



Autostrada Asti-Cuneo

ADEGUAMENTO DELLA TANGENZIALE DI ALBA

PROGETTO DEFINITIVO

PARTE GENERALE

CAPITOLATI

DISCIPLINARE PRESTAZIONALE DEGLI IMPIANTI ELETTROMECCANICI

IMPRESA 	PROGETTISTA 	INTEGRATORE ATTIVITA' SPECIALISTICHE Dott. Ing. Salvatore Sguazzo Albo degli Ingegneri provincia di Salerno n. 5031 	COMMITTENTE Autostrada Asti-Cuneo S.p.A. Direzione e Coordinamento: S.A.L.T. p.A. (Gruppo ASTM) Via XX Settembre, 98/E 00187 Roma
--	--	--	---

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTR.	APPROV.	RIESAME	DATA	SCALA
A	05-2021	EMISSIONE	Ing. Bassani	Ing. Farronato	Ing. Sguazzo	Ing. Sguazzo	MAGGIO 2021	-
							N. Progr.	
							01.03.04	

CODIFICA	PROGETTO	LIV	DOCUMENTO	REV	WBS
	P018	D	SPE NT 004	A	A331TA0000
					CUP
					G64E20002060005

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO	VISTO DELLA COMMITTENTE
-------------------------------	-------------------------

Il presente documento non potrà essere copiato, riprodotto o altrimenti pubblicato, in tutto od in parte, senza il consenso scritto dell' Autostrada ASTI - CUNEO S.p.A. Ogni utilizzo non autorizzato sarà perseguito a norma di legge. This document may not be copied, reproduced or published, either in part or in its entirety, without the written permission of Autostrada Asti - Cuneo S.p.A. Unauthorized use will be persecuted by law.

INDICE

1. INTRODUZIONE	4
1.1. ATTIVITÀ PRELIMINARI AL PRESENTE INTERVENTO	5
2. DENOMINAZIONI ED ABBREVIAZIONI UTILIZZATE.....	5
3. PRESCRIZIONI LEGISLATIVE E NORMATIVE.....	6
4. MODALITA' ESECUTIVE DEGLI IMPIANTI	8
4.1. PREMessa	8
4.2. ASPETTI DI PROTEZIONE ANTISISMICA DEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI	9
4.2.1. Criteri di progettazione degli impianti ai fini antisismici	9
4.2.2. Accorgimenti generali per zone sismiche.....	10
4.2.3. Prova di qualifica sismica - apparati elettrici	10
4.2.4. Qualifica sismica - Shelter.....	12
4.3. PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI.....	12
4.3.1. Protezione contro i contatti diretti.....	12
4.3.2. Protezione contro i contatti indiretti.....	12
4.3.3. Protezione combinata contro i contatti diretti ed indiretti.....	13
4.4. PROTEZIONE CONTRO I SOVRACCARICHI ED I CORTO CIRCUITI	13
4.4.1. Protezione contro i sovraccarichi	14
4.4.2. Protezione contro i cortocircuiti	14
4.5. GRUPPI DI CONTINUITÀ ASSOLUTA (UPS) CON POTENZA FINO A 20 KVA....	14
4.5.1. Caratteristiche specifiche per norma CEI 0-16	15
4.5.2. Accumulatori al piombo di tipo ermetico.....	16
4.5.3. Cavi di collegamento agli utilizzatori	16
4.6. GRUPPO DI CONTINUITÀ ASSOLUTA (UPS) CON POTENZA TRA 3 E 80 KVA16	
4.6.1. Standard di riferimento	16
4.6.2. Caratteristiche generali	16
4.6.3. Raddrizzatore	19
4.6.4. Inverter	19
4.6.5. Carica batteria	19
4.6.6. Accumulatori al piombo di tipo ermetico.....	19
4.6.7. By-pass / commutazione automatica	20
4.6.8. By-pass manuale esterno.....	20
4.6.9. Backfeed-protection.....	20
4.6.10. Altri componenti.....	21
4.7. TRASFORMATORI MT/BT	22
4.7.1. Prescrizioni comuni	22
4.7.2. Trasformatori MT/BT isolati in resina	26
4.8. QUADRI ED APPARECCHIATURE DI MEDIA TENSIONE.....	28
4.8.1. Prescrizioni comuni	29
4.8.2. Quadri di media tensione in categoria LSC 2A (ex "protetto"), a tenuta d'arco interno	29
4.9. QUADRI E APPARECCHIATURE DI BASSA TENSIONE	33
4.9.1. Generalità.....	33
4.9.2. Quadri con involucro metallico e protezione contro la corrosione	33
4.9.3. Scaricatori da installare nei quadri di distribuzione.....	34
4.9.4. Sbarre.....	34

4.9.5.	<i>Cablaggio</i>	34
4.9.6.	<i>Morsettiere</i>	35
4.9.7.	<i>Collegamenti equipotenziali</i>	35
4.9.8.	<i>Riserva di potenza e di spazio</i>	35
4.9.9.	<i>Marcature</i>	35
4.9.10.	<i>Designazione dei cavi</i>	36
4.10.	CAVI, CONDUTTORI ED ACCESSORI	36
4.10.1.	<i>Cavi e conduttori per media tensione</i>	36
4.10.2.	<i>Cavi e conduttori per bassa tensione</i>	38
4.10.3.	<i>Sistemi di posa dei cavi</i>	43
4.10.4.	<i>Attraversamento superfici di compartimentazione</i>	43
4.11.	CAVIDOTTI ED ACCESSORI	44
4.11.1.	<i>Tubazioni</i>	44
4.11.2.	<i>Canali e passerelle</i>	54
4.12.	CONTENITORI ED ACCESSORI	58
4.12.1.	<i>Generalità</i>	59
4.12.2.	<i>Cassette di derivazione isolanti, in vista</i>	60
4.12.3.	<i>Cassette di derivazione metalliche</i>	60
4.12.4.	<i>Fusibili di protezione delle derivazioni da dorsale</i>	60
4.12.5.	<i>Giunti dritti e di derivazione BT</i>	61
4.13.	IMPIANTI TERMINALI	63
4.13.1.	<i>Generalità</i>	63
4.13.2.	<i>Punti comando</i>	64
4.13.3.	<i>Punti alimentazione diretta</i>	65
4.13.4.	<i>Punti utilizzatori</i>	66
4.14.	IMPIANTO DI TERRA	68
4.14.1.	<i>Generalità</i>	68
4.14.2.	<i>Impianto di terra ad uso informatico</i>	72
4.15.	IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE STRADALE	72
4.15.1.	<i>Apparecchio Tipo A, B, C, D, E, F (rami di svincolo e rotatorie):</i>	72
4.15.2.	<i>Apparecchio Tipo P1, P2 (per torri faro):</i>	73
4.15.3.	<i>Sostegni</i>	73
4.15.4.	<i>Torri faro</i>	74
4.16.	GUIDA LUMINOSA IN CASO DI NEBBIA IN ITINERE	75
4.16.1.	<i>Quadro di comando e controllo</i>	76
4.16.2.	<i>Trasformatore serie</i>	77
4.16.3.	<i>Delineatore</i>	77
4.16.4.	<i>Sonda nebbia</i>	77
4.17.	GUIDA LUMINOSA IN CASO DI NEBBIA DI SVINCOLO	78
4.17.1.	<i>Dispositivi luminosi a LED (marker)</i>	78
4.17.2.	<i>Centralina elettronica per alimentazione e controllo lampeggio dei dispositivi luminosi</i>	78
4.18.	SISTEMA DI TELEGESTIONE PUNTUALE SU ONDE RADIO DEGLI IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE	78
4.18.1.	<i>Nodo concentratore e router per il controllo e la gestione moduli onde radio</i>	78
4.18.2.	<i>Modulo radio completo di antenna esterna</i>	79
4.18.3.	<i>Ingegneria, programmazione ed addestramento del sistema di telegestione punti luce</i>	80
5.	ULTERIORI PRESCRIZIONI SULLE OPERE	80
5.1.	VERNICIATURE	80

5.2.	ETICHETTATURA ED INDIVIDUAZIONE COMPONENTI	81
6.	MODALITÀ ESECUTIVE DELLE OPERE CIVILI PER IMPIANTI TECNOLOGICI	81
6.1.	SCAVI.....	81
6.1.1.	Scavi per cavidotti	82
6.2.	POZZETTI	83
6.2.1.	Pozzetti realizzato in opera con chiusino in ghisa.....	83
6.2.2.	Pozzetto prefabbricato con chiusino in ghisa.....	84
7.	NORME DI MISURAZIONE DELLE LAVORAZIONI	84
8.	OPERE DI ASSISTENZA AGLI IMPIANTI	85
9.	ACCETTAZIONE DEI MATERIALI E DELLE TIPOLOGIE ESECUTIVE...	85
9.1.	GESTIONE DEI MATERIALI DI FORNITURA DELLA SOCIETÀ	87
9.2.	CAMPIONI DI MATERIALI E DI TIPOLOGIE ESECUTIVE	88
9.3.	MARCHE DI RIFERIMENTO	88
9.4.	SISTEMA DI GARANZIA DELLA QUALITÀ	88
9.5.	ELENCO PRINCIPALI SUBFORNITORI	88
9.6.	GARANZIA.....	89
10.	VERIFICHE E PROVE	89
10.1.	PROVE DI TIPO, DI ACCETTAZIONE E RELATIVE CERTIFICAZIONI	89
10.1.1.	Trasformatori con isolamento in resina	89
10.1.2.	Cavi MT	90
10.1.3.	Cavi BT.....	90
10.1.4.	Canalizzazioni	91
10.2.	VERIFICHE E PROVE PRELIMINARI	91
10.2.1.	Impianti elettrici.....	92
10.2.2.	Quadri BT e condotti sbarre	93
10.2.3.	Trasformatori	94
10.2.4.	Relè di protezione.....	94
10.2.5.	Cavi elettrici di MT.....	94
10.2.6.	Cavi elettrici di BT.....	95
10.2.7.	Impianti di illuminazione	95
10.2.8.	Impianti di terra e di protezione contro i fulmini.....	96
10.3.	AVVIAMENTO E MESSA A PUNTO DEGLI IMPIANTI	96
10.4.	VERIFICHE E PROVE FINALI.....	97
10.5.	COLLAUDO FINALE.....	97

1. INTRODUZIONE

Il presente documento intende definire le prescrizioni esecutive e prestazionali degli impianti elettrici e meccanici a base d'appalto e costituisce un'integrazione degli aspetti non espressamente definiti dagli altri elaborati di progetto (relazioni ed elaborati grafici).

Per la descrizione tecnica dettagliata delle opere previste e per l'elenco della normativa di riferimento si rinvia alla relazione tecnica specialistica ed agli elaborati grafici facenti parte del progetto degli impianti in oggetto.

Saranno invece oggetto del presente documento aspetti di carattere tecnico inerenti a:

- Modalità esecutive delle lavorazioni
- Norme di misurazione dei lavori
- Criteri di accettazione dei materiali
- Verifiche e prove
- Specifiche prestazionali dei componenti

L'osservanza delle prescrizioni qui riportate non esaurisce gli obblighi dell'Appaltatore, il quale è tenuto ad ottemperare alle pattuizioni del Contratto ed alle eventuali disposizioni generali e particolari impartite, nei singoli casi, dalla D.L.

Per quanto non derogante dalle disposizioni sopraccitate, l'Appaltatore è inoltre tenuto all'ottemperanza di tutte le disposizioni di Legge, di regolamenti e prescrizioni applicabili alla materia, emanate da Autorità competenti e vigenti nella località dove vengono eseguiti i lavori.

In caso di assenza o di insufficienza della normativa applicabile, apposite procedure dovranno essere concordate preventivamente con la D.L.

Il lavoro in oggetto sarà eseguito a perfetta regola d'arte.

I montaggi saranno conformi alle specifiche tecniche ed alla progettazione esecutiva; verranno redatti gli elaborati di dettaglio, che saranno sottoposti all'approvazione della Direzione dei Lavori.

Saranno rispettate le disposizioni impartite dalla Direzione dei Lavori, sia in materia di esecuzione dei lavori, sia in relazione alle maestranze impiegate in cantiere.

Le prescrizioni che seguono hanno carattere generale e pertanto possono talvolta comprendere apparecchiature e materiali non previsti nel presente appalto. Esse tuttavia vengono ugualmente riportate poiché si ritengono utili per l'eventuale realizzazione di opere in variante al momento non prevedibili.

Nel caso siano richieste caratteristiche diverse da quelle indicate in questo documento esse saranno chiaramente precisate negli altri elaborati di progetto.

In caso di discrepanza o contrasto tra i vari elaborati facenti parte del progetto, si stabilisce sin d'ora la seguente graduatoria di priorità:

- Contratto
- Elenco Descrittivo delle Voci
- CSA
- Relazioni generali e/o tecniche
- Tavole grafiche

In ogni caso gli elaborati a carattere specifico prevalgono su quelli a carattere generale.

Resta inteso che l'Appalto comprende la fornitura, la posa in opera, la messa in servizio, le prove e collaudi funzionali di tutti i componenti necessari per ottenere un impianto a regola d'arte, completo e perfettamente funzionante. La realizzazione delle opere di cui trattasi dovrà essere completata dall'Appaltatore nei tempi definiti dal Cronoprogramma allegato e con modalità rispondenti alla normativa tecnica ed alle specifiche indicate nel presente documento e negli altri elaborati di progetto facenti parte integrante del contratto.

Ovviamente, se nel corso dei lavori fosse emanata una nuova norma attinente i lavori stessi, la Ditta dovrà segnalargliela alla DL e concordare con la stessa le eventuali modifiche per rispondere alle nuove prescrizioni.

Inoltre, qualora risultino cogenti, il documento “CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE”, deve considerare i requisiti prestazionali e i controlli previsti dai Criteri Ambientali Minimi (C.A.M., D.M. 11 gennaio 2017, D.M. 27 settembre 2017 e D.M. 11 ottobre 2017).

1.1. ATTIVITÀ PRELIMINARI AL PRESENTE INTERVENTO

La definizione delle lavorazioni previste nel presente progetto è stata condotta anche attraverso rilievi puntuali, eseguiti in campo con lo scopo di conoscere lo stato di fatto degli impianti e fissare in tal modo le condizioni al contorno entro le quali si inserisce il presente intervento di adeguamento.

Tuttavia, poiché lo stato degli impianti risulta oggetto di possibili modifiche ed integrazioni successive alla data dei rilievi per effetto di lavori di manutenzione, ordinaria o straordinaria, o in seguito ad altri interventi risulta necessario procedere preliminarmente, ovvero prima di iniziare i lavori, con le seguenti attività a carico dell'impresa Appaltatrice dei lavori:

- definire le zone oggetto di intervento;
- identificare, verificare e pulire i pozzetti esistenti coinvolti nelle vie cavi da utilizzare;
- prendere atto e verificare puntualmente i percorsi delle condutture interrate e non esistenti;
- identificare le linee oggetto di modifica/integrazione/rimozione;
- identificare i quadri elettrici e le altre apparecchiature oggetto di modifica/integrazione in cabina ed eventualmente negli shelter TLC.

