



COMUNE DI MORLUPO
Città Metropolitana di Roma Capitale

Piazza del Municipio, 1
00067 Morlupo – Roma

Oggetto:

LAVORI DI COMPLETAMENTO DEL PARCHEGGIO MULTIPIANO IN VIA DELLA
FONTANA CON COLLEGAMENTO CON PIAZZA A. DIAZ

PROGETTO ESECUTIVO

Committente:

Comune di Morlupo Codice Fiscale: 02591110586 – Partita Iva: 01083431005

Elaborato: [R02- Relazione Specialistica Impianto Elettrico](#)



Data:

14 luglio 2017



Il Tecnico:

Dott. Ing. Giovanni Curcuruto– C.F. CRCGNN49C07F158F
+39 336/822908 info@studiocurcuruto.com

INDICE



RELAZIONE DESCRITTIVA	3
1 OGGETTO	3
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3 CONSISTENZA DELLE OPERE	6
4 DATI TECNICI DI RIFERIMENTO	7
5 QUADRO GENERALE QEG	8
6 QUADRO ARRIVO LINEA	10
7 PRESCRIZIONI RIGUARDANTI I CIRCUITI	ERRORE. IL SEGNA LIBRO NON È DEFINITO
7.1 REGOLAMENTO CPR	ERRORE. IL SEGNA LIBRO NON È DEFINITO.
7.2 NOTA	ERRORE. IL SEGNA LIBRO NON È DEFINITO.
8 DISTRIBUZIONE DORSALE E TERMINALE	10
9 LINEE ELETTRICHE DORSALI E TERMINALI	11
10 IMPIANTO DI TERRA	12
11 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE	12
12 IMPIANTO DI FORZA MOTRICE	13
13 PREDISPOSIZIONE IMPIANTO TELEFONICO	13
14 NORME TECNICHE RIGUARDANTI L'ESECUZIONE, I COLLAUDI E LA CONSEGNA DELLE OPERE	14
15 CALCOLI ELETTRICI PER IL DIMENSIONAMENTO DELLA RETE ELETTRICA	16
15.1 CALCOLO DELLE CORRENTI DI IMPIEGO	16
15.2 DIMENSIONAMENTO DEI CAVI	18
15.3 INTEGRALE DI JOULE	20
15.4 CADUTE DI TENSIONE	22
15.5 DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI NEUTRO	22
15.6 DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI PROTEZIONE	24
15.7 CALCOLO DELLA TEMPERATURA DEI CAVI	24
15.8 FORNITURA DELLA RETE	25

15.9 BASSA TENSIONE	25
15.10 CALCOLO DEI GUASTI	27
15.11 CALCOLO DELLE CORRENTI MASSIME DI CORTOCIRCUITO	27
15.12 CALCOLO DELLE CORRENTI MINIME DI CORTOCIRCUITO	30
15.13 SCELTA DELLE PROTEZIONI	31
15.14 VERIFICA DI SELETTIVITÀ	31
15.15 VERIFICA DELLA PROTEZIONE A CORTOCIRCUITO DELLE CONDUTTURE ...	33
15.16 MASSIMA LUNGHEZZA PROTETTA	33
LEGENDA VARIABILI ELETTRICHE	34

RELAZIONE DESCRITTIVA



1 OGGETTO

La presente relazione ha per oggetto la realizzazione degli impianti elettrici come di seguito descritti con la fornitura in opera dei materiali, le modalità di installazione, nonché le piccole opere e quanto altro necessario per il completamento del parcheggio multipiano di Via della Fontana in Morlupo.

Il progetto comprende i seguenti impianti da realizzare:

- impianto di illuminazione ordinaria e di emergenza;
- impianto di forza motrice;
- distribuzione dorsale e terminale impianto di illuminazione;
- predisposizione impianto telefonico.

L'impianto elettrico sarà derivato un quadro elettrico generale QEG ubicato all'interno del locale adibito a sala d'attesa nella posizione indicata negli elaborati grafici di progetto; l'alimentazione elettrica di tale quadro sarà derivata dal contatore ubicato nell'apposito vano posto nella zona condominiale in cui sono ubicati anche i restanti contatori dell'edificio.

