

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

S.O. ENERGIA E TRAZIONE ELETTRICA

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA TARANTO - BRINDISI

NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI

Relazione di calcolo elettrico linee BT

SCALA:

-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I A 8 E	0 0	D	1 8	C L	L F 0 1 A 2	0 0 1	A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	S.M. Spedavecchia <i>[Signature]</i>	07/2021	L. Surace <i>[Signature]</i>	07/2021	G. Lestingi <i>[Signature]</i>	07/2021	G. GUIDI BUFFARINI 07/2021 ITALFERR S.p.A. U.O. Tecnologie Centro Ing. Guido Guidi Buffarini Ordine Ingegneri Provincia di Roma n° 12812 <i>[Signature]</i>

File: IA8E00D18CLLF01A2001A - Relazione

n. Elab.:



LINEA TARANTO – BRINDISI

NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI

IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT

IA8E 00 D 18 CL LF 01 A2 001 A 2 di 41

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE E SCOPO DEL DOCUMENTO	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
2.1	ELABORATI DI PROGETTO	5
2.2	ALLEGATI	5
3	RIFERIMENTI NORMATIVI	6
3.1	LEGGI, DECRETI E CIRCOLARI	7
3.2	NORME CEI	9
3.3	NORME UNI	14
3.4	SPECIFICHE TECNICHE RFI	16
4	CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DEI CAVI E DISPOSITIVI DI PROTEZIONE	17
4.1	CALCOLO DELLE CORRENTI DI IMPIEGO	17
4.2	DIMENSIONAMENTO DEI CAVI	18
4.3	INTEGRALE DI JOULE	20
4.4	CADUTE DI TENSIONE	22
4.5	DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI NEUTRO	24
4.6	DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI PROTEZIONE	26
4.7	CALCOLO DELLA TEMPERATURA DEI CAVI	27
4.8	CALCOLO DEI GUASTI	28
4.8.1	Calcolo delle correnti massime di corto circuito	28
4.8.2	Calcolo delle correnti minime di corto circuito	32
4.9	SCELTA DELLE PROTEZIONI	34
4.10	VERIFICA DELLA PROTEZIONE DA CORTO CIRCUITO DELLE CONDUTTURE	34
4.11	VERIFICA DI SELETTIVITÀ	36
4.12	MASSIMA LUNGHEZZA PROTETTA	37
5	PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI	38
6	PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI	39



LINEA TARANTO – BRINDISI

NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI

IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT

IA8E 00 D 18 CL LF 01 A2 001 A 3 di 41

7 CONCLUSIONI SUL DIMENSIONAMENTO ELETTRICO DEI CAVI E DELLE PROTEZIONI.....40

ALLEGATO A - RISULTATI CALCOLO ELETTRICO QUADRI BT.....41

	LINEA TARANTO – BRINDISI NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI					
IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT	COMMESSA IA8E	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO LF 01 A2 001	REV. A	FOGLIO 4 di 41

1 INTRODUZIONE E SCOPO DEL DOCUMENTO

Il presente documento è stato redatto nell'ambito dello sviluppo del Progetto Definitivo riguardante l'intervento della realizzazione della nuova stazione di Taranto Nasisi sulla linea Taranto-Brindisi.

La progettazione è stata realizzata considerando le esigenze di continuità dell'esercizio e l'affidabilità degli impianti alimentati, ed in particolare tenendo conto dei seguenti aspetti:

- Sicurezza per le persone e per le installazioni;
- Disponibilità ed affidabilità impiantistiche;
- Semplicità di esercizio e facilità di manutenzione.

Come punto di partenza è stata effettuata l'analisi dei carichi (ubicazione, potenza, specifiche esigenze ecc.) di ciascun impianto; una volta individuati i principali parametri impiantistici che caratterizzano il progetto, questo è stato sviluppato secondo le seguenti fasi:

- Definizione e rilievo caratteristiche della fonte e del sistema di alimentazione.
- Definizione della posizione e dei relativi schemi elettrici dei quadri, atti all'alimentazione dei carichi precedentemente analizzati.
- Dimensionamento della sezione dei cavi in funzione della tipologia e della taglia degli interruttori scelti, verificando la protezione dalle sovracorrenti e contatti diretti/indiretti
- Coordinamento delle protezioni e selettività di intervento, in modo da assicurare oltre alla protezione delle persone e degli impianti anche un'adeguata continuità di servizio.

	LINEA TARANTO – BRINDISI NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI					
IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT	COMMESSA IA8E	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO LF 01 A2 001	REV. A	FOGLIO 5 di 41

La definizione della tensione di alimentazione più adeguata a ogni singola utenza dipende fondamentalmente dalla natura del carico stesso, dalla potenza assorbita e dalla distanza dalla sorgente di alimentazione. Le tensioni di alimentazione che verranno impiegate sono quelle unificate: 230 V per i circuiti monofase e 400 V per quelli trifase.