Si evidenzia che l'Appaltatore dovrà verificare l'origine delle alimentazioni elettriche esistenti, avendo cura di mantenere attive le dorsali adibite agli impianti che dovranno rimanere in funzione.

Saranno altresì a carico dell'impresa Appaltatrice dei lavori gli oneri di pulizia di cavidotti e pozzetti esistenti al fine di garantire il corretto infilaggio di nuove linee e/o lo sfilaggio di linee esistenti, in particolare:

- la ricerca dei chiusini sotto al manto di asfalto e la loro apertura con la rimozione degli strati di bitume, cls o terra
- apertura pozzetti esistenti;
- la rimozione di terra e fango presenti all'interno dei pozzetti;
- la rimozione di eventuali tamponature presenti nei cavidotti;
- la sistemazione ordinata dei cavi all'interno dei pozzetti;
- lo sfilaggio linee esautorate e non più attive.

2. DENOMINAZIONI ED ABBREVIAZIONI UTILIZZATE

Nel seguito saranno impiegati i termini “Amministrazione Appaltante”, “Stazione Appaltante (SA)” e “Committente”: essi si devono ritenere sinonimi ed indicano il COMMITTENTE dell'Opera.

Inoltre saranno utilizzati i termini “Impresa”, “Consorzio di Imprese”, “Associazione temporanea di Imprese (ATI)”, “Ditta”, “Appaltatore”, “Esecutore”: anch'essi si devono ritenere sinonimi e indicano il soggetto APPALTATORE dell'opera.

Nel seguito verranno impiegate le seguenti abbreviazioni (in ordine alfabetico):

- AD Azienda distributrice di energia elettrica (ENEL)
- AT-CN Autostrada Asti Cuneo A33

- BT o bt Simbolo generico di “Sistema di bassa tensione in c.a.” (400/230V)
- CA Continuità assoluta
- CEI Comitato Elettrotecnico Italiano
- CPS Central Power Supply (a norma CEI EN 50171)
- CSA Capitolato Speciale di Appalto
- DL Direzione dei Lavori, generale o specifica
- FM Forza Motrice
- IE Illuminazione di sicurezza per Evacuazione
- I/O Input / Output
- LFM Luce e Forza Motrice
- PE Permanente di Emergenza
- PO Permanente Ordinaria
- RI Rinforzo di Ingresso
- MT Simbolo generico di “Sistema di media tensione in c.a.”
- PLC Programmable Logic Controller
- PMV Pannello a Messaggio Variabile
- SA Servizi ausiliari generici
- SC Servizi ausiliari di Cabina
- SG Servizi ausiliari
- UPS Gruppo di continuità assoluta
- VVF Vigili del Fuoco

Eventuali altri acronimi potranno essere introdotti solo dopo che siano stati citati, tra parentesi, accanto alla definizione estesa del proprio significato.

3. PRESCRIZIONI LEGISLATIVE E NORMATIVE

Leggi e Decreti

- D.Lgs. n. 264 del 5/10/2006 di attuazione della Direttiva europea 2004/54/CE
- D.Lgs. n. 285 del 1992 – “Nuovo Codice della Strada”, D. Leg.vo n.9 del 15/01/2002, “Disposizioni integrative e correttive del nuovo codice della strada” e s.m.i.
- D. Leg.vo n.9 del 15/01/2002, “Disposizioni integrative e correttive del nuovo codice della strada”
- D.M. n° 37 del 22/01/08 - "Regolamento [...] recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici"
- D.Lgs. n° 81 del 2008 “Attuazione dell’articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro” (c.d. "Testo Unico sulla Sicurezza") e s.m.i.
- D.P.R. n° 151 del 2011 “Regolamento recante, semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi”

Altro

- Prescrizioni dei Vigili del Fuoco, degli Enti preposti a vigilare sulla sicurezza e delle Autorità locali
- Prescrizioni delle Norme Tecniche ENEL

Norme CEI

Tutta la normativa del Comitato Elettrotecnico Italiano in generale, di interesse per le opere in progetto ed in particolare:

- Norma CEI 0-16 - Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica (nel caso di fornitura in MT).
- Norma 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"
- Norma CEI 11-17 - "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo"
- Norma CEI 11-25 (IEC 60909-2001)- "Calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti trifasi a corrente alternata."
- Norma CEI EN 60947-2 - "Apparecchiature a bassa tensione. Parte 2: Interruttori automatici"
- Norma CEI EN 60898-1 - "Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e simili. Parte 1: Interruttori automatici per funzionamento in corrente alternata"
- Norma CEI EN 50272 - "Prescrizioni di sicurezza per batterie di accumulatori e loro installazioni"
- Norma CEI EN 61439 - "Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT)"
- Norma CEI EN 61386-24 -" Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche Parte 24: Prescrizioni particolari - Sistemi di tubi interrati"

Norme UNI/ISO pressurizzazione bypass

- UNI EN 1751 - Ventilazione degli edifici - Dispositivi per la distribuzione dell'aria - Prove aerodinamiche delle serrande e delle valvole
- UNI EN ISO 5802 - Ventilatori industriali – Prove prestazionali in situ
- UNI EN 12237 - Ventilazione degli edifici - Reti delle condotte - Resistenza e tenuta delle condotte circolari di lamiera metallica
- UNI EN 13501-3 - Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione - Parte 3: Classificazione in base ai risultati delle prove di resistenza al fuoco dei prodotti e degli elementi impiegati in impianti di fornitura servizi: condotte e serrande resistenti al fuoco
- UNI EN 1366-2 - Prove di resistenza al fuoco per impianti di fornitura servizi - Parte 2: Serrande tagliafuoco
- UNI EN 15650 - Ventilazione degli edifici - Serrande tagliafuoco
- UNI EN 1507- Ventilazione degli edifici – Condotte rettangolari di lamiera metallica – Requisiti di resistenza e di tenuta
- UNI EN ISO 5801 - Ventilatori industriali - Prove prestazionali su circuito normalizzato
- ISO 1940-1 - Mechanical vibration - Balance quality requirements for rotors in a constant (rigid) state - Part 1: Specification and verification of balance tolerances

Riferimenti Normativi per il Dimensionamento dei Cavi

- CEI 20-22 Metodi di prova comuni per cavi in condizione d'incendio
- CEI 20-45 V2 "Cavi per energia isolati in gomma elastomerica ad alti modulo di qualità G18, sotto guaina termoplastica o elastomerica, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco rispetto al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR). Cavi con caratteristiche aggiuntive di resistenza al fuoco. Tensione nominale U_{0/U}: 0,6/1 kV"
- CEI 20-67 Descrive la guida all'uso dei cavi elettrici con tensione di esercizio di 0,6/1 kV
- UNEL 35024/1 Descrive la portata di corrente in regime permanente in aria per cavi elettrici aventi tensioni di esercizio fino a 1000 V in c.a. e 1500 V in c.c.
- UNEL 35026 Descrive la portata di corrente in regime permanente per la posa interrata per cavi elettrici aventi tensioni di esercizio fino a 1000 V in c.a. e 1500 V in c.c.
- IEC 60331 "Tests for electric cables under fire conditions - Circuit integrity"

- IEC 60331-25 “Tests for electric cables under fire conditions - Circuit integrity - Part 25: Procedures and requirements - Optical fibre cables”
- DIN 4102-12 “Comportamento davanti al fuoco degli elementi e dei materiali da costruzione, resistenza al fuoco dei sistemi di cavi elettrici necessaria per mantenere l'integrità del circuito”
- CEI EN 50200 - CEI 20-36/4-0 Attrezzatura e la procedura di prova della resistenza al fuoco dei cavi aventi diametro fino a 20 mm. Procedura con shock meccanico.
- CEI EN 50362 - CEI 20-36/5-0 Attrezzatura e la procedura di prova della resistenza al fuoco dei cavi aventi diametro superiore a 20 mm. Procedura con shock meccanico.

Si sottolinea che, tutti i cavi previsti per l'opera in oggetto dovranno essere rispondenti al CPR (regolamento prodotti da costruzione UE 305/11), dotati di marcatura CE e provvisti di dichiarazione di performance. In particolare, per l'opera in oggetto la tipologia di cavo ammessa, considerando il livello di rischio basso e medio sono:

- per livello di rischio basso, euroclasse Cca - s3, d1, a3
- per livello di rischio medio, euroclasse Cca - s1b, d1, a1
- per livello di rischio alto, euroclasse B2ca - s1a, d1, a1

Direttive

- Direttiva sulla compatibilità elettromagnetica (CEE 89/336);
- Direttiva sulla sicurezza elettrica dei prodotti (CEE 73/23);
- Direttiva comunitaria RoHS sulla restrizione dell'uso di sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche.

4. MODALITA' ESECUTIVE DEGLI IMPIANTI

4.1. PREMESSA

Di seguito sono descritti i materiali e gli elementi tecnici previsti nella esecuzione delle opere progettate. Il capitolato precisa, sulla base delle specifiche tecniche, tutti i contenuti prestazionali tecnici degli elementi previsti nel progetto. Il capitolato contiene, inoltre, la descrizione, anche sotto il profilo estetico, delle caratteristiche, della forma e delle principali dimensioni dell'intervento, dei materiali e di componenti previsti nel progetto.

Forniture minori e di completamento quali bulloneria, viteria e minuteria metallica di uso comune non saranno trattate compiutamente in quanto ininfluenti al fine della definizione del costo dell'opera e del relativo livello di prestazione.

Non tutti i componenti e/o le apparecchiature descritte nel presente documento fanno parte degli impianti descritti nel progetto e ciò perché alcune descrizioni si ritengono possano servire per eventuali opere in variante.

Per alcune parti di impianto possono essere allegate specifiche tecniche di dettaglio, alle quali si rinvia, le quali costituiscono parte integrante del presente capitolato tecnico.

Nel caso vengano richieste caratteristiche diverse da quelle indicate in questo documento, esse saranno chiaramente precisate negli altri elaborati di progetto.

Tutti gli impianti forniti dovranno essere funzionali e funzionanti e quindi comprensivi di tutti gli oneri previsti o prevedibili, anche se non espressamente indicati, necessari all'impianto in opera funzionante a perfetta regola d'arte.

Gli impianti dovranno essere realizzati, oltre che secondo le prescrizioni del presente capitolato, anche secondo le buone regole dell'arte, intendendosi con tale denominazione tutte le norme più o meno codificate di corretta esecuzione dei lavori.

Tutto quanto sopra sarà ovviamente compreso nel prezzo di appalto dei lavori.

4.2. ASPETTI DI PROTEZIONE ANTISISMICA DEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI

Laddove sia importante garantire la continuità del servizio in caso di evento sismico, è di vitale importanza che apparecchiature impiantistiche ed impianti, costituenti di fatto degli elementi non strutturali, siano concepite e certificate in modo da non danneggiarsi, nonché essere installate in modo corretto.

Tra gli elementi non strutturali si possono citare:

- Quadri elettrici
- Condotti sbarre
- Gruppi elettrogeni
- UPS / CPS

Diverse considerazioni possono essere svolte in funzione delle caratteristiche del sito in cui questi elementi saranno installati e la relativa classificazione sismica.

4.2.1. Criteri di progettazione degli impianti ai fini antisismici

Il presente paragrafo fornisce indicazioni utili per la progettazione e l'installazione antisismica degli impianti, intesi come insieme di: impianto vero e proprio, dispositivi di alimentazione dell'impianto, collegamenti tra gli impianti e la struttura principale.

A meno di contrarie indicazioni della legislazione nazionale di riferimento, della progettazione antisismica degli impianti è responsabile il produttore, della progettazione antisismica degli elementi di alimentazione e collegamento è responsabile l'installatore, della progettazione antisismica degli orizzontamenti, delle tamponature e dei tramezzi a cui si ancorano gli impianti è responsabile il progettista strutturale.

La capacità dei diversi elementi funzionali costituenti l'impianto, compresi gli elementi strutturali che li sostengono e collegano, tra loro e alla struttura principale, deve essere maggiore della domanda sismica corrispondente a ciascuno degli stati limite da considerare.

È compito del progettista della struttura individuare la domanda, mentre è compito del fornitore e/o dell'installatore fornire impianti e sistemi di collegamento di capacità adeguata. Non ricadono nelle prescrizioni successive e richiedono uno specifico studio gli impianti che eccedano il 30% del carico permanente totale del campo di solaio su cui sono collocati o del pannello di tamponatura o di tramezzatura a cui sono appesi o il 10% del carico permanente totale dell'intera struttura.

In assenza di più accurate valutazioni, la domanda sismica agente per la presenza di un impianto sul pannello di tamponatura o di tramezzatura a cui l'impianto è appeso, si può assimilare ad un carico uniformemente distribuito di intensità $2Fa/S$, dove Fa è la forza di competenza di ciascuno degli elementi funzionali componenti l'impianto applicata al baricentro dell'elemento e calcolata utilizzando la specifica equazione presente nelle NTC e S è la superficie del pannello di tamponatura o di tramezzatura.

Tale carico distribuito deve intendersi agente sia ortogonalmente sia tangenzialmente al piano medio del pannello. In accordo con i criteri della progettazione in capacità gli eventuali componenti fragili devono avere capacità doppia di quella degli eventuali componenti duttili ad essi contigui, ma non superiore a quella richiesta da un'analisi eseguita con modello elastico e fattore di comportamento q pari ad 1.5.

La domanda valutata con i criteri della progettazione in capacità può essere assunta non superiore alla domanda valutata per il caso di comportamento strutturale non dissipativo. Gli impianti non possono essere vincolati alla costruzione contando sull'effetto dell'attrito, bensì devono essere collegati ad essa con dispositivi di vincolo rigidi o flessibili; gli impianti a dispositivi di vincolo flessibili sono quelli che hanno periodo di vibrazione $T \geq 0.1s$ valutato tenendo conto della sola deformabilità del vincolo. Se si adottano dispositivi di vincolo flessibili, i collegamenti di servizio dell'impianto devono essere flessibili e non possono far parte del meccanismo di vincolo. Deve essere limitato il rischio di fuoriuscite incontrollate di gas o fluidi, particolarmente in prossimità di utenze elettriche e materiali infiammabili, anche mediante l'utilizzo di dispositivi d'interruzione automatica della distribuzione. I tubi per la fornitura

di gas o fluidi, al passaggio dal terreno alla costruzione, devono essere progettati per sopportare senza rotture i massimi spostamenti relativi costruzione-terreno dovuti all'azione sismica corrispondente a ciascuno degli stati limite considerati.