All'interno del quadro elettrico generale QEG saranno contenuti gli interruttori automatici e differenziali a protezione delle linee elettriche dorsali e terminali.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Gli impianti elettrici oggetto di progetto saranno realizzati secondo la regola dell'arte sia per modalità di installazione che per qualità e caratteristiche dei materiali e delle apparecchiature.

In particolare gli impianti dovranno essere realizzati in conformità ai seguenti articoli di legge.

Impostazione e criteri generali di progettazione

DPR 547/55	Prevenzione infortuni sul lavoro
DLgs	Testo Unico Sicurezza
Legge 186/68	Obbligo dell'esecuzione a regola d'arte degli impianti (CEI)
DM 37/08	Norme per la sicurezza degli impianti
Legge 791/77	Responsabilità del costruttore
DPR 224/88	Responsabilità del costruttore

Per le caratteristiche generali dell'impianto:

CEI 11-1	Impianti di produzione di energia elettrica Norme generali
CEI 64-8	Impianti elettrici utilizzatori per tensioni non superiori a 1000 V
CEI 70-1	Gradi di protezione degli involucri (Codice IP)

Per i materiali conduttori:

CEI 7-6	Zincatura a caldo per immersione su elementi di materiale ferroso
---------	---

Per i cavi energia B.T.:

CEI 20-21	Calcolo delle portate dei cavi elettrici in regime permanente
CEI 20-22	Prova dei cavi non propaganti l'incendio
CEI 20-36	Prova di resistenza al fuoco dei cavi elettrici
CPR	CPR - dell'art.2 comma 1. Il Regolamento Prodotti da Costruzione (i requisiti base e le caratteristiche essenziali armonizzate che tutti i prodotti progettati per essere installati in modo permanente nelle opere di ingegneria civile)

Per le grosse apparecchiature

CEI 17-5	Apparecchiature a bassa tensione. Interruttori automatici
CEI 17-11	Interruttori di manovra, sezionatori per tensioni inferiori a 1000 V
CEI 17-13	Apparecchiature costruite in fabbrica (quadri elettrici)
CEI 17-50	Apparecchiature B.T.. Contattori e avviatori elettromeccanici

Per le altre apparecchiature a bassa tensione

CEI 23-3	Interruttori automatici e sovracorrente per usi domestici e simili
CEI 23-5	Prese a spina per usi domestici e simili
CEI 23-8	Tubi protettivi in PVC e loro accessori
CEI 23-9	Apparecchi di comando non automatici (interruttori) fissi
CEI 23-12	Prese a spina per usi industriali
CEI 23-14	Tubi protettivi flessibili in PVC e loro accessori
CEI 23-16	Prese a spira di tipi complementari per usi domestici e simili
CEI 23-18	Interruttori differenziali per usi domestici e simili
CEI 23-19	Canali portacavi in materiale plastico e accessori ad uso battiscopa
CEI 23-28	Tubi per le installazioni elettriche. Tubi metallici
CEI 23-32	Sistemi di canali in materiale plastico isolante per soffitto e parete

Per le apparecchiature di illuminazione:

CEI 34-21	Apparecchi di illuminazione. Prescrizioni generali e prove
CEI 34-22	Apparecchi di illuminazione. Apparecchi di emergenza

Per gli impianti di terra:

CEI 64-8/5	Impianti elettrici utilizzatori per tensioni non superiori a 1000 V
------------	---

Raccomandazioni ASL e INAIL /ARPALAZIO;

Norme e prescrizioni della società distributrice dell'energia elettrica;

Norme e prescrizioni del Comando dei Vigili del Fuoco territorialmente competente;

Tabelle di unificazione UNI - CEI - UNEL;

Le prescrizioni dell'Istituto Italiano per il marchio di Qualità per i materiali e le apparecchiature ammesse all'ottenimento del Marchio;

Ogni altra prescrizione, regolamentazione o raccomandazione emanata da eventuali Enti ed applicabile agli impianti elettrici ed alle loro parti componenti;

Direttive CEE recepite dalla legislazione nazionale con particolare riferimento alle direttive quadro 89/391 e 92/57.

