



COMUNE DI TERNI



OPERA

PROGETTO DI SVILUPPO DELL' ECONOMIA DEL TERRITORIO PIANO INTEGRATO PROVINCIA DI TERNI - COMUNE DI TERNI
PER LA VALORIZZAZIONE DEI SITI DI PREGIO

INTERVENTO DI MESSA A NORMA, RISANAMENTO RIQUALIFICAZIONE TECNOLOGICA,
ENERGETICA ED ELIMINAZIONE DELLE BARRIERE ARCHITETTONICHE DELL'EDIFICIO
ADIBITO A CENTRO FEDERALE DI CANOTTAGGIO



Proprieta'
COMUNE di TERNI

Committente
FEDERAZIONE ITALIANA CANOTTAGGIO

Ubicazione
PIEDILUCO - VIALE DELLA PACE TRA I POPOLI
CENTRO NAUTICO "PAOLO D'ALOJA"

OGGETTO:

PROGETTO ESECUTIVO

TITOLO:

RELAZIONE IMPIANTI ELETTRICI

REDAZIONE	REVISIONE	DESCRIZIONE				Tavola: EL12
Data 1° Emissione: GENNAIO 2018	Data Aggiornamento	Controllato:	Approvato:	Formato:	Scala:	

PROGETTISTI:
Arch. Fabrizio Di Patrizi
COLLABORATORI
p.l. Federico Alcidoni
dott.ssa arch. Ambra Franchini

Studio di Architettura e Servizi
Via Sant'Andrea n° 16 - Terni - cell.338-8894636
Tel. - Fax. 0744.461451 / e-mail: f.dipatrizi@tiscali.it



1 Premessa

Con riferimento al Documento Esecutivo alla Progettazione, alle norme nazionali e tecniche applicabili, ai requisiti richiesti, con la presente relazione si illustrano le principali dotazioni degli impianti elettrici della struttura della Federazione Italiana di Canottaggio sita a Piediluco, in Via della Pace tra i poli, nel Comune di Terni (TR).

2 Normativa di riferimento

- DPR n. 303 del 19.03.1956 (Norme generali per l'igiene del lavoro) – solo articolo 64;
- Legge n. 186 del 01.03. 1968 (Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici);
- Legge n.791 del 18.10.1977 (Attuazione della direttiva del Consiglio della Comunità europea (73/23/CEE) relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione);
- DPR n. 524 del 08.06.1982 (Attuazione della direttiva (CEE) n. 77/576 per il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri in materia di segnaletica di sicurezza sul posto di lavoro e della direttiva (CEE) n. 79/640 che modifica gli allegati della direttiva suddetta);
- DM 37/08 del 22/01/2008 (Regolamento recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici);
- L. n. 46 del 5 marzo 1990 – norme per la sicurezza degli impianti e successivo Regolamento di attuazione (per i soli art. 8,14,16 non abrogati);
- DPCM del 23.04.1992, (Limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale (50Hz) negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno);
- D.Lgs 81/08 del 09/04/2008 (Testo unico della sicurezza);
- DPCM del 28.09.1995, (Norme tecniche procedurali di attuazione del DPCM del 23.04.1992 relativamente agli elettrodotti);
- Racc. Cons. Europeo n. 519 del 12.07.1999, (Raccomandazione del Consiglio Europeo relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 a 300 GHz);
- Legge n. 36 del 22.02.2001, (Legge quadro sulla protezione dalla esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici);

- DPR n. 380 del 06.06.2001, (Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia);
- DPCM 08/07/2003 (Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz)) generati dagli elettrodotti;
- D. Lgs n. 257 del 19 novembre 2007, "Attuazione della direttiva 2004/40/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi degli agenti fisici (campi elettromagnetici)".
- D.M. del 10 marzo 1998 – criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro;
- D.M. del 4 maggio 1998 e successive circolari, chiarimenti, modifiche ed integrazioni ed allegati – Disposizioni relative alle modalità di presentazione ed al contenuto delle domande per l'avvio dei procedimenti di prevenzione incendi, nonché all'uniformità dei connessi servizi resi dai comandi provinciali dei VV.F.;
- L. n. 818 del 07.12.1984 e successive circolari, chiarimenti, modifiche ed integrazioni ed allegati - Nullaosta provvisorio per le attività soggette ai controlli della prevenzione incendi, modifica degli articoli 2 e 3 della L. 4 marzo 1982, n. 66, e norme integrative dell'ordinamento del Corpo nazionale dei vigili del fuoco) e successive modifiche e integrazioni;
- D.M. del 30.11.1983 e successive circolari, chiarimenti, modifiche ed integrazioni ed allegati - Termini, definizioni generali e simboli grafici di prevenzione incendi;
- D.P.R. n. 577 del 29.07.1982 e successive circolari, chiarimenti, modifiche ed integrazioni ed allegati Approvazione del regolamento concernente l'espletamento dei servizi di prevenzione e di vigilanza antincendi;
- D.P.R. n. 151 del 1 agosto 2011 - Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi, a norma dell'articolo 49, comma 4-quater, del decreto-L. 31 maggio 2010, n. 78, convertito, con modificazioni, dalla L. 30 luglio 2010, n. 122;
- D.M. del 13 luglio 2011 – Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la installazione di motori a combustione interna accoppiati a macchina generatrice elettrica o ad altra macchina operatrice e di unità di cogenerazione a servizio di attività civili, industriali, agricole, artigianali, commerciali e di servizi (11A09949);
- D.M. del 28 Aprile 2005 e successive circolari, chiarimenti, modifiche ed integrazioni ed allegati – Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio degli impianti termici alimentati da combustibili liquidi;

- Circolare MI n. 73 del 29.07.1971 - Impianti termici ad olio combustibile o a gasolio. Istruzioni per l'applicazione delle norme contro l'inquinamento atmosferico; disposizioni ai fini della prevenzione incendi.