4.2.2. Accorgimenti generali per zone sismiche

Nell'installazione di elementi non strutturali in zone ad alto rischio sismico, oltre ad una scelta oculata dei sistemi di fissaggio, è opportuno adottare i seguenti accorgimenti:

- utilizzo di giunti flessibili per condotti sbarre, in particolare per la connessione ad elementi fissi (quadri, trasformatori, ...);
- utilizzo di supporti antivibranti su apparecchiature che per loro natura e specifiche costruttive producono vibrazioni e rumori di intensità variabile (gruppi elettrogeni, unità di trattamento aria, gruppi frigoriferi, compressori, gruppi di pompaggio, ...). Sono adatti allo scopo isolanti elastomerici di gomma naturale o sintetica, isolatori metallici a molla, o sospensioni pneumatiche;
- utilizzo di giunti flessibili su tubazioni di trasporto fluidi;
- nel caso di collegamenti ad apparecchiature (quadri, altro), aumento della lunghezza dei cavi per garantire riserva utile sia a sopperire ad eventuali spostamenti, sia a permettere un eventuale ricollegamento delle linee che dovessero scollegarsi o dovessero subire danni.

4.2.3. Prova di qualifica sismica - apparati elettrici

La prova di qualifica sismica dimostra la capacità di un apparato elettrico (quadro elettrico, trasformatore, rack dati, etc.) e delle apparecchiature in esso contenute di resistere alle sollecitazioni di un evento sismico, mantenendo le funzionalità essenziali richieste, qualunque sia il quadro selezionato.

Con questi livelli di resistenza, dopo l'evento sismico, all'interno dei limiti e delle condizioni definite, viene garantito:

- che non sia avvenuto il collasso della struttura;
- l'operatività delle apparecchiature (es. interruttori MT, BT, etc.) dopo il terremoto;
- il mantenimento delle caratteristiche meccaniche, IP e IK.

4.2.3.1. Tenuta sismica - quadri BT ed MT

I quadri BT ed MT saranno caratterizzati da una tenuta in caso di sisma compatibilmente con la classificazione del sito. Questo sarà dimostrato da un apposito Rapporto di Prova redatto da laboratorio accreditato (es. CESI), comprovante il superamento del test di accelerazione, con:

- livello di performance $\geq 2^\circ$ (con il carico massimo previsto);
- valore di picco non inferiore a 1 g per gli assi x e y e 0,8 g per asse z.

Le prove sui quadri elettrici saranno eseguite in conformità alle norme tecniche applicabili. In particolare:

- IEEE 693- IEEE Recommended Practice for Seismic Design of Substations
- IEC 60068-2-57 - Environmental testing - Part 2-57: Tests - Test Ff: Vibration - Time-history and sine-beat method
- CEI EN 60068-3-3 Prove climatiche e meccaniche fondamentali – Parte 3: Guida – Metodi di prova sismica per apparecchiature

Inoltre, per i quadri elettrici MT è applicabile la norma:

- IEC 62271-210 - High-voltage switchgear and controlgear - Part 210: Seismic qualification for metal enclosed and solid-insulation enclosed switchgear and controlgear assemblies for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV

4.2.3.2. Tenuta sismica – trasformatori MT/BT

I trasformatori MT/BT saranno caratterizzati da una tenuta in caso di sisma compatibilmente con la classificazione del sito. Questo sarà dimostrato da un apposito Rapporto di Prova redatto da laboratorio accreditato (es. CESI), comprovante il superamento del test di accelerazione PGA (Peak ground acceleration), con valore di picco non inferiore al valore di accelerazione (Risposta Sismica Locale RSL) previsto nel progetto $A_{max} = a_g \times S_s \times S_t$, dove:

- a_g = massima accelerazione sismica attesa al sito (in rapporto all'accelerazione gravitazione);
- S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica;
- S_t = coefficiente di amplificazione topografica.

Le prove sui trasformatori MT/BT saranno eseguite in conformità alle norme tecniche applicabili. In particolare:

- CEI EN 60068-3-3: Prove ambientali - Parte 3: Guida - Metodi di prova sismica per apparecchiature.
- CEI EN 60068-2-57: Prove ambientali - Parte 2-57: Prove - Prova Ff vibrazioni, tempo- storia metodo.
- CEI EN 60068-2-6: Prove ambientali - Parte 2: Prove - Prova Fc: Vibrazioni (sinusoidali).
- CEI EN 60068-2-47: Prove ambientali - Parte 2-47: Montaggio di componenti, apparecchiature e altri articoli per prove dinamiche di vibrazione, urto e similari.

4.2.3.3. Gruppi elettrogeni

I gruppi elettrogeni, se montati e bloccati in modo opportuno, possono essere considerati adatti per applicazioni in zone con rischio sismico riconosciuto. Il modo in cui il gruppo è concepito e bloccato necessita comunque di considerazioni speciali nel caso specifico, con opportuna definizione di peso, centro di gravità, punti di montaggio.

Componenti ausiliari, quali linee elettriche di distribuzione, refrigeranti e combustibili devono essere poi progettati al fine di sostenere un danno minimo e facilitare le riparazioni in caso di terremoto. Interruttori, quadri di distribuzione e di commutazione rete-gruppo devono poi essere in grado di funzionare durante e dopo eventi sismici, perciò devono essere considerate le disposizioni precedentemente menzionate.

Tra gli accorgimenti che possono essere considerati per rendere un gruppo elettrogeno più adatto all'installazione in zone sismiche, vanno segnalati quelli sul cablaggio per alimentazione e soprattutto per il controllo, che devono essere realizzati in modo da ridurre gli sforzi sui cavi. La disposizione opportuna dei cavi nella struttura, così come l'utilizzo di conduttori cordati anziché a conduttore rigido, aiutano a prevenire guasti a cavi e connessioni causati dalle vibrazioni.

L'Appaltatore sarà quindi tenuto a chiedere ai costruttori la documentazione che provi l'applicazione di tali accorgimenti, al fine di consegnarla alla DL per l'approvazione ed accettazione dei gruppi elettrogeni proposti.

4.2.3.4. UPS e CPS

Gli UPS / CPS saranno caratterizzati da una tenuta in caso di sisma compatibilmente con la classificazione del sito. La mantenuta funzionalità in caso di sisma sarà comprovata da un apposito Rapporto di Prova redatto da laboratorio accreditato (es. CESI), comprovante il superamento del test di accelerazione, con valore di picco non inferiore al valore di accelerazione (Risposta Sismica Locale RSL) previsto nel progetto $A_{max} = a_g \times S_s \times S_t$, dove:

- a_g = massima accelerazione sismica attesa al sito (in rapporto all'accelerazione gravitazione);
- S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica;
- S_t = coefficiente di amplificazione topografica.

Le prove su UPS e CPS saranno eseguite in conformità alle norme tecniche applicabili. In particolare:

- CEI EN 60068-3-3: Prove ambientali - Parte 3: Guida - Metodi di prova sismica per apparecchiature.

- CEI EN 60068-2-57: Prove ambientali - Parte 2-57: Prove - Prova Ff vibrazioni, tempo- storia metodo.
- CEI EN 60068-2-6: Prove ambientali - Parte 2: Prove - Prova Fc: Vibrazioni (sinusoidali).

4.2.4. Qualifica sismica - Shelter

Al fine della qualificazione antisismica degli shelter per il contenimento di apparati elettrici ordinari e speciali, è richiesta la redazione di un certificato di collaudo statico del manufatto shelter, redatto secondo i criteri definiti dalle NTC 2018, con riferimento alle condizioni di posa previste nel progetto (ad es. su basamento in CA, su struttura metallica, etc.) ed al valore di accelerazione (Risposta Sismica Locale RSL) previsto nel progetto $A_{max} = a_g \times S_s \times S_t$, dove:

- a_g = massima accelerazione sismica attesa al sito (in rapporto all'accelerazione gravitazionale);
- S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica;
- S_t = coefficiente di amplificazione topografica.

4.3. PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI

4.3.1. Protezione contro i contatti diretti

La protezione contro i contatti diretti deve essere garantita in generale tramite isolamento della parte attiva. Devono essere pertanto adottati quegli accorgimenti (isolamenti rimovibili soltanto mediante attrezzo o distruzione, involucri e barriere tali da assicurare almeno un grado di protezione IPXXB o su superfici orizzontali a portata di mano IPXXD, porte, chiavi, ecc.) idonei ad escludere l'accesso a parti in tensione senza prima aver effettuato tutte le manovre necessarie per il sezionamento dell'impianto e la messa a terra dei conduttori. Si rammenta che in base alle norme CEI 70-1 il grado di protezione è IPXXB quando il dito di prova non può toccare parti in tensione; il grado di protezione è IPXXD quando il contatto a parti in tensione è impedito ad un filo con diametro 1 mm e lunghezza 100 mm. Ogni circuito deve essere dotato di dispositivo onnipolare in grado di garantire sezionamento di tutti i conduttori attivi (quindi neutro compreso).

In particolare si fanno le seguenti prescrizioni:

- L'accesso ai quadri elettrici deve essere reso possibile solo a personale qualificato tramite l'uso di chiavi e/o attrezzi;
- Si devono realizzare tutti gli interblocchi necessari onde evitare chiusure accidentali che possono generare situazioni di pericolo per il personale addetto alla manutenzione;
- Il grado di protezione dei quadri, a porte aperte, deve essere almeno IP2X;
- Uso di dispositivi differenziali con $I_{dn} \leq 30$ mA: essi possono solo concorrere alla protezione contro i contatti diretti ma devono essere sempre integrati con altre misure di protezione.

4.3.2. Protezione contro i contatti indiretti

Per assicurare la protezione contro i contatti indiretti mediante interruzione automatica del circuito (vedi paragrafi successivi) è necessario adottare i seguenti accorgimenti:

- Collegamento a terra di tutte le masse metalliche;
- Collegamento al collettore di terra dell'edificio dei conduttori di protezione, delle masse estranee (ad esempio: le delle tubazioni metalliche entranti nel fabbricato) tramite collegamenti equipotenziali principali e supplementari.

4.3.2.1. Sistema di distribuzione TN

La protezione contro i contatti indiretti, in un sistema TN, deve essere garantita mediante una o più delle seguenti misure:

- Tempestivo intervento delle protezioni di massima corrente degli interruttori preposti alla protezione delle linee e, laddove ciò non risultasse possibile, tramite protezioni di tipo differenziale
- Utilizzo di componenti di classe II
- Realizzazione di separazione elettrica con l'uso di trasformatore di isolamento

Per la protezione contro i contatti indiretti nei sistemi TN è necessario che in ogni punto dell'impianto sia rispettata la condizione:

$$I_a \leq \frac{U_0}{Z_g}$$

dove:

- U_0 è la tensione di fase (stellata)
- Z_g è l'impedenza dell'anello di guasto
- I_a è la corrente di intervento in 5 s, 0.4 s o 0.2 s (a seconda del caso) del dispositivo di protezione

Tempi di intervento non superiori a 0.4 s sono prescritti per tutti i circuiti terminali. Per i circuiti di distribuzione (dove le probabilità di guasto sono minori), sono ritenuti sufficienti tempi di intervento pari a 5 s. Nell'impossibilità di soddisfare a tale relazione con i dispositivi magnetotermici preposti alla protezione delle linee è previsto il ricorso a sistemi di protezione differenziali.

Nei tratti della rete di distribuzione dove è previsto il sistema TN-C il dispositivo differenziale non può essere utilizzato.

Nel caso di utilizzo, a diversi livelli dell'impianto, di più dispositivi differenziali, dovrà essere garantita la selettività di intervento.

4.3.3. Protezione combinata contro i contatti diretti ed indiretti

In ambienti particolari, caratterizzati da elevato rischio di folgorazione (es: piscine), si fa ricorso a sistemi di categoria 0 (bassissima tensione) tipo SELV, PELV o FELV che garantiscono una protezione combinata contro contatti diretti ed indiretti.

Si fanno in merito le seguenti prescrizioni:

- Nei circuiti SELV la tensione non sia superiore a 50 V se in alternata e 120 V se in continua. La sorgente sia costituita da un trasformatore di sicurezza conforme alle norme CEI 14-6 o da sorgenti con grado di sicurezza equivalente. I circuiti e le relative masse non devono avere punti a terra e devono essere adeguatamente separati da altri circuiti (posa su condutture separate o provvedimento equivalente). Se la tensione è inferiore a 25 V in alternata o 60 V in continua non è necessario provvedere a protezioni contro i contatti diretti
- Nei circuiti PELV a parte la necessità di prevedere un punto a terra per motivi funzionali devono essere rispettate tutte le indicazioni prescritte per i circuiti SELV
- Nei circuiti FELV (circuiti in bassa tensione non SELV e non PELV) deve essere garantita la protezione contro i contatti diretti. In particolare, la protezione contro i contatti indiretti deve essere assicurata dalla protezione del circuito di alimentazione del primario del trasformatore

4.4. PROTEZIONE CONTRO I SOVRACCARICHI ED I CORTO CIRCUITI

La protezione contro le sovracorrenti di ogni condotta deve essere garantita da dispositivi automatici che interrompano automaticamente l'alimentazione quando si producano sovraccarichi o cortocircuiti (a meno che la sorgente di alimentazione non sia in grado di fornire correnti superiori alla portata della condotta).

Tutte le protezioni di massima corrente ed eventuali interruttori non automatici di sezionamento dovranno essere coordinate tra loro.

Inoltre i vari dispositivi di interruzione dovranno risultare, per quanto possibile, selettivi fra loro in modo tale da limitare il disservizio all'utente in caso di guasto.

I calcoli di verifica delle protezioni, del loro coordinamento e selettività dovranno essere presentati alla DL prima dell'inizio dei lavori.

4.4.1. Protezione contro i sovraccarichi

Per la protezione contro i sovraccarichi, la corrente nominale del dispositivo automatico deve essere compresa tra la corrente di impiego del circuito e la portata del cavo; la corrente di sicuro intervento del dispositivo automatico non deve essere superiore a 1.45 volte la portata del cavo. I dispositivi di protezione contro i sovraccarichi possono essere installati lungo la condotta se a monte non vi sono prese e derivazioni o se non attraversa luoghi a maggior rischio di incendio ed esplosione e se sono rispettate le condizioni appena descritte per tutta la condotta (a monte ed a valle).

La protezione contro i sovraccarichi deve essere omessa quando l'apertura intempestiva del circuito può essere causa di pericolo (vedi Norma CEI 64-8).

4.4.2. Protezione contro i cortocircuiti

Per la protezione contro i cortocircuiti, il dispositivo di protezione deve avere potere di interruzione superiore alla corrente di cortocircuito nel suo punto di installazione ed in caso di cortocircuito deve limitare la sollecitazione termica sulla condotta protetta entro limiti ammissibili. I dispositivi di protezione contro i cortocircuiti devono essere omessi dove l'apertura intempestiva del circuito è fonte di pericolo (vedi Norma CEI 64-8).

Non è necessario proteggere contro il cortocircuito derivazioni di lunghezza non superiore a 3 m purché sia ridotto al minimo il rischio di cortocircuito, non siano in vicinanza di materiali combustibili (ad esempio cavi entro tubo) e non ci si trovi in luoghi a maggior rischio di incendio ed esplosione.