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Elaborati di progetto

Gli impianti dovranno essere realizzati secondo quanto riportato nella presente Relazione Tecnica e negli ulteriori elaborati di Progetto Definitivo di seguito riportati, ai quali si farà riferimento esplicito od implicito nel presente documento:

IA8E00D18ROLF0000001A - Relazione tecnica impianti LFM

IA8E00D18DXLF0000001A - Architetture di alimentazione elettrica

IA8E00D18DXLF01A2001A - Schemi elettrici unifilari e fronti quadro BT

2.2 Allegati

Parte integrante della presente relazione di calcolo sono i seguenti allegati, in cui vengono riportati i risultati ottenuti dalle simulazioni effettuate:

- *Allegato A: Risultati calcolo elettrico quadri BT*

	LINEA TARANTO – BRINDISI NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI					
IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT	COMMESSA IA8E	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO LF 01 A2 001	REV. A	FOGLIO 6 di 41

3 RIFERIMENTI NORMATIVI

Nello sviluppo del progetto delle opere impiantistiche descritte nel presente documento, sono stati considerati i seguenti riferimenti:

- Leggi e Decreti Ministeriali dello Stato cogenti;
- Normative CEI, UNI;
- Prescrizioni dell'Ente distributore dell'energia elettrica;
- Specifiche tecniche di interoperabilità (STI);
- Specifiche tecniche RFI;

Tutti i materiali e gli apparecchi impiegati negli impianti elettrici saranno adatti all'ambiente in cui sono installati e devono essere tali da resistere alle azioni meccaniche, corrosive, termiche o dovute all'umidità, alle quali possono essere esposte durante l'esercizio. Tutti i materiali devono avere caratteristiche e dimensioni tali da rispondere alle norme CEI ed alle tabelle CEI-UNEL attualmente in vigore.

Per le parti di impianto di loro giurisdizione si osservano le disposizioni emanate dagli enti locali e del locale comando dei Modulareli del Fuoco.

Tutti i materiali e gli apparecchi impiegati, per i quali è prevista la concessione del marchio dell'Istituto Italiano del Marchio di Qualità (IMQ), dovranno essere provvisti di questo marchio o equivalente previsto negli Stati Comunitari.

	LINEA TARANTO – BRINDISI NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI					
IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT	COMMESSA IA8E	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO LF 01 A2 001	REV. A	FOGLIO 7 di 41

Si riportano in seguito un elenco più dettagliato delle norme che saranno utilizzate in fase di progettazione:

3.1 Leggi, Decreti e Circolari

- *D. Lgs. 09/04/08 n.81*: “Testo Unico sulla sicurezza”.
- *D.Lgs. 3 agosto 2009, n. 106*: "Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro".
- *DM. 37 del 22/01/08*: “Sicurezza degli impianti elettrici, regole per la progettazione e realizzazione, ambiti di competenze professionali”.
- *L.186 del 1.3.1968*: “Realizzazioni e costruzioni a regola d’arte per materiali, apparecchiature, impianti elettrici”.
- *DPR 462/01*: “Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi”.
- *D. Lgs. 14/05/2019, n. 50*: “Attuazione della direttiva 2016/798 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 maggio 2016, sulla sicurezza delle ferrovie”.
- *D.Lgs. n.57 del 14/05/2019*: “Attuazione della direttiva 2016/797 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 maggio 2016, sulla interoperabilità delle ferrovie”.
- *Regolamento Europeo CPR UE 305/11*: “Condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione”.
- *D. Lgs. 106 del 16 giugno 2017*: Adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento (UE) n. 305/2011, che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione (CPR) e che abroga la direttiva 89/106/CEE.
- *LSTI PRN 2014 - Regolamento (UE) N. 1300/2014* della Commissione del 18 novembre 2014 relativa ad una specifica tecnica di interoperabilità concernente le «persone a mobilità ridotta» nel

	LINEA TARANTO – BRINDISI NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI					
IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT	COMMESSA IA8E	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO LF 01 A2 001	REV. A	FOGLIO 8 di 41

sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità.

- Regolamento di esecuzione (UE) 2019/772 della Commissione del 16 maggio 2019 che modifica il regolamento (UE) n. 1300/2014.
- *Direttiva 2014/35/UE* del Parlamento Europeo e del Consiglio del 26 febbraio 2014 concernente l'armonizzazione delle legislazioni degli Stati membri relative alla messa a disposizione sul mercato del materiale elettrico destinato ad essere adoperato entro taluni limiti di tensione.
- *Direttiva 2014/30/UE* del Parlamento Europeo e del Consiglio del 26 febbraio 2014 concernente l'armonizzazione delle legislazioni degli Stati membri relative alla compatibilità elettromagnetica.
- Regolamento (UE) n. 548/2014 della Commissione del 21/05/2014 recante modalità di applicazione della direttiva 2009/125/CE del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda i trasformatori di potenza piccoli, medi e grandi.
- Regolamento di Esecuzione (UE) 2019/776 della Commissione del 16/05/2019 che modifica i regolamenti (UE) n. 321/2013, (UE) n. 1299/2014, (UE) n. 1301/2014, (UE) n. 1302/2014, (UE) n.1303/2014 e (UE) 2016/919 della Commissione e la decisione di esecuzione 2011/665/UE della Commissione per quanto riguarda l'allineamento alla direttiva (UE) 2016/797 del Parlamento europeo e del Consiglio e l'attuazione di obiettivi specifici stabili nella decisione delegata (UE) 2017/1471 della Commissione.