3 Corpo normativo

Devono essere rispettate tutte le norme UNI, UNI EN, UNI EN ISO, CEI, anche se non menzionate espressamente e singolarmente, riguardanti ambienti, classificazioni, calcoli, dimensionamenti, macchinari, materiali, componenti, lavorazioni che in maniera diretta o indiretta abbiano attinenza con le opere di cui si tratta nel presente progetto. Vengono comunque richiamate nel seguito del presente paragrafo, per motivi di praticità e chiarezza, ma non certo a titolo esaustivo, alcune (le più significative) fra le norme sopra citate, di riferimento per i lavori in oggetto.

In mancanza di normativa nazionale, o comunque in caso di particolari esigenze, si farà riferimento a normative straniere, che saranno espressamente richiamate nel seguito.

- CEI 0-2 (2002) - Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici;
- CEI 11-17 (2006), CEI 11-17 V1 (2011) - Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica - Linee in cavo;
- CEI 11-20 (2000), CEI 11-20 V1 (2004), CEI 11-20 V2 (2007), CEI 11-20 V3 (2010) - Impianti di produzione di energia elettrica collegate a rete di I e II categoria;
- Norma CEI 17-13/1 (2000) - Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri di BT). Parte I: prescrizioni per apparecchiature di serie (AS) e non di serie (ANS);
- CEI 31-87 (2010) - Atmosfere esplosive Parte 10-1: Classificazione dei luoghi. Atmosfere esplosive per la presenza di gas;
- Norme CEI del CT 20 (cavi per energia): tutti i fascicoli applicabili;
- Norma CEI 31-30 (2004) - Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas - Parte 10: Classificazione dei luoghi pericolosi;
- Norma CEI 31-33 (2010) - Atmosfere esplosive Parte 14: Progettazione, scelta e installazione degli impianti elettrici;
- CEI 31-35 (2012) - Atmosfere esplosive Guida alla classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di gas in applicazione della Norma CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87);
- CEI 31-87 (2010) - Atmosfere esplosive Parte 10-1: Classificazione dei luoghi.

Atmosfere esplosive per la presenza di gas;

- Norme CEI 64-8/1-7(2012) - Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V c.a. e 1500V in c.c.
- Norme CEI dei CT 210 (compatibilità elettromagnetica) e CT 211 (esposizione umana ai campi elettromagnetici);
- Guida CEI 211-4 (2008) "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche";
- Guida CEI 211-6 (2001) "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz – 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana.
- CEI EN 60909-0; CEI 11-25 (2001) – Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata - Parte 0: Calcolo delle correnti;
- CEI EN 60865-1; CEI 11-26 (1998), CEI 11-26 Ec (2002) – Correnti di cortocircuito – Calcolo degli effetti - Parte I: Definizioni e metodo di calcolo (applicabile fino al 28/11/2014);
- CEI EN 60865-1; CEI 11-26 (2013) - Correnti di cortocircuito - Calcolo degli effetti. Parte 1: Definizioni e metodi di calcolo;
- CEI EN 61439-1 (2010) - Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 1: Regole generali;
- CEI 11-28 (1998) - Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali a bassa tensione;
- CEI 11-37 (2003) - Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a tensione maggiore di 1kV;
- UNI EN 12464-1(2011) - Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni;
- UNI EN 12464-2 (2014) - Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 2: Posti di lavoro in esterno;
- UNI EN 1838 (2013) - Applicazione dell'illuminotecnica - Illuminazione di emergenza;
- UNI 9795 (2013) - Sistemi fissi automatici di rivelazione e di segnalazione allarme d'incendio - Progettazione, installazione ed esercizio;
- ISO 8528-1 - Reciprocating internal combustion engine driven alternating current generating sets -- Part 1: Application, ratings and performance;
- ISO 8528-5 - Reciprocating internal combustion engine driven alternating current

4 Norme UNI e CEI specifiche di prodotto

Norme UNI specifiche sulle apparecchiature utilizzate applicabili per la progettazione, la costruzione, il collaudo in fabbrica e l'installazione dei singoli materiali, componenti ed apparati elettrici

- 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 elastomerico 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.
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale" pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 88 del 14 aprile 2006 - Supplemento Ordinario n. 96.
- Legge 24 marzo 2012 , n. 27 Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1, recante disposizioni urgenti per la concorrenza, lo sviluppo delle infrastrutture e la competitività.
- "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/721/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole";
- D. Lgs. 18 Agosto 2000, n° 258;
- Norma UNI EN 1401-1 per tubazioni interrate in PVC di scarico di acque civili e industriali in sostituzione della norma UNI 7447;
- Norma EN 1916 Tubazioni autoportanti a sezione circolare, realizzate con elementi in calcestruzzo vibro compresso.
- Norma EN 681-1 recante disposizioni in materia per la giunzione delle tubazioni mediante giunto a bicchiere adatto a ricevere opportuna guarnizione in elastomero a struttura compatta;

- Norma UNI EN 124 griglie e chiusini in ghisa sferoidale;
- Norma UNI EN 858-1: “Impianti di separazione per liquidi leggeri –Principi di progettazione, prestazione e prove sul prodotto, marcatura e controllo qualità “;
- Norma UNI EN 858-2: “Impianti di separazione per liquidi leggeri –Scelta delle dimensioni nominali installazione, esercizio e manutenzione.”;
- Norma UNI EN 1916-: “Tubi in calcestruzzo armato, non armato, rinforzato con fibre di acciaio”;
- DIN 4033 Canali e tubazioni per le acque di scolo con tubi prefabbricati: Direttive per la costruzione.