Ogni circuito (o gruppi di circuiti) deve poter essere sezionato dall'alimentazione per permettere di eseguire lavori su o in vicinanza di parti in tensione. Il sezionamento deve essere realizzato con dispositivi multipolari e deve riguardare anche il neutro se distribuito.

4.5. GRUPPI DI CONTINUITÀ ASSOLUTA (UPS) CON POTENZA FINO A 20 KVA

L'UPS deve essere del tipo statico on-line (carico alimentato dall'inverter sia in condizioni ordinarie che all'insorgere di interruzioni di alimentazione da rete o "buchi di tensione") completo di convertitore AC/DC (raddrizzatore), accumulatori, convertitore DC/AC (inverter) e commutatore statico.

La potenza dell'UPS deve essere pari alla massima potenza che il carico alimentato può richiedere in regime permanente maggiorata del 10-15% per futuri ampliamenti ed approssimata per eccesso alla più prossima potenza commerciale.

Per UPS monofase – monofase la linea di alimentazione deve essere dimensionata per $1,5 I_n$ (I_n = corrente nominale in uscita all'UPS).

Per UPS trifase – trifase, trifase – monofase la linea di alimentazione deve essere dimensionata per $1,1 I_n$ (I_n = corrente nominale in uscita all'UPS).

L'energia erogata dall'UPS deve essere fornita da batteria di accumulatori mantenuta in carica in tampone alla rete. Gli accumulatori devono essere del tipo a ricombinazione di gas (accumulatori ermetici) e pertanto completamente chiusi salvo la valvola di sfogo.

La capacità degli accumulatori deve garantire un'autonomia dell'alimentazione alla potenza nominale dell'UPS per un tempo adeguato.

Deve essere predisposto (se non incorporato nell'UPS) un circuito di by-pass ad azionamento manuale per permettere in caso di avaria o di interventi di manutenzione, di alimentare il carico in modo indipendente dall'UPS.

Per quanto concerne la protezione contro i contatti indiretti si possono verificare i seguenti due casi:

Arrivo unico da rete per commutatore statico - inverter

Il commutatore statico e la serie raddrizzatore/carica batteria/Inverter saranno alimentati da un unico arrivo da rete.

La protezione contro i contatti indiretti dei circuiti a valle dell'UPS deve essere garantita da interruttore differenziale installato immediatamente a monte dello stesso. Tale interruttore differenziale deve essere di tipo A o meglio di tipo B (sensibile anche a correnti di guasto unidirezionali) e deve avere corrente differenziale di intervento compatibile con la corrente di dispersione dei filtri in ingresso all'UPS.

Arrivi indipendenti da rete per commutatore statico - inverter

Il commutatore statico e la serie raddrizzatore/carica batteria/Inverter saranno alimentati da due arrivi da rete indipendenti.

La protezione contro i contatti indiretti dei circuiti a valle dell'UPS deve essere garantita da interruttori differenziali installati immediatamente a monte dello stesso. Tali interruttori differenziali devono essere di tipo A o meglio di tipo B (sensibile anche a correnti di guasto unidirezionali) e devono avere corrente differenziale di intervento compatibile con la corrente di dispersione dei filtri in ingresso all'UPS.

Il gruppo statico dovrà consentire l'alimentazione per tutti quei "carichi critici" che necessitano un'autonomia della rete in caso di interruzione della stessa. Dovrà inoltre garantire:

- Isolamento galvanico tra utenze e rete
- Continuità assoluta di alimentazione, anche al mancare della rete
- Completa eliminazione delle perturbazioni di rete quali microinterruzioni e fluttuazioni di tensione e frequenza
- Elevata qualità della forma d'onda della corrente erogata

Sarà costituito dalle seguenti sezioni:

La sezione raddrizzatore dovrà provvedere alla trasformazione della tensione di rete in tensione continua stabilizzata necessaria all'alimentazione dell'inverter stesso, nonché alla carica e al mantenimento in carica della batteria collegata in tampone. La sezione inverter trasformerà la tensione continua fornita dalla "sezione raddrizzatore" (o dalla batteria) in una tensione alternata sinusoidale stabilizzata in ampiezza e frequenza. La sezione commutazione automatica avrà il compito di commutare istantaneamente e senza interruzione l'alimentazione del carico dell'inverter nel caso di avaria che precluda la continuità di servizio o in caso di sovraccarichi, per cause esterne, oltre i limiti cui l'apparecchiatura è in grado di sopportare. La sezione batterie di accumulatori soddisferà alle prescrizioni espresse in altro capitolo.

4.5.1. Caratteristiche specifiche per norma CEI 0-16

La Norma CEI 0-16 prevede, per gli ausiliari di cabina, un'alimentazione senza interruzione dei circuiti di comando relativi alla PG e al DG. I circuiti di comando relativi a PG e DG e la bobina a mancanza di tensione devono essere alimentati dalla medesima tensione ausiliaria. Fornita da UPS o da batterie tampone, l'alimentazione deve essere garantita per un'autonomia di 1 ora. In caso di un lungo fuori servizio dovuto a manutenzione o guasto, la messa in tensione del DG deve essere eseguita da personale specializzato. Poiché è necessario alimentare il DG prima di chiudere il sezionatore generale, per consentire la rienergizzazione dell'impianto a seguito di una prolungata mancanza dell'alimentazione all'UPS è necessario che quest'ultimo sia provvisto di un accorgimento tale da mantenere una carica residua sufficiente alla chiusura dell'interruttore generale.

4.5.2. Accumulatori al piombo di tipo ermetico

Gli elementi costituenti la batteria saranno di tipo ermetico in vaso chiuso.

Dovranno essere classificati come Accumulatori senza manutenzione, essere a bassissima autoscarica, ed essere esenti da presenza di antimonio. Tale sostanza presente in concentrazione minima, grazie alla caratteristica costruttiva degli elementi, consentirà una riduzione della corrente assorbita in carica e quella che provoca l'elettrolisi dell'acqua. I contenitori saranno sempre in materiale plastico acrilanitrilico trasparente traslucido chiusi in modo ermetico da un coperchio dello stesso materiale. Ciascun elemento dovrà essere numerato in modo progressivo.

Le piastre che compongono l'elemento saranno così composte:

- Quelle positive avranno una struttura tubolare conduttrice, ottenuta per pressofusione in lega leggera e priva di antimonio
- Quelle negative saranno di materiale attivo riportato su griglia. Anche per queste varrà il criterio costruttivo di bassa percentuale di antimonio

L'isolamento interno dovrà essere assicurato da un reticolo di tubetti contenenti la materia attiva positiva, con frapposto un separatore microscopico.

4.5.3. Cavi di collegamento agli utilizzatori

I cavi per il collegamento con gli utilizzatori o con il carica batterie dei poli positivo e negativo della batteria saranno in corda di rame stagnato rigido o flessibile munito alle estremità di capicorda in rame o ottone stagnato di tipo ad occhiello fissato per compressione.

I capicorda saranno rivestiti da una guaina termorestringente fino a ricoprire anche parte dell'isolante del cavo.

La connessione al polo sarà protetta con una calotta isolante o con altro sistema equivalente atto ad impedire la possibilità di toccare contemporaneamente le due polarità.

I conduttori saranno posti entro tubazioni in PVC rigido di tipo filettabile ancorate alle pareti o ad altre strutture fisse del locale.

I tratti terminali delle tubazioni saranno di tipo flessibile collegate a quelle rigide mediante adatto raccordo.

4.6. GRUPPO DI CONTINUITÀ ASSOLUTA (UPS) CON POTENZA TRA 3 E 80 KVA

I gruppi di continuità assoluta in corrente alternata, saranno caratterizzati da ingresso monofase AC e uscita monofase AC per la taglia 6 kVA, ingresso trifase AC ed uscita trifase AC per le taglie tra 10 e 80 kVA, e saranno caratterizzati da a forma d'onda sinusoidale.

4.6.1. Standard di riferimento

L'apparecchiatura dovrà essere rispondente a:

- norme di prodotto CEI EN 62040

L'azienda fornitrice dovrà essere certificata da ente terzo secondo lo standard ISO 9001:2000.

4.6.2. Caratteristiche generali

L'UPS / CPS sarà composto da:

- Raddrizzatore / Convertitore CC-CC con tecnologia IGBT come dispositivi di potenza pilotati operanti in modulazione ad ampiezza di impulso (PWM), per assicurare una bassa distorsione di corrente di ingresso ed elevato fattore di potenza;

- Carica Batterie;
- Inverter trifase utilizzante IGBT come dispositivi di potenza pilotati operanti in modulazione ad ampiezza di impulso (PWM) ed un filtro di uscita e regolazione di tipo digitale per mezzo di un processore di segnale (DSP);
- By-pass automatico interno (configurabile);
- By-pass manuale interno;
- Batterie e loro armadio di contenimento, se necessario;
- Armadio di contenimento delle apparecchiature (cabinet): sarà dotato di ruote per favorire la movimentazione durante le operazioni di installazione e manutenzione. La struttura dell'involucro deve essere metallica per soddisfare sia i requisiti di robustezza meccanica e resistenza alle temperature come richiesti dalla EN 61032 ed EN 60958-1

Le caratteristiche principali degli UPS sono di seguito riportate:

	Taglia 6 kVA	Taglie 10..80 kVA
Tipo	1F/1F	3F+N/3F+N
Tensione nominale di ingresso	230 V	400V + N
Tensione nominale di uscita	230 V (220/240 selezionabili)	3x380/400/415V+N (selezionabile)
Potenza nominale	valore indicato negli altri elaborati di progetto	
Autonomia in caso mancanza rete	valore indicato negli altri elaborati di progetto	
Rendimento doppia conversione (modo normale)	93,5%	94.5% a carico nominale
In ingresso al raddrizzatore		
Cosφ verso la rete	≥0.99 (a pieno carico e a tensione nominale)	≥0.99 (a pieno carico e a tensione nominale)
Tolleranza sulla tensione di ingresso	± 20%	da -15 a + 20%
Frequenza di esercizio	50/60 Hz (selezionabile)	
Tolleranza sulla frequenza	±10%	
Distorsione max armonica in ingresso (THDI)	<3% (fino alla 50 ^a armonica)	<3% (fino alla 50 ^a armonica)
Massima corrente di spunto all'accensione	< In	< In (nessuna sovracorrente)
In uscita all'inverter		
Tolleranza tensione uscita in condizioni statiche	± 1%	± 1%
Tolleranza tensione uscita in condizioni dinamiche conforme alla classificazione VF-SS-111 della CEI EN 62040-3 (Voltage Frequency Independent)		
Frequenza	50/60 Hz (selezionabile)	
Sovraccarico ammesso dall'inverter con rete presente	120% senza limiti di tempo 130% 10 min 180% 5 sec	120% senza limiti di tempo 160% per 1 min 180% 5 sec

Distorsione max della tensione (THDV)	1 % con carico lineare < 3 % con carico distorcente	1 % con carico lineare < 3 % con carico distorcente
V batterie	commisurata alla potenza dell'UPS/CPS e all'autonomia richiesta	
Livello sonoro	< 52dB	< 58dB

L'apparecchiatura, con tecnologia a IGBT, dovrà essere in grado di:

- Provvedere, in caso di mancanza dell'alimentazione di rete ordinaria, o in caso di guasto intervenuto sul raddrizzatore, all'alimentazione senza interruzione dei carichi collegati tramite batteria
- Fornire, in condizioni normali, sia la carica di mantenimento della batteria, sia l'alimentazione diretta in c.a. ai carichi collegati
- Ristabilire, al ritorno dell'alimentazione di rete, il funzionamento ordinario del raddrizzatore provvedendo alla alimentazione dei carichi collegati e alla ricarica a fondo della batteria di accumulatori
- Fornire una tensione precisa di uscita con la minima introduzione di armoniche in rete

Dovrà inoltre garantire:

- Isolamento galvanico tra utenze e rete (se richiesto negli elaborati di progetto)
 - Completa eliminazione delle perturbazioni di rete quali microinterruzioni e fluttuazioni di tensione e frequenza
 - Elevata qualità della forma d'onda della corrente erogata
- 1.

L'energia erogata dagli UPS in assenza di rete dovrà essere fornita da batteria di accumulatori mantenuta in carica da carica batterie addizionale. Gli accumulatori devono essere del tipo a ricombinazione di gas (accumulatori ermetici) e pertanto completamente chiusi salvo la valvola di sfogo. La capacità degli accumulatori dovrà garantire un'autonomia dell'alimentazione alla potenza nominale dell'UPS per un tempo adeguato.

L'apparecchiatura dovrà essere inoltre dotata di:

- circuito di by-pass statico automatico;
- protezione backfeed in accordo con i requisiti dello Standard di Sicurezza IEC 62040-1;
- arresto di emergenza per intervento di pulsante remoto.

Per quanto concerne la protezione contro sovraccarichi, corto circuiti e contatti indiretti si possono verificare i seguenti due casi: Arrivi indipendenti da rete per commutatore statico - inverter

Il commutatore statico e la serie raddrizzatore/carica batteria/Inverter saranno alimentati da due arrivi da rete indipendenti, provenienti dalla stessa fonte d'energia.

Il quadro a monte dovrà prevedere due interruttori automatici di portata adeguata alla corrente assorbita a pieno carico nel caso in cui si opti per la suddivisione fino al quadro, ovvero di un solo interruttore nel caso in cui il circuito di ingresso al raddrizzatore ed il by-pass vengano connessi direttamente sull'apparecchiatura.

La protezione contro i contatti indiretti dei circuiti a valle dell'UPS deve essere garantita da interruttori differenziali installati immediatamente a monte dello stesso.

Tali interruttori differenziali devono avere corrente differenziale di intervento compatibile con la corrente di dispersione dei filtri in ingresso all'UPS. Nel caso di ingressi separati non è tuttavia ammessa

l'installazione di due interruttori differenziali. Se ciò è richiesto è necessaria l'installazione di un trasformatore di isolamento da collegare in ingresso al by-pass o al raddrizzatore.

Il dettaglio sui singoli componenti l'apparecchiatura è di seguito riportato, nella fattispecie:

- Raddrizzatore
- Inverter
- Carica batteria
- By-pass / Commutazione automatica e By-pass manuale
- Accumulatori al piombo
- Altri componenti (pannello di controllo e comando, cavi, ...)

4.6.3. Raddrizzatore

La sezione raddrizzatore dovrà provvedere alla trasformazione della tensione di rete in tensione continua stabilizzata, necessaria all'alimentazione dell'inverter stesso, nonché alla carica e al mantenimento in carica della batteria.

Sarà un Raddrizzatore / Convertitore CC-CC con tecnologia IGBT come dispositivi di potenza pilotati, operanti in modulazione ad ampiezza di impulso (PWM), per assicurare una bassa distorsione di corrente di ingresso e un fattore di potenza elevato.

4.6.4. Inverter

La sezione inverter trasformerà la tensione continua fornita dalla "sezione raddrizzatore" (o dalla batteria) in una tensione alternata sinusoidale stabilizzata in ampiezza e frequenza.