	LINEA TARANTO – BRINDISI NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI					
IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT	COMMESSA IA8E	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO LF 01 A2 001	REV. A	FOGLIO 9 di 41

3.2 Norme CEI

- *CEI 0-2*: “Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici”.
- *CEI 0-14*: “Guida all'applicazione del DPR 462/01 relativo alla semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra degli impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi”.
- *CEI 0-21*: “Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica”.
- *CEI 11-17*: “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica, linee in cavo”.
- *CEI 11-28*: “Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali e bassa tensione”.
- *CEI CT 20*: “Cavi per energia (scelta ed installazione dei cavi elettrici)”.
- *CEI 20-22/0*: “Prove di incendio su cavi elettrici - Parte 0: Prova di non propagazione di incendio”.
- *CEI 20-36*: “Prove di resistenza al fuoco per cavi elettrici in condizioni di incendio - Integrità del circuito”.
- *CEI 20-38*: “Cavi senza alogeni isolati in gomma, non propaganti l'incendio, per tensioni nominali U_0/U non superiori a 0,6/1 kV”.
- *CEI 20-45*: “Cavi resistenti al fuoco isolati con mescola elastomerica con tensione nominale U_0/U non superiore a 0,6/1 kV”.
- *CEI 20-45; V2*: “Cavi per energia isolati in gomma elastomerica ad alto modulo di qualità G18, sotto guaina termoplastica o elastomerica, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco rispondenti al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR) - Cavi con caratteristiche aggiuntive di resistenza al fuoco. Tensione nominale U_0/U : 0,6/1 kV”.
- *CEI 23-51*: “Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare”.

	LINEA TARANTO – BRINDISI NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI					
IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT	COMMESSA IA8E	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO LF 01 A2 001	REV. A	FOGLIO 10 di 41

- *CEI 64-8*: “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1.000 Volt in corrente alternata e 1.500 Volt in corrente continua”.
- *CEI 64-8 V2*: “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua – sezione 714 Impianti di illuminazione situati all'esterno”.
- *CEI 64-8 V4*: “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua – integrazione articoli sezione 527 e sezione 721 ai fini della realizzazione di impianti elettrici destinati ad essere incorporati in modo permanente in opere di costruzione o in parti di esse così come definite all’articolo 2 comma 3 del Regolamento UE 305/2011”.
- *CEI 64-14*: “Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori”.
- *CEI 64-50*: “Edilizia residenziale. Guida per l’integrazione nell’edificio degli impianti elettrici utilizzatori, ausiliari e telefonici”.
- *CEI EN 50110 (CEI 11-48)*: “Esercizio degli impianti elettrici - Prescrizioni generali”.
- *CEI EN 50122-1 (CEI 9-6)*: “Applicazioni ferroviarie - Installazioni fisse - Provvedimenti di protezione concernenti la sicurezza elettrica e la messa a terra”.
- *CEI EN 50122-2 (CEI 9-6/2)*: “Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Impianti fissi -Protezione contro gli effetti delle correnti vaganti causate da sistemi di trazione a corrente continua”.
- *CEI EN 50178*: “Apparecchiature elettroniche da utilizzare negli impianti di potenza”.
- *CEI EN 50267-1*: Metodi di prova comuni per cavi in condizione di incendio - Prove sui gas emessi durante la combustione dei materiali prelevati dai cavi:
 - Parte 2-1: Procedure di prova - Determinazione della quantità di acido alogenidrico gassoso;
 - Parte 2-2: Procedure di prova - Determinazione del grado di acidità (corrosività) dei gas dei materiali mediante la misura del pH e della conduttività;
 - Parte 2-3: Procedura di prova - Determinazione del grado di acidità (corrosività) dei gas dei cavi mediante il calcolo della media ponderata del pH e della conduttività.

- *CEI EN 50525-1 (CEI 20-107)*: “Cavi elettrici - Cavi energia con tensione nominale non superiore a 450/750 V (U₀/U) Parte 1: Prescrizioni generali”.
- *CEI EN 50575*: “Cavi per energia, controllo e comunicazioni - Cavi per applicazioni generali nei lavori di costruzione soggetti a prescrizioni di reazione all’incendio”.
- *CEI EN 60099-4 (CEI 37-2)*: “Scaricatori ad ossido metallico senza spinterometri per reti elettriche a corrente alternata”.
- *CEI EN 60255 (CEI 95)*: “Relè elettrici”.
- *CEI EN 60332*: “Prove su cavi elettrici e ottici in condizioni di incendio”.
- *CEI EN 60445 (CEI 16-2)*: “Principi base e di sicurezza per l’interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione dei morsetti degli apparecchi, delle estremità di conduttori e dei conduttori”.
- *CEI EN 60447 (CEI 16-5)*: “Principi di base e di sicurezza per l’interfaccia uomo-macchina marcatura e identificazione - Principi di manovra”.
- *CEI EN 60529 (CEI 70-1)*: “Gradi di protezione degli involucri (Codice IP)”.
- *CEI EN 60598-1 (CEI 34-21)*: “Apparecchi di illuminazione Parte 1: Prescrizioni generali e prove”.
- *CEI EN 60598-2-1*: “Apparecchi di illuminazione - Prescrizioni Particolari - Apparecchi fissi per uso generale”.
- *CEI EN 60598-2-22*: “Apparecchi di illuminazione - Prescrizioni Particolari - Apparecchi di emergenza”.
- *CEI EN 60865 (CEI 11-26)*: “Correnti di corto circuito - Calcolo degli effetti; Parte 1: Definizioni e metodi di calcolo”.
- *CEI EN 60898-1 (CEI 23-145)*: “Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari - Interruttori automatici per il funzionamento in corrente alternata”.
- *CEI EN 60898-2 (CEI 23-3/2)*: “Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari - Interruttori per funzionamento in corrente alternata e in corrente continua”.