5 Interventi sugli impianti

Il progetto degli impianti elettrici riguarderà le seguenti lavorazioni:

- Rifacimento del Quadro Elettrico Generale (QEG), installazione di Sottoquadri elettrici necessari;
- Sostituzione dell'impianto d'illuminazione al piano primo con un impianto di illuminazione a LED;
- Rifacimento impianto elettrico centrale elettrica;
- Installazione impianto fotovoltaico in copertura da 30 kWp.

6 Impianto elettrico

6.1 CLASSIFICAZIONE DEL SISTEMA ELETTRICO

Il sistema elettrico del seguente progetto presenta le seguenti caratteristiche elettriche:

Tensione di alimentazione BT	V	400V/230V 3 (L ₁ - L ₂ - L ₃) + N
Frequenza	Hz	50
Sistema di conduttori attivi	trifase	3 (L ₁ - L ₂ - L ₃)
Sistema di terra		TN-S

La tensione delle utenze trifasi sarà 400 V – 50 Hz con distribuzione del conduttore neutro e di terra; mentre le utenze monofasi saranno alimentate a 230 V - 50 Hz.

6.2 GRADO DI PROTEZIONE DELLE APPARECCHIATURE

Il grado di protezione di una apparecchiatura indica la capacità del proprio involucro di impedire l'ingresso di corpi solidi o liquidi all'interno della stessa.

Detta caratteristica risulta espressa per mezzo di un codice così composto

IP X Y (Z W)

dove:

X rappresenta il grado di protezione contro l'ingresso di corpi solidi estranei e contro l'accesso a parti pericolose.

Y rappresenta il grado di protezione contro la penetrazione dell'acqua.

Z - W lettere addizionale

In conformità alla norma CEI 64.8 sono stati scelti gradi di protezione minimi adeguati in funzione alla tipologia di installazione.

Inoltre, si è adottato genericamente il grado minimo IP55 per tutte le apparecchiature posizionate in ambienti ove possa verificarsi il contatto accidentale con acqua.

6.3 CONDUTTURE ELETTRICHE BASSA TENSIONE

Le condutture elettriche utilizzate per la distribuzione dell'energia elettrica dai quadri agli utilizzatori, dovranno essere conformi a quanto di seguito indicato.

6.4 Tensione di isolamento

I cavi utilizzati nei sistemi di prima categoria (per l'alimentazione di tutti gli utilizzatori) dovranno essere adatti a tensione nominale verso terra e tensione nominale (U_o/U) non inferiori a 450/750V (tipo N07G9-K / FM9) e ove necessario a doppio isolamento con tensione nominale (U_o/U) non inferiore a 0.6/1 kV (tipi FG7(O)M1, FG7(O)R 0.6/1kV).

Per i circuiti pertinenti apparati da cui dipende la sicurezza delle persone (centrale rivelazione incendi, elettro serrature, apparati TVCC, e similari) sono stati adottati cavi del tipo resistente al fuoco tipo FTG10(O)M.

6.5 Colori distintivi dei cavi

I conduttori impiegati nella esecuzione degli impianti dovranno essere contraddistinti dalle colorazioni previste dalle vigenti tabelle di unificazione CEI-UNEL 00722 e 00712. In particolare i conduttori di neutro e protezione dovranno essere contraddistinti rispettivamente ed esclusivamente con il colore blu chiaro e con il bicolore giallo-verde. Per quanto riguarda i conduttori di fase, saranno contraddistinti in modo univoco per tutto l'impianto dai colori: nero, grigio.

6.6 Prescrizioni generali per la posa delle linee in cavo

Nelle installazioni fisse, ove esistono rischi di danneggiamento dovuti a sollecitazioni meccaniche (fino ad un'altezza di 2,5 m) i cavi devono essere opportunamente protetti, inoltre la posa deve avvenire in modo da non dar luogo a sforzi di trazione permanenti, inoltre durante le operazioni di tiro il cavo non deve ruotare sul proprio asse ed il raggio di curvatura non deve

essere inferiore a quanto indicato sul catalogo del costruttore.

Per varie tipologie di posa devono essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- i tubi, i condotti ed i canali porta-cavi devono avere un diametro superiore a 1,3 volte il diametro del cavo o fascio di cavi;
- i cavi nei cunicoli, a soffitto, a parete, su passerelle o supporti distanziati devono essere provvisti di guaina protettiva;
- cavi interrati devono essere muniti di guaina protettiva e di una protezione meccanica supplementare adatta a sopportare le prevedibili sollecitazioni meccaniche esterne.

6.7 SEZIONE DEI CONDUTTORI

6.7.1 Sezioni minime conduttori di fase e cadute di tensione massime ammesse

Le sezioni dei conduttori relativi a tutte le linee dell'impianto in questione sono state calcolate in funzione della potenza impegnata e dalla lunghezza dei circuiti affinché la caduta di tensione non superi il valore del 4% della tensione a vuoto per circuiti di FM e per circuiti di illuminazione. I valori di c.d.t. espressi nelle relazioni di calcolo si riferiscono agli assorbimenti di punta.

I cavi da impiegare in fase installativa risultano dimensionati e scelti fra le sezioni unificate.

6.7.2 Sezione minima dei conduttori neutri

La sezione dei conduttori è stata dimensionata in modo da non risultare inferiore a quella dei corrispondenti conduttori di fase fino alla sezione nominale di 16 mm², oltre i 25 mm² per carichi equilibrati i conduttori di neutro sono stati ridotti alla metà del conduttore di fase.

6.7.3 Sezione dei conduttori di terra e protezione

La sezione dei conduttori di terra e di protezione, cioè dei conduttori che collegano all'impianto di terra le parti da proteggere contro i contatti indiretti, non dovrà essere inferiore alla sezione del conduttore di fase per sezioni fino a 16 mm² e inferiori alla metà della sezione del conduttore di fase per sezioni > a 25 mm².