Si tratterà di un Inverter trifase, utilizzando IGBT come dispositivi di potenza pilotati, operanti in modulazione ad ampiezza di impulso (PWM). Sarà previsto inoltre un filtro di uscita e regolazione di tipo digitale per mezzo di un processore di segnale (DSP).

Per quanto riguarda la compensazione dovuta alla caduta di tensione introdotta dai cavi di collegamento, l'inverter dovrà essere equipaggiato da un regolatore di tensione che consenta di operare sull'invertitore per compensare tale caduta, innalzando la propria tensione di uscita in funzione della corrente erogata. L'inverter dovrà essere dimensionato infine in modo da poter essere sovraccaricato, quando le necessità lo richiedano. Ovviamente le situazioni in cui l'inverter sarà sovraccaricato sono da considerarsi anomale e pertanto dovranno essere limitate nel tempo. Le condizioni anomale che invece fossero continue potrebbero portare l'inverter a lavorare fuori dei suoi limiti, esponendolo a possibili danneggiamenti pertanto sarà provvisto di un dispositivo che, nel caso si ecceda nelle condizioni di sovraccarico, provveda a disconnetterlo automaticamente. Infine l'inverter dovrà essere protetto contro l'inversione di polarità delle batterie, ovvero non si deve danneggiare se ciò avviene.

4.6.5. Carica batteria

Le batterie saranno caricate ad una tensione controllata da un dispositivo caricabatterie specifico dotato di logica di carica intelligente che determinerà la modalità di carica (floating o intermittente) più adatta alle condizioni di utilizzo. Ciò consentirà di ridurre il fenomeno di corrosione delle piastre e di ottimizzare la durata della batteria. Questo sarà in grado di caricare automaticamente le proprie batterie, completamente scariche, in modo che possano fornire almeno l'80% dell'autonomia specificata entro 12 h dall'inizio carica. Se richiesto dal costruttore delle batterie, deve essere prevista la compensazione automatica della tensione di carica della batteria in funzione delle variazioni di temperatura.

4.6.6. Accumulatori al piombo di tipo ermetico

La batteria di accumulatori sarà del tipo al Pb ermetico regolati a valvola a ricombinazione interna (VRLA), con vita attesa di almeno 10 anni a 25°C ambiente, salvo diversamente specificato nei documenti di progetto.

Dovranno essere classificati come Accumulatori senza manutenzione, essere a bassissima autoscarica, ed essere esenti da presenza di antimonio. Tale sostanza presente in concentrazione minima, grazie alla caratteristica costruttiva degli elementi, consentirà una riduzione della corrente assorbita in carica e quella che provoca l'elettrolisi dell'acqua.

L'apparecchiatura dovrà essere in grado di effettuare in maniera automatica test ciclici sulle batterie per verificarne l'efficienza. Tale test dovrà generare un allarme nel caso vengano rilevate anomalie. Sarà possibile, se sono soddisfatte talune condizioni (batteria carica, rete presente ...), eseguire questo test anche manualmente in maniera indipendente dalla schedulazione automatica.

Dovrà essere prevista una protezione contro l'inversione di polarità nel circuito batterie.

Se necessario, le batterie saranno installate in uno o più armadi esterni.

4.6.7. By-pass / commutazione automatica

La sezione commutazione automatica avrà il compito di commutare istantaneamente e senza interruzione l'alimentazione del carico dell'inverter nel caso di avaria che precluda la continuità di servizio o in caso di sovraccarichi, per cause esterne, oltre i limiti che l'apparecchiatura è in grado di sopportare.

Dovrà essere il complesso di dispositivi che permetteranno di utilizzare direttamente la rete di alimentazione finché le caratteristiche di tensione e frequenza di questa siano compatibili con l'utilizzatore, ma anche di disinserire l'inverter, nel caso di avaria causa forti correnti di spunto o per manutenzione. Sarà composto da una parte automatica e da una manuale. Quella automatica costituita da un circuito elettronico di comando e controllo assolverà le funzioni di invio segnali di riferimento, del controllo della tensione di rete onde evitare la commutazione se non sono verificate le condizioni d'intensità di fase e tensione nei limiti, comando dei tiristori e relativa chiusura del contattore elettromeccanico ove ricorrono le condizioni dei by-pass. Quella manuale si compone di un complesso di sezionatori, interruttori, ecc., che nel caso di manutenzione generale, consentirà l'alimentazione dell'utilizzatore senza perturbazioni. Gli organi di comando dovranno essere identificati chiaramente e accessibili con la massima sicurezza nonché permettere la prova del gruppo dopo una eventuale messa a punto.

4.6.8. By-pass manuale esterno

Se richiesto, l'apparecchiatura potrà essere predisposta per l'installazione di un by-pass manuale esterno, installabile a quadro. La manovra di by-pass e ritorno dovrà garantire che le operazioni di trasferimento avvengano senza interruzioni per il carico, consentendo poi lo spegnimento e l'isolamento dell'apparecchiatura per eventuali operazioni di manutenzione.

Il fornitore dell'UPS dovrà fornire lo schema per la realizzazione del by-pass esterno, da installare nel quadro elettrico di alimentazioni.

4.6.9. Backfeed-protection

L'apparecchiatura dovrà essere dotata di protezione backfeed in accordo con i requisiti dello Standard di Sicurezza IEC 62040-1.

Questa prevedrà la presenza di una logica di controllo e dei teleruttori di separazione dalla rete installati internamente all'apparecchiatura stessa, nel caso in cui questa lo possa prevedere. Se richiesto nel progetto, dovrà essere approntato dal costruttore un quadro esterno che contenga i teleruttori di separazione, comandati dalla logica di backfeed comunque interna all'apparecchiatura e assolva anche alla funzione di by-pass manuale esterno.

4.6.10. Altri componenti

4.6.10.1. Armadi di contenimento

Gli armadi saranno in lamiera di acciaio pressopiegata, saldata e verniciata a polvere previo trattamento antiruggine.

Inoltre, la struttura dell'involucro dovrà essere metallica per soddisfare i requisiti di robustezza meccanica e resistenza alle temperature come richiesti dalla EN 60032 ed EN 60958-1.

4.6.10.2. Pannello di controllo e comando

Il pannello di controllo e comando montato sull'apparecchiatura sarà composto da un sinottico per un primo livello di informazioni e da un display grafico LCD alfanumerico.

Le informazioni disponibili tramite il display grafico saranno quanto meno le seguenti:

- stati, allarmi e misure
- storico
- parametri di configurazione
- informazioni utili per la manutenzione preventiva (condizioni d allarme, cambiamenti di stato di funzionamento, comandi eseguiti dall'apparecchiatura con riferimento di data ed ora)
- ideogrammi che rappresentino le parti costitutive dell'apparecchiatura ed indichino il percorso dell'energia verso il carico.

4.6.10.3. Cavi di collegamento agli utilizzatori

I cavi per il collegamento con gli utilizzatori o con il carica batterie dei poli positivo e negativo della batteria saranno in corda di rame stagnato rigido o flessibile munito alle estremità di capicorda in rame o ottone stagnato.

I capicorda saranno rivestiti da una guaina termorestringente fino a ricoprire anche parte dell'isolante del cavo.

La connessione al polo sarà protetta con una calotta isolante o con altro sistema equivalente atto ad impedire la possibilità di toccare contemporaneamente le due polarità.

4.6.10.4. Connessioni fra gli elementi delle batterie al piombo

Il collegamento fra i poli dei vari elementi sarà ottenuto con tratti di sbarra in rame protetta con piombatura e rivestita da una guaina isolante in materiale autoestinguente.

La connessione a ciascun polo sarà effettuata mediante bulloni in acciaio inossidabile.

I poli, le parti terminali delle sbarre di collegamento ed i bulloni di fissaggio, saranno protetti, se previsto dalle prescrizioni di manutenzione, con un velo di vaselina.

Su ciascun polo sarà posta una calotta in materiale isolante di forma e dimensioni tali da racchiudere, oltre al polo ed al bullone anche parte della guaina isolante che riveste la sbarra di collegamento; ciò affinché non sia possibile il contatto accidentale con parti conduttrici sia sui collegamenti intermedi che su quelli terminali della batteria.

4.6.10.5. Interfacce e software di comunicazione

L'apparecchiatura sarà dotata di interfacce di comunicazione con l'esterno, in particolare:

- interfaccia I/O con contatti puliti di ingresso ed uscita che permetta di trattare e di segnalare le informazioni (stati ed allarmi). Gli ingressi dovranno permettere quanto meno di gestire le seguenti informazioni esterne:

- arresto di emergenza tramite comando esterno
- guasto di isolamento circuito batteria (informazione fornita da un eventuale controllore permanente di isolamento montato all'esterno)
- alimentazione da sistema di riserva

Le uscite dovranno essere disponibili sotto forma di contatti di scambio 2 A – 250 Vac (o, se esplicitamente richiesto negli elaborati di progetto, 2 A – 24 Vdc) e dovranno consentire quanto meno di segnalare:

- allarme generale
- assenza rete
- scarica critica della batteria quando la tensione della batteria è vicina alla soglia di arresto
- funzionamento su by-pass

La configurazione sopra riportata per ingressi ed uscite dovrà comunque essere rimodulabile se richiesto diversamente nel progetto.

- interfacce di comunicazione seriale: 1 porta RS232, 1 porta RS485 entrambe con protocollo JBUS/MODBUS e 1 porta LAN (Ethernet RJ45 \geq 10 Mb)

Se richiesto negli elaborati di progetto, per il controllo remoto dell'apparecchiatura la stessa dovrà essere dotata di una ulteriore scheda di comunicazione per rete Ethernet. Dovrà inoltre essere fornito dal costruttore il software per la gestione dell'apparecchiatura dalla rete informatica. Tale software dovrà avere le seguenti dotazioni minime:

- interfaccia utente Web
- sinottico animato dell'apparecchiatura
- visualizzazione sintetica dei diversi parametri dell'apparecchiatura (misure d'ingresso, batteria, utenza...)
- storico degli eventi e registrazione delle misure
- notifica degli allarmi tramite posta elettronica (e-mail)
- telediagnosi con invio delle informazioni tramite e-mail

4.7. TRASFORMATORI MT/BT

Nel presente paragrafo vengono definiti i requisiti principali che dovranno essere soddisfatti dai trasformatori di potenza MT/BT.

Per ulteriori dettagli tecnici si rinvia all'Elenco Descrittivo delle Voci.

I trasformatori MT/BT potranno essere con isolamento in olio, in resina o a secco secondo quanto indicato negli altri documenti di progetto.

I trasformatori dovranno essere, per quanto possibile, costruiti secondo procedure normalizzate così da garantire la reperibilità sul mercato per tutta la durata di vita prevista e dovranno essere adatti per sopportare le sollecitazioni termiche e dinamiche derivanti da un eventuale corrente di guasto.

Si dovranno inoltre limitare i rumori e le vibrazioni emessi dalla macchina al di sotto delle soglie imposte per legge.

4.7.1. Prescrizioni comuni

4.7.1.1. Prescrizioni costruttive

I trasformatori dovranno essere costruiti a regola d'arte con l'impiego di materiali della migliore qualità, in accordo con quanto stabilito dalle Norme di costruzione, dai regolamenti di sicurezza e da quanto qui specificato.

4.7.1.2. Nucleo magnetico

Il nucleo magnetico dovrà essere costruito con lamierini a cristalli orientati, ad alta permeabilità e basse perdite specifiche, isolati sulle due facce ed assiemati in modo da formare colonne pressoché circolari. Sarà corredato di carpenterie metalliche zincate a caldo e/o verniciate, con supporti specifici per il fissaggio degli avvolgimenti di bassa e media tensione.

Nelle macchine con potenze elevate i blocchetti di sospensione degli avvolgimenti saranno dotati di molle a spirale per compensare le dilatazioni termiche durante l'esercizio.

Nelle giunzioni tra colonne e gioghi, che saranno realizzate a 45°, i lamierini saranno tagliati con sistema "step-lap" per ridurre al minimo le perdite.

Il pacco magnetico sarà pressato da profilati in lamiera piegata.

Il nucleo sarà trattato con vernici non igroscopiche e contro la corrosione.

4.7.1.3. Collegamenti elettrici

Saranno previsti n. 3 terminali sul lato MT e n. 4 terminali sul lato (bt), contrassegnati secondo le normative vigenti.

Il tipo di terminali (a spina, per blindosbarre, ecc.) è indicato negli altri documenti di progetto.

I terminali MT, se non indicato diversamente negli altri documenti, dovranno essere unipolari a spina per innesto rapido, tipo ELASTIMOLD o equivalente.

In ogni caso, per i trasformatori installati a giorno, i terminali dovranno essere protetti contro i contatti diretti per mezzo di coprimorsetti aventi grado di protezione minimo IP3X.

I cavi MT e bt, ove non siano previsti collegamenti in condotto sbarre, dovranno essere fissati alle pareti del locale (o al box di protezione trasformatore) con adeguati telai di sostegno ed in modo tale che risulti agevole e poco "distruttiva" l'estrazione del trasformatore in caso di manutenzione e/o sostituzione.

Tutti i conduttori dei circuiti ausiliari e di messa a terra dovranno essere provvisti di capocorda a compressione ed inoltre quelli dei collegamenti di messa a terra saranno di tipo ad occhiello.

Tutti i collegamenti ausiliari dovranno essere posati entro guaine protettive e le connessioni andranno eseguite entro cassette dedicate di tipo isolante; le morsettiere di collegamento saranno di tipo antivibrante. Dovrà comunque essere garantito un grado di protezione IP55.

I collegamenti saranno infine contrassegnati in modo leggibile e permanente con le stesse sigle riportate negli schemi elettrici; le marcature saranno conformi alla norma CEI 16-7, di tipo ad anelli o tubetti porta-etichette, ovvero tubetti presiglati termorestringenti.

4.7.1.4. Dimensioni

Le dimensioni di ingombro del trasformatore, dei relativi terminali di collegamento, nonché il peso dello stesso, dovranno essere compatibili con le previsioni di progetto relativamente all'interfaccia con il resto dell'impianto, nonché al posizionamento della macchina elettrica nei relativi locali tecnici.

4.7.1.5. Compatibilità elettromagnetica

Per l'apparecchiatura di controllo della temperatura ed altri collegamenti ausiliari, comprese le sonde, la protezione contro i disturbi elettromagnetici dovrà essere conforme alle specifiche norme in tema di compatibilità elettromagnetica.

Il trasformatore dovrà avere caratteristiche tali da risultare compatibile con tutte le altre apparecchiature di cui è prevista l'installazione nell'ambito del presente appalto.