3 CONSISTENZA DELLE OPERE

Le opere oggetto del presente appalto sono di seguito sommariamente elencate:

a) Fornitura e posa in opera dei seguenti quadri elettrici:

n°1 quadro elettrico arrivo linea (QAL);

n°1 quadro elettrico generale parcheggio (QEG);

b) Fornitura e posa in opera della distribuzione dorsale e terminale dell'impianto elettrico

Fornitura e posa in opera dei tubi in PVC a vista e dei tubi ad incasso per cavi di energia

Fornitura e posa in opera della distribuzione dorsale (cavi elettrici)

Fornitura e posa in opera della distribuzione terminale (cavi elettrici)

c) Energia, Illuminazione, Prese F.M.

Fornitura e posa in opera di illuminazione ordinaria

Fornitura e posa in opera di illuminazione di emergenza

Fornitura e posa in opera di impianto di forza motrice

d) Impianto telefonico.

Fornitura e posa in opera dei tubi in PVC a vista per cavi telefonici 1CP+T

Sono da considerare incluse tutte le opere murarie di assistenza alla installazione degli impianti elettrici in oggetto ed in particolare:

- esecuzione di asolature su pareti per il passaggio di condotti;
- **ripristino REI degli attraversamenti;**
- esecuzione di staffaggi in genere per la posa di quadri e apparecchiature, fori e tracce per la posa di tubazioni e cassette;

Sarà a cura dell'Impresa installatrice l'espletamento di tutte le pratiche relative all'esecuzione delle opere di propria competenza, inoltre, a lavori ultimati l'Impresa dovrà consegnare alla Committente (salvo diverse disposizioni contrattuali) copie dei seguenti elaborati:

- 1) Dichiarazione di conformità ai sensi DM 37/08
- 2) Elenco dei materiali installati
- 3) Estratto iscrizione alla Camera di Commercio;
- 4) Progetto AS BUILT dell'impianto elettrico realizzato;

4 DATI TECNICI DI RIFERIMENTO

Condizioni di fornitura

classificazione del sistema elettrico	TT
ente fornitore dell'energia	ENEL
tensione trifase	400 V
frequenza	50 Hz
Icc presunta sul punto di consegna	10 kA (CEI 0-21)
tensione di distribuzione	230 V

Condizioni di distribuzione

classificazione del sistema elettrico	TT
tensione di distribuzione	230 V
frequenza	50 Hz

Cadute di tensione

Le sezioni dei conduttori dovranno assicurare i seguenti valori di caduta di tensione misurata a pieno carico sull'utenza più lontana dal punto di consegna dell'energia:

circuito luce	4%
circuito forza motrice	4%

Descrizione dei carichi elettrici

Per le utenze luce, forza motrice, prese di servizio si rimanda alle indicazioni contenute negli elaborati grafici di progetto e sugli schemi dei quadri elettrici.

Fattore di potenza

Per la determinazione della corrente di linea saranno previsti i seguenti fattori di potenza:

circuito luce	$\cos\varphi$ 0,9
circuito forza motrice	$\cos\varphi$ 0,9

Misure di protezione contro i contatti indiretti

E' prevista una protezione contro i contatti indiretti con l'applicazione in modo appropriato delle misure indicate mediante:

- interruzione automatica dell'alimentazione mediante interruttore differenziale;

Non sono ammesse misure di protezione parziale contro i contatti diretti mediante ostacoli e mediante distanziamenti.

Gli impianti elettrici dovranno soddisfare le seguenti prescrizioni:

- i dispositivi di protezione contro i sovraccarichi dovranno essere posti all'inizio dei circuiti;
- i componenti elettrici da installare dovranno essere limitati a quelli necessari per l'uso degli ambienti, escluse le condutture di altri circuiti, che potranno transitarvi, qualora indispensabile.

5 QUADRO GENERALE QEG

Il quadro elettrico sarà del tipo metallico da parete con grado di protezione IP55 con portelle trasparenti, dimensioni indicative L900Xh1800xP275mm e sarà costituito da vano morsettiera e vano apparecchiature.

Il quadro dovrà essere dotato di tutti gli interblocchi necessari per prevenire errate manovre che possano compromettere l'efficienza e l'affidabilità delle apparecchiature, e la sicurezza del personale addetto all'esercizio dell'impianto.

Il costruttore del quadro dovrà fornire oltre ai certificati CESI, o di analogo ente riconosciuto comprendenti le caratteristiche costruttive del quadro elettrico, anche la propria autocertificazione sul rispetto delle prescrizioni UNI per le coppie di serraggio dei bulloni utilizzati per il barraggio.