6.8 Scelta del tipo di cavi elettrici

Nella scelta del tipo di cavo da impiegare per l'esecuzione degli impianti nei locali di cui all'oggetto è stata rispettata la tabella di seguito indicata.

SIGLA DI DESIGNAZIONE	LIVELLO DI ISOLAMENTO	RISPONDENZA NORMATIVA
FR2OHH2R 450/750	450/750 V	CEI 20-52 CEI 20-22II
FM9	450/750 V	IMQ-CPT-035 CEI 20-22III
N07 V-K	450/750 V	CEI 20-35 CEI 20-22II
N07G9-K	450/750 V	CEI-20-38, 20-22II

FG7(O)R 0.6/1kV	0.6/1 kV	CEI-20-11, 20-13, 20-34
FG7(O)M1 0.6/1kV	0.6/1 kV	CEI-20-11, 20-13, 20-22III
FTG10(O)M1 0.6/1kV	0.6/1 kV	RF31-22, CEI 20-22III, 20-45

I conduttori evidenziati con il colore verde sono del tipo "ecologico" a ridotta emissione di gas tossici e corrosivi; essi sono stati adottati in tutte le aree interne del penitenziario.

I conduttori di terra e di protezione saranno del tipo N07G9-K, colore giallo / verde.

Premesso che la tensione di isolamento è stata scelta in relazione a quella nominale di esercizio, la sezione del cavo è stata scelta in funzione della corrente nominale del carico alimentato, tenendo conto di due fattori:

- il riscaldamento del cavo per effetto Joule;
- la caduta di tensione nel cavo stesso.

La portata termica in corrente di un cavo dipende, dalle condizioni di installazione, dal numero di cavi che percorrono lo stesso tubo o canaletta, dalla temperatura ambiente e dalla possibilità di circolazione d'aria. Per determinare la portata del cavo, è stato utilizzato un software specifico, che utilizza come metodo di calcolo le prescrizioni riportate nella pubblicazione IEC N.448 ed IEC 364-5-523.

La caduta di tensione, in funzione della corrente che percorre il cavo, dipende dalla resistenza R_L e dalla reattanza X_L , la resistenza dipende unicamente dalla composizione del cavo, la reattanza risente notevolmente della disposizione dei cavi. La Norma CEI 64-8 VII edizione fissa la caduta di tensione massima ammissibile al 4%, per cui le sezioni dei conduttori relativi a tutte le linee dell'impianto in questione sono state calcolate in funzione di tale parametro. Per i circuiti destinati all'alimentazione dei corpi illuminanti si è adottato il valore 3% come caduta di tensione massima ammissibile.

I cavi impiegati nella progettazione risultano dimensionati e scelti fra le sezioni unificate, inoltre la sezione dei conduttori di neutro è stata dimensionata in modo da non risultare inferiore a quella dei corrispondenti conduttori di fase fino alla sezione nominale di 16 mm².

Tipo di conduttura		Uso del circuito	Conduttore	
			Materiale	Sezione (mm ²)
Installazioni fisse	Cavi	Circuiti di potenza	Cu	1,5
			Al	2,5 ⁽¹⁾
		Circuiti di comando e di segnalazione	Cu	0,5 ⁽²⁾
	Conduttori nudi	Circuiti di potenza	Cu	10
			Al	16
		Circuiti di comando e di segnalazione	Cu	4
Connessioni flessibili con cavi (con e senza guaina)		Per un apparecchio utilizzatore specifico	Cu	Norma CEI
		Per qualsiasi altra applicazione		0,75 ⁽³⁾
		Circuiti a bassissima tensione per applicazioni speciali		0,75

1. Si raccomanda che i mezzi di connessione usati alle estremità dei conduttori di alluminio siano provati ed approvati per questo uso specifico.

2. Nei circuiti di segnalazione e di comando destinati ad apparecchiature elettroniche è ammessa una sezione minima di 0,1mm².

3. Per i cavi flessibili multipolari, che contengano sette o più anime, si applica la Nota 2.

6.9 CALCOLI ELETTRICI – DIMENSIONAMENTO IMPIANTO

6.9.1 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:

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

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

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

La potenza di dimensionamento P_d è data dal prodotto:

$$P_d = P_n \cdot \text{coeff}$$

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 (ΣP_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 (ΣQ_d a valle).

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

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

6.9.2 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:

$$\begin{aligned} a) \quad & I_b \leq I_n \leq I_z \\ b) \quad & I_f \leq 1.45 \cdot I_z \end{aligned}$$

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.

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.

6.9.3 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

6.9.4 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 16 mm² 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 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:

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

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.

6.9.5 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 (mm²);

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 mm² se è prevista una protezione meccanica;

4 mm² 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.

6.9.6 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:

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

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

esprese 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.

6.9.7 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.

6.9.8 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 (dissimmetrico);
- guasto fase terra (dissimmetrico);
- guasto fase neutro (dissimmetrico).

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.