4.7.1.6. Box di contenimento

I trasformatori di potenza dovranno essere contenuti in appositi alloggiamenti così costituiti:

- Carpenteria metallica modulare, costituita da una struttura autoportante in lamiera di acciaio e da una serie di elementi di completamento (porte e pannelli di tamponamento). Per l'accessibilità allo scomparto dovranno essere previste 2 porte anteriori apribili a cerniera
- Verniciatura secondo ciclo normalizzato, colore della scala RAL a scelta della DL
- Sistema di ventilazione naturale
- Sbarra in rame di messa a terra
- Oblò per visualizzazione interno scomparto
- Serratura di sicurezza (chiave asportabile solo a porte anteriori chiuse)
- Sistema di illuminazione interna del box, provvisto di relativo interruttore di comando, con lampade sostituibili dall'esterno
- Targhette indicatrici e di sequenza manovre
- Staffe per supporto/ammarraggio cavi MT e BT
- Rotaie di scorrimento trasformatore
- Minuterie a completamento

Gli alloggiamenti dovranno avere dimensioni tali da contenere in modo agevole i trasformatori e permettere lo smaltimento del calore da essi prodotto, dovranno essere non rumorosi in presenza di sollecitazioni elettrodinamiche ed immuni dalla generazione di scariche parziali anche in presenza di sovratensioni nei limiti previsti dalla normativa.

4.7.1.7. Accessori

Il trasformatore dovrà essere completo di tutti gli accessori necessari per il suo funzionamento ottimale. Si dovranno fornire almeno i seguenti dispositivi e accessori:

- Ruote di scorrimento bidirezionali e relativi dispositivi per il bloccaggio alle rotaie o al pavimento
- Isolatori portanti per collegamento primario
- Variatore di tensione a vuoto sull'avvolgimento di media tensione, con prese $\pm 2 \times 2,5\%$
- Ganci per il traino dei trasformatori nei due sensi ortogonali
- Golfari di sollevamento
- Elettroventilatori per incremento della potenza (se richiesti esplicitamente)
- Targa di identificazione con evidenziati i dati caratteristici del trasformatore, ubicata in posizione visibile sia nel caso di macchina a giorno (entro box di muratura) sia nel caso di macchina entro box di protezione (tramite oblò di ispezione)
- Due morsetti di messa a terra (UNEL 061312-71), con bullone di tipo antiallentante, contrassegnati secondo le norme
- Targa di identificazione con evidenziati i dati caratteristici del trasformatore, ubicata in posizione visibile sia nel caso di macchina a giorno (entro box di muratura) sia nel caso di macchina entro box di protezione (tramite oblò di ispezione)
- Attrezzi speciali per l'esercizio e la manutenzione

4.7.1.8. Commutatore a vuoto

Il trasformatore sarà dotato di un commutatore a 5 posizioni ($\pm 2 \times 2,5\%$) che serve ad adattare la tensione nominale dell'avvolgimento MT alla tensione disponibile nell'impianto, nonché adattare la tensione a vuoto secondaria alle esigenze dell'impianto utilizzatore, anche in termini di caduta di tensione sulle linee. La commutazione dovrà avvenire a trasformatore staccato dalla rete, utilizzando la manopola posta sopra il coperchio. La manopola sarà bloccabile in ognuna delle 5 posizioni, per evitare manovre accidentali.

4.7.1.9. Condizioni normali di installazione

La temperatura ambiente all'interno del locale, quando il trasformatore è in esercizio, dovrà rispettare i seguenti limiti:

- Temperatura minima : -25°C
- Temperatura massima : + 40°C

4.7.1.10. Accettazione ed approvazione delle apparecchiature

In sede di approvazione dei materiali, dovranno essere comunicate le seguenti informazioni:

- Descrizione dettagliata del trasformatore, specificandone le caratteristiche elettriche e dimensionali, allegando i relativi cataloghi
- Disegno del trasformatore e dello schema degli ausiliari con indicate le dimensioni di ingombro (preliminari) e le distanze di rispetto in caso di richiesta del trasformatore senza armadio di protezione
- Curve di sovraccarico
- Rendimenti e cadute di tensione a 25%, 50%, 75%, 100% della potenza nominale e per $\cos\phi = 0,9$ e $\cos\phi = 1$
- Certificati o estratto dei rapporti di prova delle prove di tipo
- Peso del trasformatore in assetto di trasporto
- Suddivisione dei colli per la spedizione
- Lista di referenze per trasformatori simili consegnati dal fornitore negli ultimi tre anni

A seguito di approvazione della fornitura, l'Appaltatore dovrà consegnare, nei tempi definiti dalla DL, i seguenti documenti:

- Schemi elettrici ausiliari tipici
- Disegno delle fondazioni da predisporre
- Disegno d'insieme con dimensioni d'ingombro impegnative
- Manuale d'installazione e manutenzione del trasformatore
- Manuale d'installazione e manutenzione degli accessori principali

Al momento della consegna in cantiere dovranno essere allegati i seguenti documenti finali:

- Schemi elettrici dettagliati
- Certificati di collaudo del trasformatore
- Certificati di collaudo degli ausiliari
- Dichiarazione di conformità alle normative in vigore ed eventuale dichiarazione di conformità alle direttive dell'UE applicabili e riguardanti l'apposizione della marcatura CE

Con il trasformatore dovrà essere inoltre fornito un manuale di installazione e d'uso in cui siano almeno riportate:

- Indicazioni sulle condizioni di stoccaggio e sull'installazione
- Indicazioni sulle regolazioni
- Protezioni del trasformatore e tarature suggerite
- Verifiche prima della messa in servizio
- Indicazioni sulle operazioni di manutenzione
- Indicazioni sulla risoluzione dei problemi

4.7.1.11. Imballaggio e trasporto

I trasformatori dovranno essere forniti con adeguata protezione contro i depositi polverosi e le infiltrazioni di acqua; adeguate protezioni dovranno essere previste in corrispondenza delle parti sporgenti al fine di evitare danneggiamenti durante il trasporto o la movimentazione.

4.7.2. Trasformatori MT/BT isolati in resina

4.7.2.1. Caratteristiche specifiche

Trasformatori trifase con avvolgimenti MT inglobati sotto vuoto in resina epossidica, con raffreddamento ad aria naturale o forzata, a seconda delle specifiche di progetto.

La resina isolante sarà del tipo epossidico; il processo di polimerizzazione dovrà avvenire sotto vuoto ad alta temperatura, per permettere l'eliminazione dei gas eventualmente presenti nella resina ancora fluida. La resina impiegata dovrà assicurare le seguenti proprietà principali:

- Tenuta alle sollecitazioni ad impulso
- Tenuta alle sollecitazioni di corto circuito
- Contenuto minimo di scariche elettriche parziali
- Completa assenza di igroscopicità
- Autoestinguenza al cessare della causa di incendio
- Coefficiente di dilatazione termica il più possibile vicino al coefficiente di dilatazione termica dei conduttori impiegati

4.7.2.2. Condizioni ambientali, climatiche e di comportamento al fuoco

Le norme di riferimento classificano i trasformatori a secco in relazione alle condizioni ambientali, climatiche e di comportamento al fuoco come descritto nelle tabelle seguenti:

CLASSE AMBIENTALE	E0	Sul trasformatore non si manifesta condensa e l'inquinamento è trascurabile. Questa condizione si verifica nelle installazioni all'interno in ambiente pulito e asciutto
	E1	Condensa occasionale può manifestarsi sul trasformatore (ad es. quando il trasformatore non è alimentato). E' possibile la presenza di un modesto inquinamento
	E2	Il trasformatore è soggetto a consistente condensa o intenso inquinamento o ad una combinazione di entrambi i fenomeni

CLASSE CLIMATICA	C1	Il trasformatore è atto a funzionare a temperature non inferiori a -5°C, ma può essere esposto durante il trasporto ed il magazzinaggio a temperature ambiente sino a -25°C
	C2	Il trasformatore è atto a funzionare, essere trasportato ed immagazzinato a temperature ambiente sino a -25°C

CLASSE DI COMPORTAMENTO AL FUOCO	F0	Non è previsto un particolare rischio di incendio. Non vengono prese particolari misure per limitare l'infiammabilità, a parte le caratteristiche intrinseche al progetto del trasformatore
----------------------------------	----	---

	F1	Trasformatori soggetti a rischio di incendio. E' richiesta l'infiammabilità ridotta. Entro un tempo determinato, da concordarsi, se non specificato da Norma CEI, tra costruttore e acquirente, il fuoco deve autoestinguersi (è ammessa una debole fiamma con consumo energetico di sostanze tossiche e di fumi opachi. I materiali impiegati devono fornire solo un limitato contributo di energia termica ad un incendio esterno
	F2	Per mezzo di dispositivi particolari, il trasformatore deve essere atto a funzionare per un tempo definito quando investito da un incendio esterno. Devono essere rispettate anche le prescrizioni relative alla classe F1

L'Appaltatore dovrà dimostrare la rispondenza dell'apparecchiatura fornita alle specifiche di progetto, anche mediante documentazione acquisita presso il proprio fornitore, che attesti il superamento presso un laboratorio ufficiale di tutte le prove prescritte dalle norme per le classi sopra descritte.

Per quanto riguarda la classe di comportamento al fuoco, il costruttore dovrà dimostrare inoltre che, in caso di incendio, i gas emessi dal sistema epossidico utilizzato rientrano comunque nei limiti stabiliti dalle norme stesse.

La classificazione della macchina dovrà essere riportata anche nella targa recante tutte le caratteristiche della stessa.

4.7.2.3. Avvolgimenti

L'avvolgimento di media tensione, avente come conduttore l'alluminio o il rame, sarà inglobato in resina sotto vuoto tramite l'impiego di uno stampo appropriato.

La classe di isolamento dei materiali dielettrici utilizzati sarà almeno pari ad "F".

L'avvolgimento di bassa tensione sarà realizzato in nastro di alluminio e/o rame, per contenere al minimo gli sforzi assiali e radiali derivanti da sollecitazioni di corto circuito. Esso sarà del tipo interavvolto con isolante flessibile pre-impregnato.

La classe di isolamento dei materiali dielettrici utilizzati sarà almeno pari ad "F".

4.7.2.4. Accessori specifici

Si dovranno fornire almeno i seguenti dispositivi e accessori, specifici per trasformatori isolati in resina:

- n. 3 sonde di temperatura Pt100, una per ciascun avvolgimento di bassa tensione, riportate ad unica cassetta per il collegamento con il relè di protezione e controllo della temperatura
- n. 1 sonda di temperatura Pt100 sul nucleo
- Relè di protezione e controllo della temperatura (centralina termometrica) completo di morsettiera per la raccolta di tutti i circuiti di protezione e allarme, ubicato in posizione facilmente accessibile dal fronte, in grado di generare un segnale di allarme qualora una delle grandezze controllate superi la soglia preimpostata. La centralina sarà dotata di due contatti indipendenti per segnalazione di allarme e scatto, al fine di comandare l'attivazione della ventilazione forzata nel locale. La centralina termometrica non dovrà essere fissata a bordo del trasformatore al fine di evitare malfunzionamenti. Questa dovrà prevedere una opportuna isteresi tra le soglie di inserzione e di disinserione al fine di evitare problemi di pendolamento.

4.7.2.5. Sovratemperatura degli avvolgimenti

Il trasformatore sarà progettato in modo che la ventilazione naturale mantenga la temperatura della macchina al di sotto dei valori massimi previsti dalle norme.

Il locale all'interno del quale il trasformatore verrà installato, sarà dotato di ventilazione adeguata.

Le sovratemperature degli avvolgimenti dei trasformatori destinati a funzionare nelle condizioni normali di servizio sopra indicate non dovranno superare i limiti specificati nella seguente tabella per la classe di isolamento scelta:

Classe di isolamento	Temperature medie degli avvolgimenti (°C)	Temperature massime del sistema isolante (°C)
F	140	155

4.7.2.6. Perdite

In accordo alla Norma EN 50588-1 e al Regolamento 548/2014 della Commissione Europea, i trasformatori in resina dovranno rispondere ai seguenti requisiti riguardanti le perdite.

La classificazione avviene in base al valore delle perdite a vuoto (P0) ed a carico (PK).

Potenza Nominale (kVA)	Perdite massime a carico PK (W)	Perdite massime a vuoto P0 (W)
≤50	BK (1700)	A0 (200)
100	BK (2050)	A0 (280)
160	BK (2900)	A0 (400)
250	BK (3800)	A0 (520)
400	BK (5500)	A0 (750)
630	BK (7600)	A0 (1100)
800	AK (8000)	A0 (1300)
1000	AK (9000)	A0 (1550)
1250	AK (11000)	A0 (1800)
1600	AK (13000)	A0 (2200)
2000	AK (16000)	A0 (2600)
2500	AK (19000)	A0 (3100)
3150	AK (22000)	A0 (3800)

(la tabella riporta le perdite richieste nella fase da 1°luglio 2015 – Prima Fase)

4.8. QUADRI ED APPARECCHIATURE DI MEDIA TENSIONE

Nel presente paragrafo vengono definiti i requisiti principali che dovranno essere soddisfatti dai quadri elettrici e dalle apparecchiature di media tensione.

Per ulteriori dettagli tecnici si rinvia all'Elenco Descrittivo delle Voci.

I quadri e le apparecchiature di media tensione dovranno essere, per quanto possibile, costruiti secondo procedure normalizzate, così da garantire la reperibilità sul mercato per tutta la durata di vita prevista e dovranno essere adatti per sopportare le sollecitazioni termiche e dinamiche derivanti da un'eventuale corrente di guasto.

4.8.1. Prescrizioni comuni

4.8.1.1. Prescrizioni costruttive

I quadri elettrici dovranno essere costruiti a regola d'arte con l'impiego di materiali della migliore qualità, in accordo con quanto stabilito dalle Norme di costruzione, dai regolamenti di sicurezza e da quanto qui specificato.

4.8.1.2. Dimensioni

Le dimensioni di ingombro dei quadri elettrici, nonché il peso degli stessi, dovranno essere compatibili con le previsioni di progetto relativamente all'interfaccia con il resto dell'impianto, nonché al posizionamento dei quadri nei relativi locali tecnici.

4.8.2. Quadri di media tensione in categoria LSC 2A (ex “protetto”), a tenuta d'arco interno

4.8.2.1. Caratteristiche specifiche

I quadri saranno formati da unità funzionali MT isolate in aria e con tenuta ad arco interno sul fronte, sui lati e, ove previsto sul retro; le unità saranno classificate, in base alla Norma CEI EN 62271-200 (CEI 17-6), nel seguente modo:

- Categoria di perdita della continuità di servizio (LSC): LSC 2A
- Classe dei diaframmi: PM (PM: diaframmi metallici, PI: almeno un diaframma isolante)
- Tenuta all'arco interno (per quadri non in versione standard): IAC AFL o AFLR (A: quadro accessibile alle persone autorizzate (B: quadro accessibile alle persone comuni); F: lato frontale; L: lati laterali; R: lato posteriore)
- Dati di prova della resistenza all'arco interno: secondo specifiche di progetto

I quadri dovranno inoltre essere costruiti in modo che sia garantita la non propagazione dell'arco interno tra i diversi vani.