I valori di serraggio utilizzati dovranno essere forniti alla Committente per la manutenzione del quadro stesso.

Le caratteristiche tecniche dei componenti principali del quadro sono rilevabili dallo schema unifilare di progetto allegato.

Tutti gli interruttori adottati dovranno avere un potere di interruzione di corto circuito Icu non inferiore ai valori indicati sui disegni di progetto.

Il quadro e le apparecchiature installate saranno dimensionate per le seguenti caratteristiche:

- . tensione di esercizio: 400 V
- . tensione isolamento: 660 V
- . tensione di prova a frequenza industriale per 1 min:
- . circuiti di potenza: 2500 V
- circuiti ausiliari: 500 V
- . frequenza: 50 Hz
- . corrente nominale sbarre: vedi schemi allegati
- . corrente di c.to c.to nominale di sbarre, connessioni, sezionatori e strutture del quadro:
- . corrente di breve durata, per 1 s: vedi schemi allegati
- . corrente limite dinamica: vedi schemi allegati
- . tensione circuiti ausiliari: 48 Vcc
- . protezione meccanica delle parti attive:
- . esterna: IP 31 min.
- . interna: IP XXB min.
- . rispondenza alle normative:
- . quadro: CEI 17-13/1
- . interruttori: CEI 17.5/IEC947
- . punto di colore (da concordare con la Committente): RAL 7035

I quadri dovranno avere il cablaggio interno sia di potenza sia ausiliario realizzato con conduttori flessibili tipo FG17.

I cavi di cablaggio dovranno essere posati in canalette di pvc fessurate separate per circuiti di potenza e ausiliari e dimensionate con un fattore di riempimento di 0.6.

I conduttori dovranno avere una sezione minima di 1,5 mmq. per i circuiti ausiliari e 2,5 mmq. per i circuiti di potenza.

Tutti i collegamenti dei conduttori dovranno essere realizzati mediante idonei capicorda a pressione.

I conduttori di collegamento di apparecchiature installate sulle portelle (pulsanti - spie luminose - strumenti di misura ecc.) dovranno essere protetti con spirale di pvc.

Tutti i conduttori e le morsettiere dovranno essere identificati mediante targhette indelebili in materiale plastico.

Tutti i conduttori relativi al cablaggio interno e alla distribuzione in campo dovranno far capo a specifiche morsettiere.

A fianco delle morsettiere di potenza dovrà sempre essere previsto un morsetto di terra contrassegnato in modo inequivocabile.

6 QUADRO ARRIVO LINEA

Il quadro elettrico sarà del tipo PVC da parete con grado di protezione IP55 con portelle trasparenti, dimensioni indicative 12 moduli completo di interruttore di protezione linea.

7 DISTRIBUZIONE DORSALE E TERMINALE

Il sistema distributivo sarà costituito da:

- tubi in PVC posati a parete/soffitto per la posa dei cavi elettrici terminali e dorsali;
- tubi in PVC flessibile corrugato flex posato a vista per la posa dei cavi elettrici terminali e dorsali;

- cavidotti in PVC pesante per il percorso delle linee principale (quadri elettrici);
- tubi metallici per il passaggio dei cavi per l'alimentazione dei lampioni esterni al piano quota + 7,00;

Tutte le tubazioni ed i canali dovranno essere complete di pezzi speciali quali: raccordi tubo rigido/flessibile, pressatubi, etc.

Il fissaggio sarà eseguito a intervalli costanti con l'impiego di apposite staffe o fissatubo e tasselli ad espansione, dimensionati per un sicuro sostegno statico a impianto ultimato e dinamico in fase di infilaggio dei conduttori.

La giunzione tra tubazioni nei tratti verticali e/o in corrispondenza delle curve saranno effettuate con organi di raccordo del tipo in monoblocco pressofuso. Non sarà ammesso l'utilizzo di giunzioni a "T" o del tipo aperto.

Il raggio di curvatura delle tubazioni sarà effettuato in modo da rispettare il diametro minimo di curvatura dei cavi/fili contenuti..

I tubi seguiranno un andamento parallelo agli assi delle strutture evitando percorsi diagonali o accavallamenti.