6.9.9 Calcolo delle correnti massime di cortocircuito

Il calcolo è condotto nelle seguenti condizioni:

- a) tensione di alimentazione nominale valutata con fattore di tensione Cmax;
- 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, 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:

$$\begin{aligned} R_{0cavoNeutro} &= R_{dcavo} + 3 \cdot R_{dcavoNeutro} \\ X_{0cavoNeutro} &= 3 \cdot X_{dcavo} \end{aligned}$$

Per il conduttore di protezione, invece, si ottiene:

$$\begin{aligned} R_{0cavoPE} &= R_{dcavo} + 3 \cdot R_{dcavoPE} \\ X_{0cavoPE} &= 3 \cdot X_{dcavo} \end{aligned}$$

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:

$$\begin{aligned} R_{0sbarraNeutro} &= R_{dsbarra} + 3 \cdot R_{dsbarraNeutro} \\ X_{0sbarraNeutro} &= 3 \cdot X_{dsbarra} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} R_{0sbarraPE} &= R_{dsbarra} \\ X_{0sbarraPE} &= 2 \cdot X_{anello_guasto} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} R_d &= R_{dcavo} + R_{dmonte} \\ X_d &= X_{dcavo} \\ &+ X_{dmonte} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
R_{0Neutro} &= R_{0cavoNeutro} \\
&+ R_{0monteNeutro} \quad X_{0Neutro} = X \\
&_{0cavoNeutro} + X_{0monteNeutro} \quad R_{0PE} \\
&= R_{0cavoPE} + R_{0montePE} \\
X_{0PE} &= X_{0cavoPE} + X_{0montePE}
\end{aligned}$$

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 m Ω) di guasto trifase:

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

Fase neutro (se il neutro è distribuito):

$$Z_{k1Neutr\ominus\min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0Neutro})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0Neutro})^2}$$

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 $I_{k1Neutr\ominus\max}$, fase terra $I_{k1PE\max}$ e bifase $I_{k2\max}$ espresse in kA:

$$\begin{aligned}
I_{k\max} &= \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k\min}} \\
I_{k1Neutr\ominus\max} &= \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1Neutr\ominus\min}} \\
I_{k1PE\max} &= \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PE\min}} \\
I_{k2\max} &= \frac{V_n}{2 \cdot Z_{k\min}}
\end{aligned}$$

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

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

$$I_{p1Neutro} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1Neutro \max}$$

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

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

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

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).

6.9.10 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 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 Ik1min e fase terra, espresse in kA:

$$I_{k\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k\max}}$$

$$I_{k1Neutr\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1Neutr\max}}$$

$$I_{k1PE\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PE\max}}$$

$$I_{k2\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{2 \cdot Z_{k\max}}$$

6.9.11 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:

- Le intersezioni sono due:

$I_{ccmin} \leq I_{inters \ min}$ (quest'ultima riportata nella norma come Ia);

$I_{ccmax} \leq I_{inters \ max}$ (quest'ultima riportata nella norma come Ib).

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

$I_{ccmin} \leq I_{inters \ min}$.

- 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.

6.9.12 Misure di protezione contro i contatti diretti

La protezione contro i soli contatti diretti può essere ottenuta mediante le seguenti misure:

1. Misure di protezione totali.
2. Misure di protezione parziali, che evitano il contatto diretto con parti in tensione (protezione passiva).
3. Misure di protezione addizionali mediante dispositivi a sovracorrente o a corrente differenziale (protezione attiva).

6.9.13 Misure di protezione totali

Destinate alla protezione di personale non addestrato e applicabili in tutte le condizioni di influenze esterne, si ottengono:

- Mediante isolamento delle parti attive
- Devono essere rispettate le seguenti prescrizioni:
 - parti attive ricoperte completamente con isolamento che può essere rimosso solo a mezzo di distruzione;
 - altri componenti elettrici devono essere provvisti di isolamento resistente alle azioni meccaniche, chimiche, elettriche e termiche alle quali può essere soggetto nell'esercizio.
- Mediante involucri o barriere
- Devono essere rispettate le seguenti prescrizioni:
 - parti attive contenute entro involucri o dietro barriere con grado di protezione almeno IPXXB;
 - superfici orizzontali delle barriere o involucri a portata di mano, con grado di protezione almeno IPXXD;
 - involucri o barriere saldamente fissati in modo da garantire, nelle condizioni di servizio prevedibili, la protezione nel tempo;
 - barriere o involucri devono poter essere rimossi o aperti solo con l'uso di una chiave o di un attrezzo speciale;
 - il ripristino dell'alimentazione deve essere possibile solo dopo sostituzione o richiusura delle barriere o degli involucri.

6.9.14 Misure di protezione parziali

Destinate unicamente a personale addestrato (CEI 64-8/4 art.12.3-412.4) (protezione passiva).

Mediante ostacoli o distanziamento

Impedisce solo il contatto non intenzionale con le parti attive, applicate in pratica solo nelle

officine elettriche.

Devono essere rispettate le seguenti prescrizioni:

Ostacoli

Devono impedire:

l'avvicinamento non intenzionale del corpo a parti attive;

il contatto non intenzionale con parti attive durante lavori sotto tensione nel funzionamento ordinario.

Gli ostacoli possono essere rimossi senza una chiave o un attrezzo speciale, ma devono essere fissati in modo da impedirne la rimozione accidentale.

Distanziamento

Il distanziamento delle parti simultaneamente accessibili deve essere tale che esse non risultino a portata di mano.

La zona a portata di mano inizia dall'ostacolo (per es. parapetti o rete grigliata) che abbia un grado di protezione < IPXXB.

Misura di protezione aggiuntiva mediante interruttori differenziali con $I_{dn} \leq 30 \text{ mA}$ (CEI 64-8/412.5) (protezione attiva, mediante interruzione automatica del circuito).

L'uso di dispositivi differenziali con $I_{dn} \leq 30 \text{ mA}$ pur eliminando gran parte dei rischi dovuti ai contatti diretti non è riconosciuta quale elemento unico di protezione completa e richiede comunque l'abbinamento con una delle misure di protezione di cui ai precedenti punti.

Tutti gli impianti saranno realizzati nel pieno rispetto delle indicazioni sopra esposte.