4.8.2.2. Caratteristiche costruttive

La costruzione del quadro dovrà essere conforme alle seguenti caratteristiche:

- Accessori per il fissaggio a pavimento e/o per il livellamento;
- Struttura portante modulare costituita da intelaiature metalliche componibili in profilato d'acciaio o in lamiera pressopiegata;
- Pannelli di copertura in lamiera ribordata, apribile a cerniera anteriormente e posteriormente (anteriormente con chiave speciale e posteriormente con attrezzo) verniciati e corredati di collegamento flessibile di terra;
- La tipologia costruttiva del quadro (interruttori sezionabili o fissi, disposizione sbarre, tipo interruttori, ecc.) ed i dati tecnici principali saranno conformi agli elaborati di progetto;
- Diaframmi, otturatori, eventuali finestre di ispezione, in grado di assicurare il grado di protezione prescritto e robustezza meccanica comparabile a quella dell'involucro; otturatori (eventuali) provvisti di dispositivo di blocco nella posizione di chiuso; finestre dotate di griglie schermate di messa a terra, applicata sul lato interno delle finestre, per evitare la formazione di cariche elettrostatiche pericolose;
- Tenuta all'arco interno secondo la Norme IEC 60298 - allegato AA, accessibilità di classe A, criteri da 1 a 6 tale da garantire che:
 - Le porte, i pannelli, ecc. normalmente bloccati non si debbano aprire (criterio n.1);

- Le parti dell'involucro metallico che possano rappresentare pericolo non debbano essere scagliate lontano (criterio n.2);
- L'arco non debba produrre fori nelle parti esterne liberamente accessibili dell'involucro in conseguenza a bruciature o ad altre cause (criterio n.3);
- Gli indicatori disposti verticalmente o orizzontalmente non devono prendere fuoco (criteri n.4 e n.5);
- Tutte le connessioni di terra debbano rimanere efficaci (criterio n.6);
- Le conseguenze di un arco interno restino circoscritte allo scomparto in cui l'arco si sia verificato;
- Blocchi ed asservimenti meccanici atti a garantire almeno che:
 - Il sezionatore di terra possa essere chiuso solo a sezionatore di linea aperto o a interruttore estratto;
 - Il sezionatore di terra non possa essere aperto se è stato aperto il pannello di ispezione della cella linea e viceversa il pannello del vano linea non possa essere aperto se il sezionatore di terra è aperto;
 - L'interruttore non possa essere inserito se il sezionatore di terra è chiuso, ovvero il sezionatore di linea non possa essere chiuso se il sezionatore di terra è chiuso;
- Canaletta interpannello per gli ausiliari, accessibile con quadro in servizio in condizioni di sicurezza; condotti in acciaio zincato verniciato o guaine metalliche a doppia graffatura per la posa delle caverterie ausiliarie all'interno dei vari scomparti;
- Guide e supporti per i cavi di potenza e per le terminazioni degli stessi;
- Sbarra collettrice di terra, in rame a spigoli arrotondati, posata longitudinalmente lungo tutto il quadro; messa a terra degli interruttori sezionati ottenuta mediante una pinza strisciante su apposito conduttore di rame; collegamenti flessibili in calza di rame stagnato, corredati di capocorda, rondelle elastiche e bulloni per la messa a terra dei portelli incernierati e dei diaframmi metallici;
- Sbarre di potenza in rame, a sezione rettangolare a spigoli arrotondati o di tipo tubolare, isolate completamente in aria, in aria e resina epossidica o con guaina termoreattiva, in modo da garantire elevate caratteristiche dielettriche e meccaniche, montate sui relativi isolatori e munite della necessaria morsetteria e accessori vari;
- Morsettiere ausiliarie per circuiti voltmetrici e amperometrici di tipo, rispettivamente, sezionabile e cortocircuitabile riunite in appositi complessi protetti da schermo in resina trasparente (ne necessario); morsettiere ausiliarie del tipo in resina termoindurente o poliammide o melamina, montate su guide e corredate di ponticelli superiori; tutte le morsettiere devono essere accessibili con quadro in servizio e i morsetti devono essere singolarmente numerati e ad essi non può essere attestato più di un conduttore;
- Morsettiere ausiliarie, impiegabili nel caso di gestione centralizzata degli impianti, del tipo sezionabile individualmente e provviste di boccola di inserzione per strumento portatile;
- Cablaggio dei circuiti ausiliari di comando e segnalazione con cavo di tipo non propagante l'incendio;
- Resistenze anticondensa in versione protetta, complete di termostato di inserzione;
- Illuminazione interna dei pannelli posteriori e/o anteriori del quadro (se prevista a progetto) a mezzo di corpi illuminanti protetti da diffusore in vetro e gabbia protettiva in acciaio zincato o in resina; lampade di tipo fluorescente, sostituibili dall'esterno a mezzo di apposito sportellino e pulsante di accensione bloccabile su ogni cella;
- Prese FM in ogni cella ausiliari (se previste a progetto);
- Dispositivi di comando elettrico degli interruttori e di comando meccanico dei sezionatori di terra; dispositivi di sicurezza per manovre discordi o vietate; dispositivi di segnalazione luminosa di "stato" e "allarme" di tutte le apparecchiature e protezioni previste, di tipo multiled.

4.8.2.3. Apparecchiature tipiche previste

Le diverse unità funzionali che costituiscono il quadro saranno composte dalle seguenti apparecchiature tipiche:

- Interruttore fisso o rimovibile in gas (SF6) o in vuoto, con interruzione a poli separati, con la seguente dotazione:
 - Pulsante di chiusura
 - Pulsante di apertura
 - Contamanovre
 - Indicatori meccanici di chiusura/apertura interruttore
 - Leva manuale per carica molle
 - Indicatore meccanico stato carico/scarico delle molle di chiusura
 - Comando motorizzato per la carica delle molle (eventuale)
 - Sganciatore di chiusura (eventuale)
 - Sganciatore di apertura supplementare (eventuale)
 - Sganciatore di minima tensione (eventuale)
- Interruttore di manovra sezionatore o sezionatore in gas (SF6) a 3 posizioni, con posizione centrale di apertura, dotato dei seguenti accessori (qualora previsti):
 - Blocchi a chiave per il sezionamento di linea e di terra
 - Lucchetti per il blocco in posizione di aperto o chiuso
 - Contatti ausiliari in scambio
 - Sganciatore di apertura
 - Sganciatore di chiusura
 - Comando motorizzato per la carica automatica delle molle e apertura dell'attuatore
 - Dispositivo di presenza tensione
 - Pressostato
 - Manometro
 - Trasformatori di misura di tipo convenzionale per misura e protezione
- Sensori di corrente e tensione (o combinati)
- Trasformatori toroidali di corrente con isolamento di bassa di tensione per misura di corrente di fase o residua

4.8.2.4. Unità funzionali tipiche

Lo schema elettrico unifilare, le caratteristiche e tarature delle apparecchiature, gli ausiliari, la strumentazione, ecc., nonché la tipologia costruttiva, sono indicati negli elaborati di progetto.

Nel seguito si descrivono alcune unità funzionali tipiche, demandando agli elaborati di progetto per i dettagli sulle diverse apparecchiature che compongono ciascuna unità funzionale:

- **Unità funzionale arrivo/partenza linea**

1 Unità Arrivo/Partenza linea con interruttore fisso; 1 Cella BT; Schema sinottico; Resistenza anticondensa con morsetti e magnetotermico; Illuminazione interna scomparto cavi con morsetti e magnetotermico (se prevista a progetto); Indicatori di presenza tensione lato cavi; 1 Interruttore in SF6; Motoriduttore carica molle; Sganciatore di apertura; Sganciatore di chiusura; Contamanovre; Contatti ausiliari; Blocco a chiave dell'interruttore in posizione di aperto - diverse chiavi per ogni interruttore; Contatti ausiliari supplementari; Contatto di segnalazione molle cariche; 1 Sezionatore (di linea IMS e di terra ES); 1 chiave rimovibile con IMS in posizione di chiuso e 1 chiave rimovibile con IMS in posizione di aperto; 1 chiave rimovibile con ES in posizione di chiuso e 1 chiave rimovibile con ES in posizione di aperto; Contatti ausiliari; 3 Trasformatori di corrente con caratteristiche come da progetto; 1 Trasformatore di corrente toroidale con caratteristiche come da progetto

1 Unità di Protezione e Controllo; Convertitore della tensione ausiliaria; Scheda di alimentazione a 48..220Vcc; Interfaccia 3TA (1-5A) - 3TV (100-110V) - 1TA (1-5A); Scheda binaria di Ingresso/Uscita; Scheda analogica d'ingresso 4-20mA o 0-20mA (6 convertitori); Unità centrale approfondita; Funzioni di protezione come indicato negli elaborati di progetto; Corrente di linea (3 fasi); Tensione di linea (3 fasi); Frequenza; Tensione di fase (3 fasi); Guasto a terra o Tensione residua; Valore di corrente Medio/Massimo; Potenza Apparente, Attiva, Reattiva; Fattore di potenza; Energia Attiva, Reattiva; Ore di funzionamento; Protocollo di comunicazione (ad es. Modbus RTU RS485 o Ethernet); Accessori di completamento pannello.

- **Unità funzionale arrivo/partenza linea con interruttore di manovra / sezionatore sotto carico**

1 Unità Arrivo/Partenza linea con interruttore di manovra / sezionatore sotto carico; 1 Cella BT; Schema sinottico; Resistenza anticondensa con morsetti e magnetotermico; Illuminazione interna scomparto cavi con morsetti e magnetotermico (se prevista a progetto); Indicatori di presenza tensione lato cavi; 1 interruttore di manovra in SF6 (di linea IMS e di terra ES); Motoriduttore carica molle; Contamanovre; Contatti ausiliari; Contatto di segnalazione molle cariche; 1 chiave rimovibile con IMS in posizione di chiuso e 1 chiave rimovibile con IMS in posizione di aperto; 1 chiave rimovibile con ES in posizione di chiuso e 1 chiave rimovibile con ES in posizione di aperto; Contatti ausiliari; 1 Trasformatore di corrente toroidale con caratteristiche come da progetto; 3 Trasformatori di tensione con caratteristiche come da progetto.

- **Unità funzionale protezione trasformatore/linea, con interruttore**

1 Unità Protezione Trasformatore/Linea con interruttore fisso; 1 Cella BT; Schema sinottico; Resistenza anticondensa con morsetti e magnetotermico; Illuminazione interna scomparto cavi con morsetti e magnetotermico (se prevista a progetto); Indicatori di presenza tensione lato cavi; 1 Interruttore in SF6; Motoriduttore carica molle; Sganciatore di apertura; Sganciatore di chiusura; Contamanovre; Contatti ausiliari; Blocco a chiave dell'interruttore in posizione di aperto - diverse chiavi per ogni interruttore; Contatti ausiliari supplementari; Contatto di segnalazione molle cariche; 1 Sezionatore (di linea IMS e di terra ES); 1 chiave rimovibile con IMS in posizione di chiuso e 1 chiave rimovibile con IMS in posizione di aperto; 1 chiave rimovibile con ES in posizione di chiuso e 1 chiave rimovibile con ES in posizione di aperto; Contatti ausiliari; 3 Trasformatori di corrente con caratteristiche come da progetto; 1 Trasformatore di corrente con caratteristiche come da progetto.

1 Unità di Protezione e Controllo; Convertitore della tensione ausiliaria; Scheda di alimentazione a 48..220Vcc; Interfaccia 3TA (1-5A) - 3TV (100-110V) - 1TA (1-5A); Scheda binaria di Ingresso/Uscita; Scheda analogica d'ingresso 4-20mA o 0-20mA (6 convertitori); Unità centrale approfondita; Massima corrente istantanea (50); Massima corrente (51); Massima corrente IDMT (51 IDMT); Guasto a terra (51N); Guasto a terra IDMT (51N IDMT); Corrente di linea (3 fasi); Tensione di linea (3 fasi); Frequenza; Tensione di fase (3 fasi); Guasto a terra o Tensione residua; Valore di corrente Medio/Massimo; Potenza Apparente, Attiva, Reattiva; Fattore di potenza; Energia Attiva, Reattiva; Ore di funzionamento; Protocollo di comunicazione (ad es. Modbus RTU RS485 o Ethernet); Accessori di completamento pannello.

- **Unità funzionale misure**

1 Unità Misure; 1 Cella BT; Schema sinottico; Resistenza anticondensa con morsetti e magnetotermico; Illuminazione interna scomparto cavi con morsetti e magnetotermico (se prevista a progetto); Indicatori di presenza tensione lato TV; Set di 3 fusibili tipo DIN Standard; 1 Sezionatore; 1 chiave rimovibile con IMS in posizione di chiuso e 1 chiave rimovibile con IMS in posizione di aperto; 1 chiave rimovibile con ES in posizione di chiuso e 1 chiave rimovibile con ES in posizione di aperto; Contatti ausiliari; Portafusibili; 3 Trasformatori di tensione fissi a singolo polo con caratteristiche come da progetto; Accessori di completamento pannello.

4.8.2.5. Accessori di quadro

1 Set di pannelli laterali; 1 Carrello di movimentazione apparecchio; 1 Leva carica molle per interruttore; 1 Leva di manovra del sezionatore di linea e terra; Condotta di sfogo del gas (per quadri a tenuta arco interno, completo di filtri griglie, ecc.).

4.9. QUADRI E APPARECCHIATURE DI BASSA TENSIONE

4.9.1. Generalità

I quadri dovranno essere in grado di sopportare le sollecitazioni termiche ed elettrodinamiche in condizione di cortocircuito.

Si dovrà verificare che la corrente di breve durata (I_{cw}), intesa come corrente che il quadro può sopportare per 1 s (ovvero I_{cc} : se si considera l'intervento di un dispositivo di protezione installato sul quadro o a monte del quadro, la tenuta al cortocircuito è individuata dalla corrente di cortocircuito condizionata (I_{cc}) risulti superiore alla corrente di cortocircuito presunta (I_{cp})).

La prova di tenuta al cortocircuito non è richiesta per i quadri con I_{cw} (o I_{cc}) inferiore a 10 kA o quando il quadro sia protetto da un interruttore limitatore che limiti la corrente di cortocircuito a 15 kA (valore di picco).

La sovratemperatura raggiunta all'interno del quadro nei confronti dell'ambiente esterno deve essere compatibile con i materiali isolanti utilizzati e con il corretto funzionamento delle apparecchiature installate all'interno del quadro stesso.

I quadri installati dovranno appartenere ad una delle seguenti tipologie (norma CEI EN 61439 / CEI 17-113):

- Quadri di potenza
- Quadri di distribuzione
- Quadri per cantiere
- Quadri per distribuzione di potenza

Ogni quadro elettrico deve essere conforme alle relative norme CEI. La rispondenza alla normativa vigente deve essere certificata dal Costruttore del quadro stesso.

