IPX2 per le piscine al coperto;
IPX4 per le piscine all'aperto;
IPX5 nel caso in cui getti d'acqua possano essere utilizzati ai fini della pulizia.

702.52 Condutture (elettriche)

702.520.01 Le prescrizioni che seguono si applicano alle condutture montate in vista ed alle condutture incassate nelle pareti ad una profondità non superiore a 5 cm.

Nelle Zone 0, 1 e 2 non è consigliabile l'uso dei cavi in vista, a meno che non appartengano a sistemi SELV o che siano tratti limitati al collegamento di apparecchi utilizzatori.

702.520.02 Nelle Zone 0 ed 1 le condutture non devono avere alcuna guaina metallica o rivestimento metallico.

Nella Zona 2 le condutture non devono avere guaina metallica o rivestimenti metallici accessibili.

Nota: Queste condutture possono venire realizzate per es. con cavi unipolari entro tubi protettivi isolanti o con cavi multipolari provvisti di guaina non metallica.

702.520.03 Nelle Zone 0 ed 1 le condutture devono essere limitate a quelle necessarie all'alimentazione degli apparecchi utilizzatori situati in tali Zone.

702.520.04 Non sono permesse cassette di giunzione e derivazione nelle Zone 0 e 1.

702.53 Dispositivi di protezione, di sezionamento e di comando

Nelle Zone 0 e 1 non devono essere installati dispositivi di protezione, di sezionamento o di comando, con la eccezione che, per le piccole piscine dove non è possibile sistemare le prese a spina al di fuori della Zona 1, le prese a spina sono permesse nella Zona 1 solo se sono installate fuori dalla portata di mano (cioè 1,25 m) dal limite della Zona 0 e poste ad almeno 0,3 m al di sopra del pavimento e:

- sono alimentate da circuiti SELV (art. 411.1), oppure
- sono protette con un interruttore differenziale avente corrente differenziale nominale I_{dn} non superiore a 30 mA, oppure
- sono protette individualmente mediante separazione elettrica (art. 413.5), a condizione che il trasformatore d'isolamento sia posto al di fuori dalle Zone 0, 1, e 2.

Nella Zona 2, prese a spina, interruttori ed altri apparecchi di comando sono permessi solo alle condizioni di cui sopra con riferimento alla Zona 1.

702.55 Altri componenti elettrici

Nelle Zone 0 e 1 si possono installare solo apparecchi utilizzatori fissi specialmente previsti per l'uso nelle piscine.

Nella Zona 2 si possono installare solo apparecchi di illuminazione fissi a condizione che siano:

- di Classe II, oppure
- di Classe I e protetti con interruttori differenziali con $I_{dn} \leq 30$ mA, oppure
- alimentati da un trasformatore d'isolamento che soddisfi le prescrizioni di 413.5.1.

Elementi riscaldanti annegati nel pavimento e destinati al riscaldamento del locale possono essere installati in tutte le Zone a condizione che siano ricoperti da una griglia metallica messa a terra, o da uno schermo metallico messo a terra e collegati al collegamento equipotenziale specificato in 702.413.1.6.

Esempi di apparecchi utilizzatori fissi specialmente previsti per l'uso nelle piscine sono: apparecchi di illuminazione ad immersione e pompe. Agli effetti della sicurezza delle persone gli apparecchi utilizzatori alimentati da prese a spina situate nella Zona 1 devono essere utilizzati in modo che nessuna loro parte entri nella Zona 0 e gli apparecchi utilizzatori alimentati da prese a spina situate nella Zona 2 devono essere utilizzati in modo che nessuna loro parte entri nelle Zone 1 e 0: devono essere previste adeguate segnalazioni al riguardo.

Impianti speciali: sistema di controllo e supervisione su bus

Impianto rivelazione automatica di incendio

È rappresentato un impianto di rivelazione automatica di incendio mediante rivelatori ottici di fumo, integrati da pulsanti “rottura vetro” per permettere un avviso di allarme manuale.

I punti automatici e manuali sono collegati ad una centrale di rivelazione incendi digitale.

Impianto EVAC

È posto in essere anche un impianto EVAC di diffusione sonora che permette la diffusione di messaggi fonici di allarme in caso di evento. Nelle altre condizioni può essere utilizzato come impianto di diffusione sonora. L'impianto dovrà essere realizzato seguendo gli elaborati grafici e la normativa di riferimento CEI EN 60849.

La scelta della potenza sonora dei diffusori è tale da garantire l'udibilità degli allarmi vocali in condizioni di emergenza.

In condizioni normali l'impianto invece può essere utilizzato anche per semplice diffusione sonora. A tal fine l'amplificatore dovrà essere regolabile al fine di garantire i limiti di immissioni relativamente alla zonizzazione acustica.

Impianto di chiamata “allarme bagno”

Ogni bagno disabili è provvisto di impianto di emergenza costituito da:

- pulsante a tirante per chiamata di emergenza, posto all'interno del bagno disabili in posizione facilmente raggiungibile
- pulsante di tacitazione nel bagno in posizione tale da indurre il personale soccorritore a raggiungere il chiamante
- sistema ottico sonoro installato all'esterno della zona del corrispondente bagno disabili ed in posizione facilmente visibile ed udibile dal corridoio.
- Relè bistabile (set, reset) con due uscite indipendenti:
 - o Una uscita NO sarà collegata in parallelo con la corrispondente degli altri relè ottenendo così un allarme unico generico (che sarà una predisposizione di remotizzazione dell'allarme)
 - o L'altra NO raggiungerà invece, una per relè, la reception presso il rack EVAC per accendere la lampada corrispondente sul sinottico.
- Il sistema sinottico sarà costituito semplicemente da cinque lampade a bassissima tensione (12V) ed un ronzatore. Il sistema può essere realizzato con scatola 506 da tavolo o mediante kit prefabbricato.

Per maggiori dettagli vedere lo schema presente nell'elaborato unificare.

Allegati

Allegato A: dati completi utenze

Allegato B: illuminazione artificiale normale, calcolo illuminotecnico

Allegato C: illuminazione artificiale di emergenza, calcolo illuminotecnico

Allegato D: calcolo rischio fulminazioni