8 LINEE ELETTRICHE DORSALI E TERMINALI

I cavi elettrici dorsali per l'alimentazione delle prese dovranno essere del tipo unipolare tipo FG17 - 450 / 750V, così come le derivazioni fino alle utenze terminali saranno dello stesso tipo.

I cavi elettrici dorsali per l'alimentazione dei corpi illuminanti saranno anch'essi del tipo unipolare FG17 - 450 / 750V, così come le derivazioni fino ai corpi illuminanti.

I cavi dovranno essere identificati almeno ogni 20 m e comunque in corrispondenza di ogni scatola di derivazione e di ogni ingresso di ciascuna apparecchiatura per mezzo di targhette resistenti alla corrosione riportanti la denominazione indelebile del cavo in accordo con le tabelle di coordinamento cavi.

9 IMPIANTO DI TERRA

L'impianto di terra sarà composto da n.3 dispersori di terra collegati a triangolo con treccia di rame nuda da 35 mmq ubicati al piano terra (quota +0,08) e nodo principale di terra posto in prossimità al quadro arrivo linea. Da quest'ultima saranno derivate i conduttori di protezione (PE) delle singole utenze e quelli equipotenziali (quadro elettrico generale, ascensore, ferri di armatura, ringhiere...).

10 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

Tutti gli apparecchi di illuminazione devono essere provvisti di Marchio Italiano di Qualità, essere rispondenti alle norme CEI sezione CT 34, alla legge n° 791 del 18-10-1977 "Garanzie di sicurezza per il materiale elettrico" e al DM 9-10-1980 "Disposizione per la prevenzione ed eliminazione dei radiodisturbi sugli apparecchi illuminanti".

I corpi illuminanti saranno in quantità adeguata al raggiungimento dei livelli di illuminamento previsti dalla normativa EN vigente.

I corpi illuminanti saranno dotati di reattore a basse perdite con cablaggio elettronico.

La disposizione planimetrica e le tipologie d'impianto riguardante i diversi corpi illuminanti sono indicate nei disegni di progetto allegati.

L'accensione sarà realizzata per mezzo d'interruttori locali, il quadro elettrico e tramite sensore di presenza ed orologio crepuscolare secondo la disposizione e consistenza indicata negli elaborati grafici

L'illuminazione sarà realizzata mediante corpi illuminanti posati a vista a soffitto e parete con grado di protezione minimo IP55, avranno potenza 1x18W, 1x36W e 2x36W per l'illuminazione generale nei parcheggi interrati e palo luce in PVC H=1,5 mt completo di lampada a risparmio da 28W.

L'illuminazione di emergenza di tipo SE sarà realizzata mediante corpi illuminanti 1x11 W posati a plafone negli ambienti. In corrispondenza delle uscite di emergenza o lungo ai percorsi di emergenza saranno installate delle plafoniere di sicurezza tipo SA complete di pittogrammi. Il grado di protezione minimo sarà IP 55.

11 IMPIANTO DI FORZA MOTRICE

L'impianto di forza motrice comprende la fornitura e posa in opera delle prese utente terminale e dell'alimentazione delle utenze meccaniche quali ascensore, pompe di sollevamento ed eventuale pompa antincendio.

Le linee saranno costituite da cavi unipolari del tipo FG17 e cavi multipolari del tipo FG16OM16 di sezione variabile tra 6-4 mmq.

I singoli posti lavoro e le prese di servizio saranno costituiti secondo le tipologie come di seguito specificate:

Le prese saranno costituite da:

- Presa a parete in scatola di contenimento a vista IP55 tipo 503 composta da una presa di tipo schuko 2x16A+ T ed una presa bipasso 10/16A+T;
- presa a parete tipo interbloccata con fusibili di protezione IP55, 2P+T, 16A 230V, e presa a parete tipo interbloccata con fusibili di protezione IP55, 3P+N+T, 16A 400V secondo le indicazioni contenute negli elaborati grafici.

12 PREDISPOSIZIONE IMPIANTO TELEFONICO

La distribuzione sarà realizzata mediante tubi in PVC rigido o flessibile per posa a vista come evidenziato negli elaborati grafici allegati.

L'impianto sarà con cavi a 2CP+T dal punto di allaccio al piano quota +0,08 fino al locale tecnico quadro elettrico dove partiranno le linee per il collegamento all'impianto cabina ascensore, locale ascensore e predisposizione per il piano quota -3.80.