	LINEA TARANTO – BRINDISI NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI					
IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT	COMMESSA IA8E	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO LF 01 A2 001	REV. A	FOGLIO 12 di 41

- *CEI EN 60909-0 (CEI 11-25)*: “Calcolo delle correnti di corto circuito nelle reti trifasi a corrente alternata”.
- *CEI EN 60947-1 (CEI 17-44)*: “Apparecchiature a bassa tensione - Regole generali”.
- *CEI EN 60947-2 (CEI 121-9)*: “Apparecchiature a bassa tensione - Parte 2: Interruttori automatici”.
- *CEI EN 60947-3 (CEI 17-11)*: “Apparecchiature a bassa tensione - Parte 3: Interruttori di manovra, sezionatori, interruttori di manovra-sezionatori e unita combinate con fusibili”.
- *CEI EN 60947-3/A1 (CEI 17-11;V1)*: “Apparecchiatura a bassa tensione - Parte 3: Interruttori di manovra, sezionatori, interruttori di manovra-sezionatori e unità combinate con fusibili”.
- *CEI EN 60947-3/A2 (CEI 17-11;V2)*: “Apparecchiatura a bassa tensione - Parte 3: Interruttori di manovra, sezionatori, interruttori di manovra-sezionatori e unità combinate con fusibili”.
- *CEI EN 60947-4-1/A1 (CEI 17-50;V1)*: “Apparecchiatura a bassa tensione - Parte 4-1: Contattori e avviatori - Contattori e avviatori elettromeccanici”.
- *CEI EN 60947-5 (CEI 121-10)*: “Apparecchiature a bassa tensione - Parte 5-1: Dispositivi per circuiti di comando ed elementi di manovra - Dispositivi elettromeccanici per circuiti di comando”.
- *CEI EN 60947-7-1 (CEI 17-48)*: “Apparecchiature a bassa tensione Parte 7-1: Apparecchiature ausiliarie - Morsetti componibili per conduttori di rame”.
- *CEI EN 60947-7-2 (CEI 17-62)*: “Apparecchiature a bassa tensione Parte 7-2: Apparecchiature ausiliarie - Morsetti componibili per conduttori di protezione in rame”.
- *CEI EN 61008-1 (CEI 23-42)*: “Interruttori differenziali senza sganciatori di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche e similari. Parte 1: Prescrizioni generali”.
- *CEI EN 61008-2-1 (CEI 23-43)*: “Interruttori differenziali senza sganciatori di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche e similari. Parte 2-1: Applicabilità delle prescrizioni generali agli interruttori differenziali con funzionamento indipendente dalla tensione di rete”.
- *CEI EN 61034-2 (CEI 20-37/3-1)*: “Misura della densità del fumo emesso dai cavi che bruciano in condizioni definite Parte 2: Procedura di prova e prescrizioni”.

- *CEI EN 61082-1 (CEI 3-36)*: “Preparazione di documenti utilizzati in elettrotecnica - Regole Generali”.
- *CEI EN 61386-1 (CEI 23-80)*: “Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche. Parte 1: Prescrizioni generali”.
- *CEI EN 61386-21 (CEI 23-81)*: “Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche. Parte 21: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi rigidi e accessori”.
- *CEI EN 61386-22 (CEI 23-82)*: “Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche. Parte 22: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi pieghevoli e accessori”.
- *CEI EN 61386-23 (CEI 23-83)*: “Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche. Parte 23: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi flessibili e accessori”.
- *CEI EN 61386-24 (CEI 23-116)*: “Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche. Parte 24: Prescrizioni particolari - Sistemi di tubi interrati”.
- *CEI EN 61386-25 (CEI 23-125)*: “Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche. Parte 25: Prescrizioni particolari per sistemi di fissaggio”.
- *CEI EN 61439*: “Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT)”.
- *CEI EN 61439-1 (CEI 17-113)*: “Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT). Parte 1: Regole generali”.
- *CEI EN 61439-2 (CEI 17-114)*: “Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT). Parte 2: Quadri di potenza”.
- *CEI EN 61643-11 (CEI 37-8)*: “Limitatori di sovratensioni di bassa tensione Parte 11: Limitatori di sovratensioni connessi a sistemi di bassa tensione - Prescrizioni e prove”.
- *CEI EN 61869-1*: “Trasformatori di misura - Parte 1: Prescrizioni generali”.
- *CEI EN 61869-2*: “Trasformatori di misura - Parte 2: Prescrizioni addizionali per trasformatori di corrente”.
- *CEI EN 61869-3*: “Trasformatori di misura - Parte 3: Prescrizioni addizionali per trasformatori di tensione induttivi”.

	LINEA TARANTO – BRINDISI NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI					
IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT	COMMESSA IA8E	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO LF 01 A2 001	REV. A	FOGLIO 14 di 41

- *CEI EN 62208 (CEI 17-87)*: “Involucri vuoti per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione - Prescrizioni generali”.
- *CEI UNEL 35023*: “Cavi di energia per tensione nominale U=1 kV - Cadute di tensione”.
- *CEI UNEL 35024-1*: “Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua - Portate di corrente in regime permanente per posa in aria”.
- *CEI UNEL 35024-2*: “Cavi elettrici ad isolamento minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua - Portate di corrente in regime permanente per posa in aria”.
- *CEI UNEL 35026*: “Cavi elettrici isolati 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”.

3.3 Norme UNI

- *UNI EN 1838*: “Applicazioni dell'illuminotecnica. Illuminazione di emergenza”.
- *UNI EN 12464-1*: “Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni”.
- *UNI EN 12464-2*: “Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 2: Posti di lavoro in esterno”.
- *UNI 11165*: “Illuminazione da interni – Valutazione dell’abbagliamento molesto con il metodo UGR”.
- *UNI EN 12665*: “Luce e illuminazione - Termini fondamentali e criteri per i requisiti illuminotecnici”.
- *UNI 11222*: “Impianti di illuminazione di sicurezza negli edifici - Procedure per la verifica periodica, la manutenzione, la revisione e il collaudo”.