6.9.15 Protezione contro i contatti indiretti

La protezione contro i contatti indiretti risulta fondamentale per la sicurezza sia dei beni che delle persone utenti dell'impianto elettrico. I sistemi di protezione contro i contatti indiretti hanno la funzione di impedire, in caso di guasto verso terra, che la tensione di contatto assuma valori pericolosi.

INTERRUZIONE DEL CIRCUITO DI GUASTO ATTRAVERSO INTERRUITORI AUTOMATICI

Gli involucri, le barriere e le canalizzazioni conduttrici (dette genericamente masse) posti a protezione dai contatti diretti, in caso di cedimento degli isolamenti potrebbero andare in tensione, con grave pericolo per chi si trovasse a contatto, perciò sono state adottate protezioni adeguate contro questi pericoli. I sistemi di distribuzione dell'energia elettrica, in riferimento al collegamento di messa a terra, vengono classificate con sigle costituite da gruppi di lettere che assumono i seguenti significati:

- prima lettera

tipo del sistema elettrico di alimentazione con riferimento alla terra:

- T collegamento diretto di un punto a terra (conduttore di neutro);
- I parti attive isolate da terra, oppure un punto del sistema (neutro) collegato a terra attraverso impedenza.

- seconda lettera

situazione delle parti conduttrici (carcasce metalliche degli utilizzatori) con riferimento alla terra:

- T collegamento delle parti conduttrici a terra;
- N collegamento elettrico delle parti conduttrici al punto di messa a terra del sistema di alimentazione.

- lettere successive

disposizione dei conduttori di neutro (N) e di protezione (PE):

- S conduttore neutro e conduttore di protezione con funzioni separate;
- C conduttore neutro e conduttore di protezione in un unico conduttore che assume in questo caso la sigla PEN.

Il tipo di impianto in oggetto come già accennato precedentemente è un TN; sono stati in ogni caso impiegati interruttori differenziali ad alta sensibilità (30mA) su tutti i circuiti terminali quale misura di protezione aggiuntiva contro i contatti indiretti.

7. QUADRI ELETTRICI

I quadri elettrici dovranno essere costruiti con materiali atti a resistere alle sollecitazioni meccaniche, elettriche e termiche, nonché agli effetti dell'umidità che possono verificarsi in servizio normale. Gli apparecchi ed i circuiti dovranno essere disposti in modo da mantenere le distanze di isolamento adeguate, da assicurare il loro funzionamento e da facilitare la manutenzione con il necessario grado di sicurezza.

Sul quadro elettrico generale, sono stati previsti multimetri digitali. Il multimetro consente la lettura su display di grandezze elettriche quali: tensioni di fase e concatenate, correnti di linea, $\cos\phi$, potenza attiva e reattiva, frequenza.

I quadri dovranno trasferire l'energia elettrica ai quadri di zona previsti e necessari al funzionamento degli impianti considerati e alla protezione dei circuiti terminali di utilizzazione.

Per agevolare le azioni di manutenzione e per facilitare l'approvvigionamento delle parti di rispetto, le apparecchiature dovranno rispettare nella loro realizzazione criteri di

omogeneità nella scelta dei dispositivi di protezione, delle carpenterie metalliche e, in generale, della componentistica.

In particolare, tutti i quadri elettrici saranno del tipo in carpenteria metallica componibile, con sportello in cristallo, generalmente con appoggio a pavimento e fissati a parete.

Il quadro di smistamento e tutti gli altri sottoquadri da esso asserviti saranno alimentati con linea normale, linea emergenza e in sicurezza pertanto saranno previste delle segregazioni interne.

8. IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE NORMALE E DI EMERGENZA

L'impianto d'illuminazione, redatto sulla scorta delle grandezze fotometriche fondamentali e dei principi base di illuminotecnica, garantisce i livelli d'illuminamento previsti dalle citate norme UNI EN 12 464-1, per gli ambienti interni, e UNI EN 12 464-2, per gli ambienti esterni, con riferimento al tipo di attività svolta all'interno dei vari locali della struttura.

L'impianto di illuminazione sarà conforme a quanto richiesto dalla normativa vigente.

I corpi illuminanti hanno le seguenti caratteristiche costruttive:

- grado di protezione dell'armatura richiesto dall'ambiente;
- temperatura di colore e resa cromatica delle lampade, stabilite dalle Tabelle UNI in funzione dell'attività da svolgere;
- tipo di curva fotometrica, in relazione alla forma geometrica dei locali e alle esigenze d'illuminazione;
- efficienza luminosa, in funzione del tempo di funzionamento;
- avviamento istantaneo o ritardato, in dipendenza del tipo di attività;
- forma e tipo di armatura, in funzione del tipo e delle dimensioni dell'ambiente di installazione.

Scelto il tipo di lampada e di armatura più idonei per un dato ambiente, occorre determinarne il numero e la potenza necessari per ottenere l'illuminamento e l'uniformità d'illuminamento richiesti.

I valori ottenuti tengono in considerazione:

- l'insudiciamento o l'annerimento del corpo illuminante definendo il coefficiente di manutenzione (da 0,70 a 0,90).
- altezza del locale
- qualità delle pareti
- caratteristica specifica della sorgente luminosa

Gli impianti di illuminazione saranno suddivisi in sezioni normale ed emergenza ed avranno origine dal quadro di zona (piano primo).

Sono previste plafoniere da incasso di tipo a led con ottica dark-light.

I nuovi corpi illuminanti garantiranno un illuminamento medio pari a 500 lux a 0,8 m dal pavimento, indipendentemente dall'apporto luminoso proveniente dall'esterno.

Nei locali tecnici le plafoniere avranno grado di protezione minimo IP55, avranno schermo in polycarbonato autoestinguente e saranno idonee per montaggio a soffitto.