13 NORME TECNICHE RIGUARDANTI L'ESECUZIONE, I COLLAUDI E LA CONSEGNA DELLE OPERE

Oneri relativi alla messa in funzione, messa a punto, conduzione di prova degli impianti.

Completata l'installazione degli impianti si dovrà mettere in funzione gli impianti per provarli ed eseguirne la messa a punto, sino a quando essi forniscano in modo perfetto le prestazioni previste e richieste, e siano pronti per essere sottoposti a collaudo.

Si elencano le verifiche e prove preliminari

Esami a vista

1) Analisi degli schemi e dei piani di installazione

Accertamento dell'esistenza, della corretta redazione, della completezza delle documentazioni illustrative essenziali ai fini del collaudo, della gestione e della manutenzione.

2) Verifica della consistenza, della funzionalità e della accessibilità degli impianti

Accertamento preliminare dell'esecuzione completa e funzionante di tutti gli impianti, nonchè della loro rispondenza ai dati di progetto e di capitolato.

3) Controllo degli isolanti e degli involucri

Accertamento delle idoneità delle misure di sicurezza contro il pericolo dei contatori diretti con elementi in tensione.

4) Controllo della funzionalità delle misure di protezione nei luoghi accessibili a sole persone addestrate

Accertamento dell'idoneità delle misure di sicurezza contro il pericolo di contatti diretti con elementi in tensione durante le operazioni riservate a personale addestrato in luoghi segregati.

5) Verifica dell'idoneità del materiale e degli apparecchi

Accertamento che le apparecchiature abbiano caratteristiche funzionali e dimensionali conformi alle prescrizioni di capitolato.

6) Verifica dei gradi di protezione degli involucri

Accertamento che tutti i materiali, gli apparecchi e le macchine installati in ambienti speciali abbiano grado di protezione adeguato ai fini della sicurezza, della funzionalità conforme alle prescrizioni di capitolato e/o normative.

7) Controllo preliminare dei collegamenti a terra

Verifica preliminare dell'esistenza, dell'integrità della consistenza meccanica dell'impianto di terra contro il pericolo di contatti indiretti mediante messa a terra.

8) Verifica delle condizioni di sfilabilità dei cavi o conduttori

9) Verifica dell'isolamento nominale dei cavi e della separazione fra condutture di sistemi a tensioni diverse.

10) Controllo delle sezioni minime dei conduttori e dei colori distintivi

11) Rispondenza degli organi di interruzione e di arresto di emergenza alle norme CEI 64.8.

Verifica della possibilità di operare con sicurezza la manutenzione elettrica e di agire con tempestività sull'alimentazione per eliminare i pericoli dipendenti dal funzionamento di apparecchi o macchine.

12) Controllo dell'idoneità e della funzionalità dei quadri

Accertamento della rispondenza dei quadri ai dati di capitolato e agli schemi di progetto.

Verifica del rispetto di ogni singola apparecchiatura e dell'insieme alle Norme di protezione contro i contatti elettrici (es. sezionamento, segregazioni, messa a terra ecc.).

13) Verifica dei tracciati per le condutture incassate e delle verifiche di sfilabilità dei cavi o conduttori

Misure e prove strumentali

1) Prove di continuità dei circuiti di protezione

Verifica della continuità dei conduttori di protezione (PE) e dei collegamenti equipotenziali.

2) Prove di funzionamento alla tensione nominale

Verifica che le apparecchiature, i comandi di potenza ed ausiliari, funzionino regolarmente senza anomalie, sia in fase di spunto che in funzionamento gravoso.

3) Prova di intervento degli interruttori differenziali

4) Misura della resistenza di isolamento dell'impianto

Verifica della rispondenza ai valori normativi della resistenza d'isolamento di ciascun segmento di circuito compreso tra due interruttori.

14 CALCOLI ELETTRICI PER IL DIMENSIONAMENTO DELLA RETE ELETTRICA

14.1 Calcolo delle correnti di impiego

Il calcolo delle correnti d'impiego è stato 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.

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:

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

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 (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 (Q_d a valle).

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

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

14.2 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:

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

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.

I cavi sono dimensionati in modo da rispettare anche i seguenti casi:

- condutture che sono 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 la tabella assegnata alla utenza. Le quattro previste 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 essi 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.