LINEA TARANTO – BRINDISI

NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI

IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT

IA8E 00 D 18 CL LF 01 A2 001 A 15 di 41

- *UNI 10819*: Luce e illuminazione - Impianti di illuminazione esterna - Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso.
- *UNI 11356*: “Luce e illuminazione - Caratterizzazione fotometrica degli apparecchi di illuminazione a LED”.
- *UNI EN 13032-1*: “Luce e illuminazione - Misurazione e presentazione dei dati fotometrici di lampade e apparecchi di illuminazione”.
- *UNI EN 13032-2*: “Luce e illuminazione - Misurazione e presentazione dei dati fotometrici di lampade e apparecchi di illuminazione - Parte 2: Presentazione dei dati per posti di lavoro in interno e in esterno”.
- *UNI EN 13032-3*: “Luce e illuminazione - Misurazione e presentazione dei dati fotometrici di lampade e apparecchi di illuminazione - Parte 3: Presentazione dei dati per l'illuminazione di emergenza dei luoghi di lavoro”.
- *UNI EN 13032-4*: “Luce e illuminazione - Misurazione e presentazione dei dati fotometrici di lampade e apparecchi di illuminazione - Parte 4: lampade, moduli e apparecchi di illuminazione a LED”.

	LINEA TARANTO – BRINDISI NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI					
IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT	COMMESSA IA8E	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO LF 01 A2 001	REV. A	FOGLIO 16 di 41

3.4 Specifiche tecniche RFI

- *Specifica Tecnica RFI DTC ST E SP IFS ES 728 B* – ed.2018 - Sicurezza elettrica e protezione contro le sovratensioni per gli impianti elettrici ferroviari in bassa tensione.
- *Linee Guida RFI DTC DITSSTB IT IS 06 WMJ A* - Linea Guida per la Verifica di Massima delle Protezioni contro i Sovraccarichi ed i Corto-circuiti di Linee in cavo e Trasformatori in Bassa Tensione.
- *Specifica tecnica di fornitura RFI DTCDNSSSTB SF IS 06 732 D* “Sistema integrato di alimentazione e protezione per impianti di sicurezza e segnalamento”.
- *Specifica tecnica di fornitura RFI DTCDNSSSTB SF IS 06 365 A* “Specifica tecnica di fornitura: trasformatori d’isolamento monofasi e trifasi a raffreddamento naturale in aria destinati agli impianti di sicurezza e segnalamento”.
- *Nota RFI-DTC.ST.E\A0011\P\2017\0000120* - Indicazioni sull’impiego di cavi elettrici destinati a costruzioni negli impianti ferroviari - REGOLAMENTO (UE) n. 305/2011.
- *RFI-DTC.ST.A0011.P.2017.0001906*: Disposizione sull’impiego di cavi per energia, controllo e comunicazione destinati a costruzioni negli impianti ferroviari (Regolamento UE n. 305/2017 e D.Lgs. 106/2017).
- *RFI-DTC.ST.E.A0011.P.2017.0000153*: Normativa di riferimento per la fornitura interna RFI di cavi di Energia.
- *RFI-DTC.ST.E.A0011.P.2017.0000171*: Applicazione del regolamento CPR ai cavi per energia, controllo e comunicazione in ambito ferroviario - Allegato 1.

Per quanto non esplicitamente indicato, dovranno, in ogni caso, essere sempre adottate tutte le indicazioni normative e di legge atte a garantire la realizzazione del sistema a regola d’arte e nel rispetto della sicurezza.

	LINEA TARANTO – BRINDISI					
	NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI					
IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT	IA8E	00	D 18 CL	LF 01 A2 001	A	17 di 41

4 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DEI CAVI E DISPOSITIVI DI PROTEZIONE

4.1 Calcolo delle correnti di impiego

Il calcolo delle correnti d'impiego I_b dipende dalla potenza di dimensionamento P_d e dalla tensione di alimentazione V_n , secondo la relazione:

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

nella quale:

$$k_{ca} V_n = 1 \cdot 230 \quad \text{sistema monofase}$$

$$k_{ca} V_n = \sqrt{3} \cdot 400 \quad \text{sistema trifase}$$

La potenza di dimensionamento P_d è data dal prodotto:

$$P_d = K_c K_u P_n$$

nella quale K_c e K_u sono rispettivamente il coefficiente di contemporaneità e di utilizzazione, mentre P_n , è la potenza nominale del carico nel caso di utenze terminali, oppure la somma delle P_d nel caso di utenze a valle dei quadri (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.

	LINEA TARANTO – BRINDISI					
	NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI					
IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT	IA8E	00	D 18 CL	LF 01 A2 001	A	18 di 41

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

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

4.2 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:

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

$$I_f \leq 1,45 I_z \quad (b)$$

dove:

I_b corrente di impiego della conduttura;

I_n corrente nominale dell'interruttore;

I_z portata della conduttura nelle effettive condizioni di posa.

I_f corrente di sicuro intervento del dispositivo di protezione.

Per la condizione (a) è necessario dimensionare il cavo in base alla corrente nominale della protezione a monte. Dalla corrente I_b , pertanto, viene determinata la corrente nominale della protezione (seguendo i valori normalizzati) e con questa si procede alla determinazione della sezione.

	LINEA TARANTO – BRINDISI NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI					
IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT	COMMESSA IA8E	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO LF 01 A2 001	REV. A	FOGLIO 19 di 41

Si dimensionano i cavi in modo da rispettare anche i seguenti casi:

- Condutture che sono derivate da una condotta 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 condotta principale.

L'individuazione della sezione si effettua utilizzando le tabelle delle norme precedentemente citate. 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:

$$I_{zmin} = \frac{I_n}{k}$$

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_{zmin} . 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).