Tramite l'ausilio del software di calcolo illuminotecnico "DiaLux", sono stati valutati gli illuminamenti delle diverse aree (vedere allegato in relazioni di calcolo).

Di seguito si riportano le principali caratteristiche dei corpi illuminanti previsti nel fabbricato:

- **Corpi illuminanti ad incasso a controsoffitto a LED (UFFICI PIANO PRIMO)**



Pannello quadrato, inseribile a plafone, dotato di connessione rapida senza necessità di apertura dell'apparecchio. La forma garantisce una distribuzione uniforme della luce, i LED bianchi generano un'illuminazione di alta qualità, assicurando il massimo comfort visivo.

Corpo e cornice: In lamiera di acciaio stampato, montaggio in appoggio sui traversini.

Diffusore: in tecnopolimero opale ad alta trasmittanza.

Cablaggio: rapido, non è necessario aprire l'apparecchio

LED: Fattore di potenza: $\geq 0,95$.

Mantenimento del flusso luminoso al 80%: 50.000h (L80B20)

Classificazione rischio fotobiologico: Gruppo esente.

Dimensioni (LPxH): 614 (596)x614 (596)x82mm

Peso: 4,12 kg

Potenza: LED white 32W

Lampade: 5400lm, 4000K-CRI 80

Colore: Bianco

- **Plafoniere di emergenza S.E. IP65 – 18W**



CORPO: Stampato ad iniezione, in polycarbonato grigio RAL7035, infrangibile ed autoestinguente V2, stabilizzato ai raggi UV, di elevata resistenza meccanica grazie alla struttura rinforzata da nervature interne.

DIFFUSORE: Stampato ad iniezione in polycarbonato trasparente autoestinguente V2, di estrema flessibilità e resistenza, con prismature longitudinali e microsatina interna per un migliore controllo dell'abbagliamento ed un elevato rendimento luminoso. La finitura liscia esterna facilita l'operazione di pulizia, necessaria per avere sempre la massima efficienza luminosa.

RIFLETTORE: In polycarbonato colore bianco.

PORTALAMPADA: In polycarbonato bianco e contatti in bronzo fosforoso.

CABLAGGIO: Alimentazione 230V/50Hz, con reattore elettronico. Cavetto rigido sezione 0.50 mm² rivestito con PVC-HT resistente a 90°C, secondo le norme CEI 20-20. Morsettiera 2P con massima sezione ammessa dei conduttori 2.5 mm².

EQUIPAGGIAMENTO: Passacavi in gomma diam 1/2 pollice gas. Guarnizione in materiale ecologico di poliuretano espanso. Led di ispezione di serie.

NORMATIVA: Prodotti in conformità alle vigenti norme EN60598-1 CEI 34-21, grado di protezione IP65IK08 secondo le EN 60529. Installabile su superfici normalmente infiammabili. Ha ottenuto la certificazione di conformità europea ENEC. Resistente alla prova del filo incandescente per 850°C.

EMERGENZA S.E. (solo emergenza): In caso di "black-out" la lampada collegata al circuito in emergenza si accende, evitando così inconvenienti dovuti all'improvvisa mancanza di illuminazione. L'autonomia è di 180 min. Al ritorno della tensione la batteria si ricarica automaticamente in 12 ore.

Pannello quadrato, inseribile.

Dotata di autodiagnosi.

- **Lampada con cartello segnalatore in EMERGENZA (UFFICI PIANO PRIMO)**



CORPO: In polycarbonato grigio RAL 7035, infrangibile, ed autoestinguente V2, stabilizzato ai raggi UV, antingiallimento.

DIFFUSORE: In polycarbonato trasparente, infrangibile, ed autoestinguente V2, stabilizzato ai raggi UV, antingiallimento. Rotazione tra 0° e 330°.

PORTALAMPADA: In polycarbonato bianco e contatti in bronzo fosforoso. Attacco 2G7.

CABLAGGIO: Alimentazione 230V/50 Hz con gruppo autonomo di emergenza. Cavetto rigido sezione 0.50 mm² e guaina in PVC-HT resistente a 90°C secondo le norme CEI 20-20. Morsettiera 2P+T in polycarbonato e con massima sezione dei conduttori ammessa 2.5 mm².

EQUIPAGGIAMENTO: Completo di cornice in polycarbonato bianco, infrangibile ed autoestinguente V2.

DOTAZIONE: Pittogrammi autoadesivi disponibili.

MONTAGGIO: A parete o a plafone.

NORMATIVA: Prodotti in conformità alle vigenti norme EN60598-1 - CEI 34-21, sono protette con il grado IP40IK07 secondo le raccomandazioni IEC fascicolo 529. Installabili su superfici normalmente infiammabili

VERSIONE IN EMERGENZA: In caso di "black-out" una sola lampada collegata al circuito in emergenza rimane accesa, evitando così dovuti all'improvvisa mancanza di illuminazione. L'autonomia è di 60 min. Al ritorno della tensione la batteria si ricarica automaticamente.

- **Lampada a plafone IP65 – 100W (WC)**

CORPO: In polycarbonato infrangibile ed autoestinguente, colore grigio RAL7035, stabilizzato ai raggi UV, antingiallimento.

DIFFUSORE: In polycarbonato trasparente, internamente satinato antiabbagliamento,

infrangibile ed autoestinguente V2, stabilizzato ai raggi UV, liscio esternamente antipolvere.

RIFLETTORE: In colore bianco riflettente.

PORTALAMPADA: In polycarbonato e contatti in bronzo fosforoso. Attacco G10q.

CABLAGGIO: Alimentazione 230V/50Hz. Cavetto rigido sezione 0.50 mm², guaina di PVC-HT resistente a 90°C secondo le norme CEI 20-20. Morsettiera 2P+T con massima sezione dei conduttori ammessa 2.5 mm².