14.3 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 sopracitati riportano però delle note che permettono, in attesa di disposizioni diverse, la loro determinazione.

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

14.4 Cadute di tensione

Il calcolo delle cadute di tensione avviene 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 riportato 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 automaticamente ricavati dalla tabella UNEL in funzione al 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 KΩ/km. La $cdt(I_b)$ è la caduta di tensione alla corrente I_b e calcolata analogamente alla $cdt(I_b)$.

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.

14.5 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 mmq 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 a tali criteri il programma gestisce 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.

14.6 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.

14.7 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:

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

esprese in °C.

Esse derivano dalla considerazione che la sovra temperatura 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.

14.8 Fornitura della rete

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

E' stata prevista una fornitura in bassa tensione.

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 cap. 9.

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

14.9 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 6 kA).

Da questi valori si determinata l'impedenza diretta corrispondente alla corrente di cortocircuito I_{cctrif} , in $m\Omega$:

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

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 $m\Omega$:

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

ed infine la relativa reattanza alla sequenza diretta, in $m\Omega$:

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

Per quanto riguarda i parametri alla sequenza omopolare saranno posti uguali ai rispettivi parametri alla sequenza diretta ($R_0=R_d$, $X_0=X_d$).

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:

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

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

14.10 Calcolo dei guasti

Nel 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).

Le correnti a valle della protezione sono individuate dalle correnti di guasto a fondo linea della utenza a monte.

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.

14.11 Calcolo delle correnti massime di cortocircuito

Il calcolo viene condotto nelle seguenti condizioni:

- a) tensione di alimentazione nominale valutata con fattore di tensione 1;
- 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 risulta:

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

possiamo sommare queste ai parametri diretti della utenza a monte ottenendo così la impedenza di guasto minima a fine utenza.

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} .

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

$$\begin{aligned} R_d &= R_{dcavo} + R_{dmonte} \\ X_d &= X_{dcavo} + X_{dmonte} \\ R_{0Neutro} &= R_{0cavoNeutro} + R_{0monteNeutro} \\ X_{0Neutro} &= X_{0cavoNeutro} + X_{0monteNeutro} \\ R_{0PE} &= R_{0cavoPE} + R_{0montePE} \\ X_{0PE} &= X_{0cavoPE} + X_{0montePE} \end{aligned}$$

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):

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

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:

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

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

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

$$I_{p1Neutr} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1Neutr \max}$$

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

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

dove:

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

14.12 Calcolo delle correnti minime di cortocircuito

Il calcolo delle correnti di cortocircuito minime viene condotto come descritto nella norma CEI 11.25 par 9.3 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:

$$\begin{aligned}
I_{k \min} &= \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k \max}} \\
I_{k1 \text{Neutr} \min} &= \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1 \text{Neutr} \max}} \\
I_{k1 \text{PE} \min} &= \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1 \text{PE} \max}} \\
I_{k2 \min} &= \frac{0.95 \cdot V_n}{2 \cdot Z_{k \max}}
\end{aligned}$$

14.13 Scelta delle protezioni

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

- corrente nominale, secondo cui la quale si è dimensionata la conduttura;
- numero poli, impostato;
- tipo di protezione, impostata;
- 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 ($I_{mag \max}$).

14.14 Verifica di selettività

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

Corrente I_a 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);

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);

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.

14.15 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.

14.16 Massima lunghezza protetta

Il calcolo della massima lunghezza protetta viene eseguito mediante il criterio proposto dalla norma CEI 64-8 al paragrafo 533.3, secondo cui la corrente di cortocircuito presunta è calcolata come:

$$I_{cico} = \frac{0.8 \cdot U}{1.5 \cdot \rho \cdot (1 + m) \cdot \frac{L_{\max prot}}{S_f}}$$

partendo da essa e nota la taratura magnetica della protezione è possibile calcolare la massima lunghezza del cavo protetto in base ad essa.

Pertanto:

$$L_{\max prot} = \frac{0.8 \cdot U}{1.5 \cdot \rho \cdot (1 + m) \cdot \frac{I_{ctocto}}{S_f}}$$

Dove:

U: è la tensione concatenata per i neutro non distribuito e di fase per neutro distribuito;

ρ : è la resistività a 20°C del conduttore;

m: rapporto tra sezione del conduttore di fase e di neutro (se composti dello stesso materiale);

Imag: taratura della magnetica.