	LINEA TARANTO – BRINDISI NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI					
IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT	COMMESSA IA8E	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO LF 01 A2 001	REV. A	FOGLIO 20 di 41

La condizione b) non necessita di verifica in quanto gli interruttori che rispondono alla norma CEI 60898 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, la norma CEI 60947 stabilisce 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.

4.3 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:

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

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 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

	LINEA TARANTO – BRINDISI					
	NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI					
IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT	IA8E	00	D 18 CL	LF 01 A2 001	A	22 di 41

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

4.4 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 valore della caduta di tensione si ottiene mediante la seguente relazione:

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

con:

$k_{cdt} = 2$ se il sistema è monofase

$k_{cdt} = \sqrt{3}$ se il sistema è trifase.

R_{cavo} = resistenza del cavo per km

X_{cavo} = reattanza del cavo per km

L_c = lunghezza del cavo in km

I_b = corrente di impiego

	LINEA TARANTO – BRINDISI NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI					
IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT	COMMESSA IA8E	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO LF 01 A2 001	REV. A	FOGLIO 23 di 41

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 Ω/km .

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. Tale valore calcolato in percentuale deve rispettare la seguente condizione:

$$cdt(I_b) \leq 4\%$$

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.

	LINEA TARANTO – BRINDISI NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI					
IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT	COMMESSA IA8E	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO LF 01 A2 001	REV. A	FOGLIO 24 di 41

4.5 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 mm² se il conduttore è in alluminio.

Nel caso in cui si abbiano circuiti monofasi o polifasi e questi ultimi con sezione del conduttore di fase minore di 16 mm² se conduttore in rame e 25 mm² se conduttore in alluminio, il conduttore di neutro deve avere la stessa sezione del conduttore di fase.

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

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

	LINEA TARANTO – BRINDISI NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI					
IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT	COMMESSA IA8E	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO LF 01 A2 001	REV. A	FOGLIO 25 di 41

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

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

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 conduttori di neutro possono comunque assumere valori differenti rispetto ai metodi appena citati, comunque sempre calcolati a regola d'arte.

	LINEA TARANTO – BRINDISI					
	NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI					
IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT	IA8E	00	D 18 CL	LF 01 A2 001	A	26 di 41

4.6 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:

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

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:

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

dove:

- S_p sezione del conduttore di protezione (mm^2);
- I valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione per un guasto di impedenza trascurabile (A);
- t tempo di intervento del dispositivo di protezione (s);
- K fattore il cui valore dipende dal materiale del conduttore di protezione, dell'isolamento e di altre parti

	LINEA TARANTO – BRINDISI					
	NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI					
IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT	IA8E	00	D 18 CL	LF 01 A2 001	A	27 di 41

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 condotta 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.

4.7 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, espresse in °C:

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

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

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.

	LINEA TARANTO – BRINDISI					
	NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI					
IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT	IA8E	00	D 18 CL	LF 01 A2 001	A	28 di 41

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

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

4.8.1 Calcolo delle correnti massime di corto circuito

Il calcolo viene condotto nelle seguenti condizioni:

- tensione di alimentazione nominale valutata con fattore di tensione 1;
- 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:

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

	LINEA TARANTO – BRINDISI					
	NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI					
IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT	IA8E	00	D 18 CL	LF 01 A2 001	A	29 di 41

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 dell'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:

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

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

Per il conduttore di protezione, invece, si ottiene:

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

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

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

	LINEA TARANTO – BRINDISI NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI					
IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT	COMMESSA IA8E	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO LF 01 A2 001	REV. A	FOGLIO 30 di 41

I parametri di ogni utenza vengono sommati con i parametri, alla stessa sequenza, dell'utenza a monte, espressi in $m\Omega$:

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

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

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

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

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

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

Noti questi parametri vengono calcolate le impedenze (in $m\Omega$) di guasto trifase:

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

Fase neutro (se il neutro è distribuito):

$$Z_{k1\ Neutro\ min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0Neutro})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0Neutro})^2}$$

Fase terra:

$$Z_{k1\ PE\ min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0PE})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0PE})^2}$$

	LINEA TARANTO – BRINDISI					
	NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI					
IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT	IA8E	00	D 18 CL	LF 01 A2 001	A	31 di 41

Da queste si ricavano le correnti di cortocircuito trifase I_{kmax} , fase neutro $I_{k1Neutromax}$, fase terra $I_{k1PEmax}$ e bifase I_{k2max} espresse in kA:

$$I_{kmax} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{kmin}}$$

$$I_{k1Neutromax} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1Neutromin}}$$

$$I_{k1PEmax} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PEmin}}$$

$$I_{k2max} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PEmin}}$$

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

$$I_p = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{kmax}$$

$$I_{p1Neutro} = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1Neutromax}$$

$$I_{p1PE} = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1PEmax}$$

$$I_{p2} = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k2max}$$

dove:

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

	LINEA TARANTO – BRINDISI NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI					
IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT	COMMESSA IA8E	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO LF 01 A2 001	REV. A	FOGLIO 32 di 41

4.8.2 *Calcolo delle correnti minime di corto circuito*

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	$T_{\max} = 70^{\circ}\text{C}$
isolamento in G	$T_{\max} = 85^{\circ}\text{C}$
isolamento in G5/G7	$T_{\max} = 90^{\circ}\text{C}$
isolamento serie L rivestito	$T_{\max} = 70^{\circ}\text{C}$
isolamento serie L nudo	$T_{\max} = 105^{\circ}\text{C}$
isolamento serie H rivestito	$T_{\max} = 70^{\circ}\text{C}$
isolamento serie H nudo	$T_{\max} = 105^{\circ}\text{C}$

Da queste è possibile calcolare le resistenze alla sequenza diretta e omopolare alla temperatura relativa all'isolamento del cavo; queste, sommate alle resistenze a monte, danno le resistenze minime.