NORMATIVA: Prodotte in conformità alle vigenti norme EN60598-1 CEI 34-21, sono protette con il grado IP65IK08, secondo le EN60529. Hanno la certificazione di conformità Europea ENEC. Installabili su superfici normalmente infiammabili. In classe doppio isolamento.

VERSIONE IN EMERGENZA: In caso di "black-out" una sola lampada collegata al circuito in emergenza rimane accesa, evitando così dovuti all'improvvisa mancanza di illuminazione. L'autonomia è di 60 min. Al ritorno della tensione la batteria si ricarica automaticamente.

- **Plafoniera stagna IP65 2x36W (Centrale termica)**

CORPO: Stampato ad iniezione, in polycarbonato grigio RAL7035, infrangibile ed autoestinguente V2, di elevata resistenza meccanica grazie alla struttura rinforzata da nervature interne.

DIFFUSORE: Stampato ad iniezione in polycarbonato trasparente prismaticizzato internamente per un maggior controllo luminoso, autoestinguente V2, stabilizzato ai raggi UV. La finitura liscia esterna facilita l'operazione di pulizia, necessaria per avere sempre la massima efficienza luminosa.

RIFLETTORE: In acciaio laminato a freddo, zincato a caldo antifessurazione, rivestimento con fondo di primer epossidico 7/8 micron, verniciatura stabilizzata ai raggi UV antingiallimento in poliestere lucido colore bianco, spessore 20 micron.

PORTALAMPADA: In polycarbonato bianco e contatti in bronzo fosforoso. Attacco G5.

CABLAGGIO: Alimentazione 230V/50Hz, con reattore elettronico. Cavetto rigido sezione 0.50 mm² rivestito con PVC-HT resistente a 90°C, secondo le norme CEI 20-20. Morsettiera 2P+T con portafusibile, massima sezione ammessa dei conduttori 2.5 mm².

EQUIPAGGIAMENTO: Fusibile di protezione 3.15A. Pressacavo in nylon f.v. diam 1/2 pollice gas. Guarnizione in materiale ecologico di poliuretano espanso. Ganci di bloccaggio in nylon f.v. Predisposizione al serraggio con viti in acciaio.

NORMATIVA: Prodotti in conformità alle vigenti norme EN 60598-1 CEI 34-21, grado di protezione IP66IK08 secondo le EN 60529. Installabile su superfici normalmente infiammabili. Ha ottenuto la certificazione di conformità europea ENEC. Resistente alla prova del filo incandescente per 850°C.

9. Coesistenza impianti

L'impianto di distribuzione luce e forza motrice 230/400V, dovrà usufruire di tubazioni e scatole fisicamente separati da eventuali altri impianti.

In particolare avranno canalizzazioni fisicamente separate e dedicate:

- l'impianto di illuminazione e forza motrice
- eventuale impianto trasmissione dati, fonia e rilevazione incendi.

10. Verifiche

Prima della consegna e della messa in servizio dell'impianto elettrico, l'installatore deve eseguire tutte le verifiche necessarie per accertare la rispondenza alle norme stesse.

Le verifiche che l'installatore è tenuto ad effettuare devono essere eseguite secondo le indicazioni contenute nella norma CEI 64-8/6, e si suddividono in:

- esame a vista;
- prove.

Per esame a vista si intende l'esame dell'impianto elettrico per accertare che sia stato realizzato correttamente senza l'effettuazione di prove strumentali.

Alcuni esami a vista possono essere convenientemente condotti durante la costruzione dell'impianto.

In allegato alla dichiarazione di conformità, oltre agli allegati obbligatori previsti, l'installatore deve fornire un rapporto di verifica dove sono indicati gli esami a vista, le prove effettuate ed i risultati.

Il rapporto di verifica deve essere completato con l'ubicazione dell'impianto, le generalità del proprietario, del committente e dell'installatore, nonché la data nella quale sono state eseguite le prove.

Si elenca a seguito una lista delle verifiche obbligatorie secondo la norma CEI 64-8/6:

ESAME A VISTA:

- 1) protezione dai contatti diretti (art. 611.3a);
- 2) scelta delle condutture, portata e caduta di tensione (art. 611.3c);
- 3) scelta e taratura dei dispositivi di protezione (art. 611.3 d);
- 4) corretta installazione dei dispositivi di sezionamento e comando (art. 611.3 e);
- 5) identificazione dei conduttori di neutro (N) e di protezione (PE) (art. 611.3 g);
- 6) idoneità dei componenti elettrici e delle misure di protezione in relazione alle

- condizioni ambientali (art. 611.3 f);
- 7) schemi elettrici (art. 611.3 h);
- 8) identificazione dei circuiti (art. 611.3 i);
- 9) idoneità delle connessioni (art. 611.3 l);
- 10) accessibilità all'impianto per manutenzione (art. 611.3 m);

PROVE:

- 9) continuità conduttori PE ed equipotenzializzazione (art. 612.2);
- 10) resistenza d'isolamento (art. 612.3);
- 11) verifica protezione per separazione elettrica (art. 612.4.3);
- 12) verifica circuiti SELV (art. 612.4.1);
- 13) prove intervento interruttori differenziali (art. 612.6.1 b);
- 14) prova di polarità, verificare che nei circuiti fase-neutro l'interruttore unipolare sia inserito sul conduttore di fase (art. 612.6.1);
- 15) prove di funzionamento (art. 612.9);
- 16) misura della resistenza di terra (art. 612.6.2).

Il committente ha la facoltà di incaricare un professionista abilitato per la verifica finale degli impianti dal punto di vista della sicurezza e/o prestazionale, ma questo non esonera l'installatore dall'effettuare le verifiche obbligatorie per legge.