Legenda variabili ELETTRICHE

Cdt(Ib): caduta di tensione parziale calcolata alla corrente *Ib* e *cosφ* nominale; %

Cdt(In): caduta di tensione parziale calcolata alla corrente *In* e *cosφ* nominale; %

Cdt tot: caduta di tensione totale calcolata alla corrente *Ib* e *cosφ* nominale; %

Cosφ: fattore di potenza nominale;

Coeff.cont: fattore di contemporaneità;

Coeff.uti: fattore di utilizzo;

Ib: corrente di impiego; A

In: corrente nominale della protezione a monte; A

Iz: corrente ammissibile del cavo di fase; A

Iz N: portata del conduttore di neutro; A

Iz PE: portata del conduttore di protezione; A

IzF/IzN: rapporto tra portata conduttore di fase e conduttore di neutro;

IzF/IzPE: rapporto tra portata conduttore di fase e conduttore di protezione;

Imag max: corrente magnetica massima pari alla minima corrente di guasto a valle; A
Imax m: massima corrente di guasto a monte, potere di interruzione minimo richiesto; kA
Ikmin: corrente minima di cortocircuito trifase a valle dell'utenza; kA
Ikmax: corrente massima di cortocircuito trifase a valle dell'utenza; kA
Ip: corrente di picco in cortocircuito trifase; kA
Ik1min: corrente minima di cortocircuito fase terra a valle dell'utenza; kA
Ik1max: corrente massima di cortocircuito fase terra a valle dell'utenza; kA
Ip1: corrente di picco in cortocircuito fase terra; kA
Ith: corrente di taratura della protezione termica; A
Imag: corrente di taratura della protezione magnetica; A
Icn: potere di interruzione riferito alla tensione nominale; kA
Idn: corrente di taratura della protezione differenziale; A
k: coefficiente di declassamento complessivo del cavo;
 $K^2 \cdot S^2$ F: integrale di Joule dei conduttori di fase; A^2s
 $K^2 \cdot S^2$ N: integrale di Joule del conduttore di neutro; A^2s
 $K^2 \cdot S^2$ PE: integrale di Joule del conduttore di protezione; A^2s
Lc: lunghezza del cavo; m
Lmax.p: massima lunghezza protetta; m
N°circ.: numero di cavi o circuiti in prossimità;
Ptot: potenza attiva totale, calcolata a corrente nominale e $\cos\phi$ unitario; kW
Pn: potenza attiva nominale; kW

Pass : potenza attiva media assorbita;	kW
Pd : potenza di dimensionamento;	kW
Pmax : potenza attiva massima assorbita;	kW
Qn : potenza reattiva nominale;	kVAR
Qc : potenza reattiva di rifasamento;	kVAR
R0l : resistenza a sequenza omopolare dell'utenza;	mΩ
R0fl : resistenza a sequenza omopolare a valle dell'utenza;	mΩ
Rdl : resistenza a sequenza diretta dell'utenza;	mΩ
Rdfl : resistenza a sequenza diretta a valle dell'utenza;	mΩ
Rpolo : resistenza per polo;	mΩ
Tamb : temperatura ambiente (del terreno per posa interrata);	°C
Tc(Ib) : temperatura cavo calcolata alla corrente <i>Ib</i> ;	°C
Tc(In) : temperatura cavo calcolata alla corrente <i>In</i> ;	°C
Vn : tensione nominale;	V
X0l : reattanza a sequenza omopolare dell'utenza;	mΩ
X0fl : reattanza a sequenza omopolare a valle dell'utenza;	mΩ
Xdl : reattanza a sequenza diretta dell'utenza;	mΩ
Xdfl : reattanza a sequenza diretta a valle dell'utenza;	mΩ
Xpolo : reattanza per polo;	mΩ
Zkmin : impedenza minima di guasto trifase a valle dell'utenza;	mΩ
Zkmax : impedenza massima di guasto trifase a valle dell'utenza;	mΩ
Zsmin : impedenza minima di guasto fase terra a valle dell'utenza;	mΩ
Zsmax : impedenza massima di guasto fase terra a valle dell'utenza;	mΩ