	LINEA TARANTO – BRINDISI					
	NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI					
IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT	IA8E	00	D 18 CL	LF 01 A2 001	A	33 di 41

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

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

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

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

Come per le correnti massime di guasto, nel caso di utenze monofasi la corrente I_{kmin} viene calcolata con la stessa metodologia utilizzata per il guasto fase terra, ossia utilizzando la calcolata con i parametri alla sequenza omopolare ricavati in base alle grandezze del conduttore di neutro:

$$I_{kmin} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{kmax}}$$

$$I_{k1Neutromin} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1Neutromax}}$$

$$I_{k1PEmin} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PEmax}}$$

$$I_{k2min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{2 \cdot Z_{kmax}}$$

	LINEA TARANTO – BRINDISI NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI					
IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT	COMMESSA IA8E	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO LF 01 A2 001	REV. A	FOGLIO 34 di 41

4.9 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 dell'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 ($I_{mag\ max}$).

4.10 Verifica della protezione da corto circuito 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.

	LINEA TARANTO – BRINDISI NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI					
IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT	COMMESSA IA8E	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO LF 01 A2 001	REV. A	FOGLIO 35 di 41

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 64-8 al par. 533.3 "Scelta dei dispositivi di protezioni contro i cortocircuiti" prevede pertanto un confronto tra le correnti di guasto minima (a fondo linea) e massima (inizio linea) con i punti di intersezione tra le curve.

Le condizioni sono pertanto:

a) Le intersezioni sono due:

$$I_{cc\ min} > I_{inters,min}$$

$$I_{cc\ max} < I_{inters,max}$$

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

$$I_{cc\ min} > I_{inters,min}$$

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

$$I_{cc\ max} < I_{inters,max}$$

Il programma pertanto verifica le relazioni in corrispondenza del guasto, calcolato, minimo e massimo. Se la verifica non è positiva, vengono riportati i messaggi riferiti alle condizioni descritte.

	LINEA TARANTO – BRINDISI NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI					
IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT	COMMESSA IA8E	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO LF 01 A2 001	REV. A	FOGLIO 36 di 41

4.11 Verifica di selettività

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

- Corrente 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);
- 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.

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

I valori forniti corrispondono ai limiti di selettività relativi ad una coppia di protezioni poste una a monte dell'altra. La corrente di guasto minima a valle deve risultare inferiore a tale parametro per garantire la selettività.

	LINEA TARANTO – BRINDISI NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI					
IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT	COMMESSA IA8E	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO LF 01 A2 001	REV. A	FOGLIO 37 di 41

4.12 Massima Lunghezza protetta

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

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

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

Pertanto:

$$L_{maxprot} = \frac{0.8 \cdot U}{1.5 \cdot \rho \cdot (1 + m) \cdot \frac{I_{mag}}{S_f}}$$

dove:

U tensione concatenata per il neutro non distribuito e di fase per neutro distribuito;

ρ resistività a 20°C del conduttore;

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

I_{mag} taratura della magnetica.

Viene tenuto conto, inoltre, dei fattori di riduzione (per la reattanza):

0,9 per sezioni di 120 mm²;

0,85 per sezioni di 150 mm²;

0,8 per sezioni di 185 mm²;

0,75 per sezioni di 240 mm²;

Per ulteriori dettagli vedi norma CEI 64-8 par.533.3 sezione commenti.

	LINEA TARANTO – BRINDISI NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI					
IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT	COMMESSA IA8E	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO LF 01 A2 001	REV. A	FOGLIO 38 di 41

5 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

La protezione contro i contatti indiretti può avvenire con l'adozione di sistemi di protezione di tipo attivo (messa a terra + protezione magnetotermica per sistemi TN), (messa a terra + protezione differenziale per sistemi TT) o di tipo passivo (bassissima tensione, doppio isolamento, luoghi non conduttori, locali isolanti, separazione elettrica).

La norma CEI 64.8 Art. 413.1.4.2 prescrive che le caratteristiche dei dispositivi di protezione differenziali e le impedenze dei circuiti da proteggere devono essere tali che, se si presenta un guasto di impedenza trascurabile in qualsiasi parte dell'impianto tra un conduttore di fase ed un conduttore di protezione o una massa, avvenga l'interruzione automatica dell'alimentazione entro il tempo specificato, soddisfacendo la seguente condizione:

$$R_E I_{dn} \leq U_L \quad (\text{Sistemi TT})$$

dove:

R_E Resistenza di terra

I_{dn} Corrente di intervento nominale del dispositivo di protezione differenziale

U_L Tensione limite di sicurezza (50 V in caso di ambienti ordinari)

La condizione sopra esposta è quella che scaturisce dalla curva di sicurezza corrente (tensione) - tempo che fissa le condizioni di massima esposizione del corpo umano nei confronti dei pericoli di elettrocuzione.

Per ragioni di selettività, si possono utilizzare dispositivi di protezione a corrente differenziale del tipo S in serie con dispositivi di protezione a corrente differenziale di tipo generale. Per ottenere selettività con i dispositivi di protezione a corrente differenziale nei circuiti di distribuzione ammesso un tempo di interruzione non superiore a 1 s.

	LINEA TARANTO – BRINDISI NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI					
IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT	COMMESSA IA8E	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO LF 01 A2 001	REV. A	FOGLIO 39 di 41

6 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

La protezione contro i contatti diretti verrà realizzata secondo quanto previsto dalla Norma CEI 64-8/4, con particolare riferimento a:

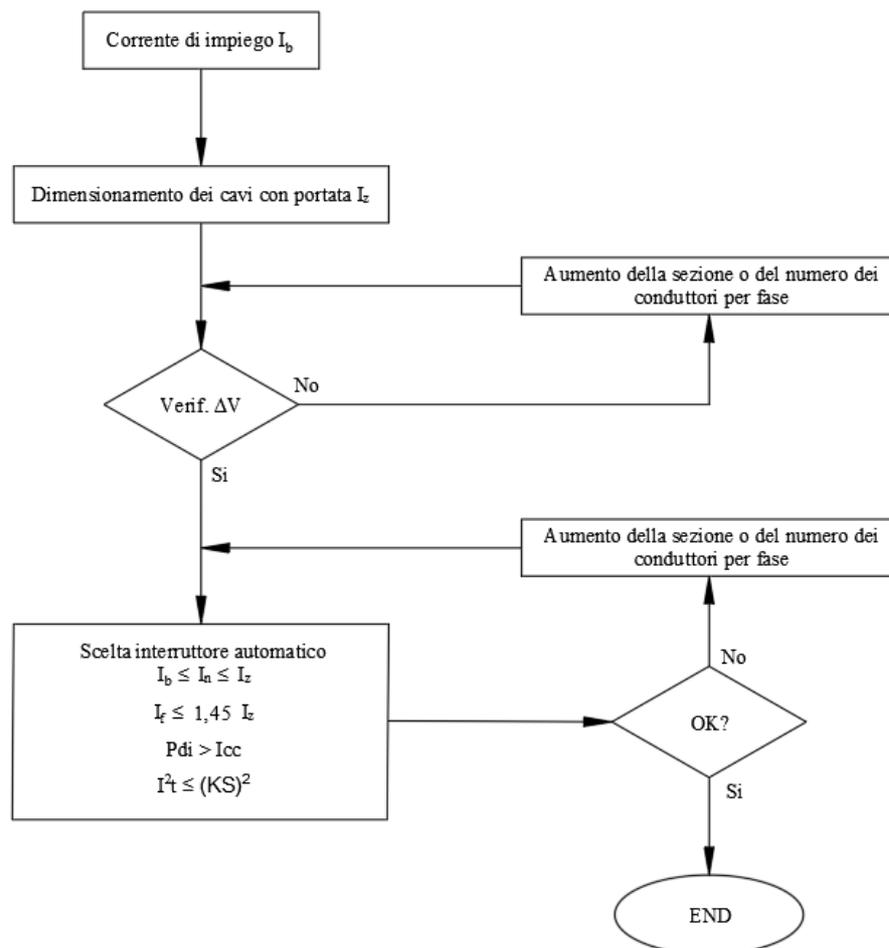
- Protezione mediante isolamento delle parti attive (art. 412.1)
- Protezione mediante involucri o barriere (art. 412.2)
- Protezione addizionale mediante interruttori differenziali (art. 412.5)

Le misure di protezione totali consistono nell'isolamento delle parti attive e nell'uso di involucri o barriere. Le parti attive devono essere ricoperte completamente da uno strato di isolante avente spessore adeguato alla tensione nominale verso terra del sistema elettrico ed essere resistenti agli sforzi meccanici, elettrici, termici e alle alterazioni chimiche cui può essere sottoposto durante il funzionamento. Vernici, lacche, smalti e prodotti simili non sono considerati idonei a garantire una adeguata protezione contro i contatti diretti.

L'involucro garantisce la protezione dai contatti diretti quando esistono parti attive che devono essere accessibili e quindi non possono essere completamente isolate. La barriera è un elemento che impedisce il contatto diretto nella direzione normale di accesso. Questi sistemi di protezione assicurano un certo grado di protezione contro la penetrazione di solidi e di liquidi. Le barriere e gli involucri devono essere saldamente fissati, rimovibili solo con attrezzi, apribili da personale addestrato oppure solo se l'accesso alle parti attive è possibile dopo avere aperto il dispositivo di sezionamento con interblocco meccanico o elettrico. In ogni caso il personale addestrato deve di regola sezionare il circuito prima di operare su parti attive o nelle loro vicinanze. In alcuni casi di comprovata necessità e solo con l'approvazione del diretto superiore e dopo aver preso le necessarie misure di sicurezza, è ammesso lavorare su parti in tensione non superiore a 1000 V. L'interruttore differenziale con corrente nominale d'intervento non superiore a 30mA è riconosciuto come protezione addizionale (non è riconosciuto come unico mezzo di protezione) contro i contatti diretti in caso di insuccesso delle altre misure di protezione o di incuria da parte degli utenti.

7 CONCLUSIONI SUL DIMENSIONAMENTO ELETTRICO DEI CAVI E DELLE PROTEZIONI

Il dimensionamento dei conduttori è stato effettuato tenendo conto della procedura esposta nei precedenti paragrafi e delle caratteristiche dei dispositivi di protezione installati sui quadri. A tale proposito nella seguente figura è mostrato un diagramma di flusso che illustra il procedimento logico da seguire per dimensionare correttamente le apparecchiature elettriche:





LINEA TARANTO – BRINDISI

NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI

IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA8E	00	D 18 CL	LF 01 A2 001	A	41 di 41

RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO LINEE BT

ALLEGATO A

Risultati calcolo elettrico quadri BT