4.9.2. Quadri con involucro metallico e protezione contro la corrosione

Il quadro dovrà essere realizzato con montanti in profilati di acciaio e pannelli di chiusura in lamiera ribordata avente una resistenza agli urti adeguata al luogo di installazione.

Per le caratteristiche elettriche si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

Il quadro deve essere chiuso su ogni lato con pannelli asportabili a mezzo di viti.

In caso di porte trasparenti, dovrà essere utilizzato cristallo di tipo temperato o altro materiale da approvare.

Le colonne del quadro dovranno essere complete di golfari di sollevamento.

Sul pannello frontale ogni apparecchiatura deve essere contrassegnata da targhette indicatrici che ne identificano il servizio.

Tutte le parti metalliche del quadro dovranno essere collegate a terra (in conformità a quanto prescritto dalla citata norma CEI EN 60439-1).

Per quanto riguarda la struttura deve essere utilizzata viteria antiossidante con rondelle auto graffianti al momento dell'assemblaggio, per le piastre frontali sarà necessario assicurarsi che i sistemi di fissaggio comportino una adeguata asportazione del rivestimento isolante.

Per garantire un'efficace tenuta alla corrosione ed una buona tenuta della tinta nel tempo, la struttura ed i pannelli laterali dovranno essere opportunamente trattati e verniciati.

Questo è ottenuto da un trattamento chimico per fosfatazione delle lamiere seguito da una protezione per cataforesi.

Le lamiere trattate saranno poi verniciate con polvere termoindurente a base di resine epossidiche mescolate con resine poliesteri, di colore da definire dalla D.L. con spessore medio di 60 micron.

4.9.3. Scaricatori da installare nei quadri di distribuzione

L'affidabilità delle moderne apparecchiature e il dimensionamento effettuato nel progetto assicura un elevato grado di disponibilità dell'alimentazione. Il fattore che potrebbe ridurre detta disponibilità è da ricercare negli effetti delle sovratensioni. E' stata pertanto considerata l'applicazione di sistemi di protezione contro gli effetti delle sovratensioni sia di natura atmosferica (cause esterne) che di manovra (cause interne)

A tal fine è imperativa l'installazione di opportuni scaricatori di sovratensione in modo da assicurare che le apparecchiature elettriche ed elettroniche possano espletare le loro prestazioni nominali, anche in presenza di questi disturbi.

Dette protezioni dovranno essere realizzate tramite scaricatori di sovratensione SPD (Surge Protective Device).

E' importante, per una corretta, economica ed efficace applicazione di queste protezioni, che le diverse tipologie di scaricatori che saranno installati siano di unico Costruttore. Ciò anche ai fini della responsabilità complessiva dell'impianto di protezione.

Sugli schemi elettrici sono riportate le disposizioni ed i punti d'installazione degli scaricatori. Tali rappresentazioni sono solo indicative e quindi non vincolanti.

La scelta deve essere fatta sulla base delle distanze in cavo delle varie apparecchiature tra loro interconnesse.

L'Appaltatore dovrà coordinare l'applicazione sia come posizione che tipologia e caratteristiche sulla base delle indicazioni del Costruttore degli scaricatori (SPD).

Gli scaricatori vanno previsti sia sui circuiti di potenza sia su quelli elettronici e di telecomunicazione.

Gli scaricatori vanno installati, salvo diversa indicazione, all'interno dei quadri. In particolare dovranno essere posizionati nel cubicolo o settore del pannello contenente l'arrivo linea, a monte di questi. L'arrivo linea, in questi casi, dovrà essere posto nella parte inferiore del pannello al fine di rendere rettilinea e minima la lunghezza del conduttore di messa a terra dello scaricatore.

4.9.4. Sbarre

Le sbarre (ove presenti) saranno ovunque in rame elettrolitico nudo a spigoli arrotondati, contrassegnate in conformità alla normalizzazione CEI-UNEL; solo se richiesto da particolari condizioni ambientali nei locali di installazione dovrà essere prevista la possibilità di stagnare, argentare o inguainare le stesse (se con portata maggiore di 250A), al fine di prevenire fenomeni di ossidazione. I supporti di sostegno ed ancoraggio saranno in resina poliestere rinforzata; avranno dimensioni e interdistanze tali da supportare la massima corrente di corto circuito prevista.

4.9.5. Cablaggio

Il cablaggio dei quadri dovrà essere effettuato con cavi non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di fumi e gas tossici e corrosivi. La densità di corrente nei conduttori non dovrà eccedere il valore risultante dalle prescrizioni della norma CEI 20-21, moltiplicato per un coefficiente di sicurezza pari a 0,8; tale valore, che sarà riferito alla corrente nominale I_n dell'organo di protezione, e non alla corrente di impiego I_b della conduttura in partenza, non dovrà essere comunque superiore a $4 A/mm^2$.

Tutti i collegamenti dovranno essere effettuati mediante capicorda a compressione di tipo preisolato, adeguati al cavo e all'apparecchiatura da cablare, con esclusione di qualsiasi adattamento di sezione e/o di dimensione del cavo o del capocorda stesso.

4.9.6. Morsettiere

Le morsettiere saranno in melamina o altro materiale da approvare, di tipo componibile e sezionabile, con serraggio dei conduttori di tipo indiretto, opportunamente identificate per gruppi di circuiti appartenenti alle diverse sezioni costituenti il quadro, secondo le modalità previste nel presente documento; inoltre, la suddivisione tra gruppi di morsettiere adiacenti, appartenenti a diverse sezioni, dovrà avvenire mediante separatori.

Ad ogni dispositivo di serraggio di ciascun morsetto non dovrà essere cablato più di un conduttore; l'eventuale equipotenzializzazione dovrà avvenire tra i morsetti mediante opportune barrette "di parallelo".

Le morsettiere di attestazione delle linee in arrivo dovranno essere complete di targhette con opportuna simbologia antinfortunistica, o scritte indicanti parti in tensione.

Non saranno ammesse morsettiere di tipo sovrapposto.

4.9.7. Collegamenti equipotenziali

Tutti i conduttori di terra o di protezione in arrivo e/o in partenza dal quadro dovranno essere attestati singolarmente su di una sbarra di terra in rame, completa di fori filettati.

Tutte le parti metalliche ove siano installate apparecchiature elettriche (ad eccezione di quelle con isolamento doppio o rinforzato) dovranno essere collegate a terra mediante collegamento equipotenziale.

I collegamenti di terra di tutte le masse metalliche mobili o asportabili dovranno essere eseguiti con cavo flessibile di colore giallo-verde o con treccia di rame stagnato di sezione $\geq 16 \text{ mm}^2$.

Tutti i collegamenti dovranno essere effettuati mediante capocorda a compressione di tipo ad occhiello.

4.9.8. Riserva di potenza e di spazio

Il quadro dovrà garantire, sia per quanto riguarda la portata delle sbarre, sia per quanto riguarda lo spazio disponibile all'interno delle canalizzazioni e per l'installazione di nuove apparecchiature, una riserva di almeno il 20-25% (salvo diversa indicazione negli specifici documenti di progetto).

4.9.9. Marcature

Ogni apparecchiatura elettrica all'interno del quadro e ogni estremità dei cavi di cablaggio dovrà essere contrassegnata in modo leggibile e permanente con le sigle indicate negli schemi elettrici, in modo da consentirne l'individuazione.

Le marcature saranno conformi alla norma CEI 16-7 e saranno del seguente tipo:

- Targhette adesive o ad innesto da applicare a freddo per tutte le apparecchiature elettriche (morsetti, interruttori, strumentazione, ausiliari di comando e segnalazione, ecc.) posizionate sulle apparecchiature stesse, o nelle vicinanze sulla struttura del quadro
- Anelli o tubetti porta-etichette, ovvero tubetti presigliali termorestringenti per le estremità dei cavi di cablaggio
- Cinturini con scritta indelebile per tutti i cavi in arrivo e partenza nel quadro con riportate le sigle di identificazione della linea, il tipo di cavo, la conformazione e la lunghezza secondo quanto riportato negli schemi elettrici

Non saranno ammesse identificazioni dei cavi mediante scritte effettuate a mano sulle guaine dei cavi stessi, ovvero mediante targhette in carta legate o incollate ai cavi.

4.9.10. Designazione dei cavi

Negli schemi, le designazioni delle linee in partenza o in arrivo dai quadri dovranno essere fatte secondo le sigle unificate delle tabelle CEI-UNEL, in base alle quali risulta pure deducibile in modo inequivocabile, la formazione delle linee e, in particolare, se esse risultano costituite da cavi unipolari o da cavi multipolari.

Per facilitare l'identificazione si riportano i seguenti esempi di designazione di formazione di linea:

- cavo FS17-K 4x1x1,5: quattro conduttori unipolari di sez. 1,5 mm², tipo FS17
- cavo FG17-K 4x1x1,5: quattro conduttori unipolari di sez. 1,5 mm², tipo FG17
- cavo H07Z1-K 4x1x4: quattro conduttori unipolari di sez. 4 mm², tipo H07Z1-K type 2
- cavo FG16R16 0,6/1 kV 4x1x16: quattro conduttori unipolari di sez. 16 mm², tipo FG16R16
- cavo FG16M16 0,6/1 kV 3x1x120: tre conduttori unipolari di sez. 120 mm², tipo FG16M16
- cavo FTG18OM16 0,6/1 kV 3x25: cavo multipolare a tre conduttori di sez. 25 mm², tipo FTG18OM16

4.10. CAVI, CONDUTTORI ED ACCESSORI

4.10.1. Cavi e conduttori per media tensione

Vengono riportate nel seguito le caratteristiche prescritte per i cavi da utilizzare per reti a media tensione. Per ulteriori dettagli tecnici si rinvia all'Elenco Descrittivo delle Voci.

In generale, si prescrive l'utilizzo di cavi in media tensione aventi la tipologia e le caratteristiche previste dal progetto, nonché prescritte dalla legislazione cogente ed indicate dalla normativa di settore.

NB: Il Regolamento Prodotti da Costruzione CPR UE305/11 ha introdotto particolari specifiche circa le classi di reazione al fuoco dei materiali da costruzione (compresi i cavi), qualora installati stabilmente all'interno di edifici e di altre opere di ingegneria civile; tali specifiche sono codificate mediante un sistema di classificazione delle prestazioni di reazione al fuoco secondo "euroclassi", con relativi metodi di prova specifici. L'applicabilità ai cavi elettrici è divenuta operativa con la pubblicazione nell'elenco delle Norme armonizzate, ai sensi del Regolamento stesso, della Norma EN 50575 "Cavi per energia, controllo e comunicazioni - Cavi per applicazioni generali nei lavori di costruzione soggetti a prescrizioni di resistenza all'incendio".

Si riporta un elenco (non esaustivo) con alcune tipologie ad oggi tipicamente utilizzate:

- RG16H1(O)(Z)R16 conduttori in rame, isolamento in gomma etilenpropilenica, schermo a fili e guaina in PVC (euroclasse Cca - s3, d1, a3) - tipologia di cavo ammessa per questo livello di rischio basso.
- RG16H1(O)(Z)M16(X) conduttori in rame, isolamento in gomma etilenpropilenica, schermo a fili e guaina in mescola termoplastica (euroclasse Cca - s1b, d1, a1) - tipologia di cavo ammessa per questo livello di rischio medio.
- RG16H1(O)(Z)M16(X) conduttori in rame, isolamento in gomma etilenpropilenica, schermo a fili e guaina in mescola termoplastica (euroclasse B2ca - s1a, d1, a1) - tipologia di cavo ammessa per questo livello di rischio alto.

Tutti i cavi utilizzati per collegamenti in media tensione avranno sezione come prevista a progetto, adeguata alla corrente da trasportare e, in ogni caso, mai inferiore a 25 mm².

La tensione di isolamento U₀/U dovrà rispettare quanto previsto a progetto ed essere comunque compatibile con la tensione nominale dell'impianto.

Lo schermo metallico dei cavi di MT dovrà essere connesso a terra ad entrambe le estremità, che devono essere terminate con apposite teste di cavo. Nel caso di lunghezze di posa elevate (superiori a qualche km) dovrà essere previsto il cross-bonding degli schermi.

La temperatura di posa, i raggi di curvatura minimi e gli sforzi di tiro durante la posa devono essere conformi alle prescrizioni del costruttore del cavo.

4.10.1.1. Prescrizioni di posa

I cavi dovranno essere posati con tecniche compatibili alla posizione di posa e, se del caso, i tiri dovranno tenere conto delle massime sollecitazioni meccaniche sopportate dai cavi; gli sforzi di trazione non dovranno perciò superare i limiti previsti dai costruttori.

I cavi su canali/passarelle dovranno essere posati in modo ordinato, paralleli fra loro, senza attorcigliamenti e incroci; i cavi non dovranno presentare giunzioni intermedie lungo il percorso, tranne nel caso in cui la lunghezza dei collegamenti sia maggiore della pezzatura di fabbrica.

Nel caso di posa diretta nel terreno, le modalità di posa dei cavi e la loro profondità di interrimento rispetteranno le prescrizioni della Norma CEI 11-17. Se richiesto dagli elaborati di progetto, si farà ricorso alla protezione meccanica supplementare costituita da tegolo in resina.

Le distanze di posa saranno quelle indicate negli elaborati di progetti in funzione della portata massima richiesta.

Particolare attenzione dovrà essere posta per evitare abrasioni dei cavi durante la posa in opera.

Sia nel caso di posa interrata che nel caso di posa entro canale, i cavi andranno fissati con apposite fascette di materiale plastico, da prevedere:

- Ogni 4-5 m di percorso su passerelle orizzontali o entro trincea
- Ogni 0.5 m di percorso nei tratti verticali od obliqui di salita o discesa

I cavi dovranno essere fissati anche nel caso di canali pieni (non forati) utilizzando apposite barre trasversali.

Le curvature dovranno essere effettuate con raggio non inferiore a $9x(D+d)$, dove D = diametro esterno del cavo e d = diametro del conduttore.

I cavi andranno posati con temperature esterne superiori ai valori indicati nella norma CEI 11-17 o a catalogo dal costruttore, valendo la più alta tra le due riportate.

4.10.1.2. Caratteristiche e confezionamento di terminali e giunzioni

I terminali per cavi di media tensione saranno in materiale elastico modulare per interno ovvero in gomma siliconica prestampata adatta per atmosfere inquinate. Il tipo di terminale sarà commisurato alla tensione massima di utilizzo del cavo (U_m).

Le giunzioni termorestringenti, per cavi in media tensione ad isolamento estruso senza armatura e tensioni fino a 36 kV, saranno realizzate tramite:

- Tubo termorestringente ad impedenza caratteristica non lineare per la distribuzione del campo elettrico sulla zona del connettore dove è stato interrotto lo schermo semiconduttivo
- Tubo termorestringente a doppia parete costituito da uno strato interno di materiale elastomerico su un supporto esterno di termorestringente conduttivo, per la ricostruzione dell'isolamento e la schermatura esterna in un'unica operazione
- Schermatura metallica costituita da calza di rame stagnato da stendersi su tutta la superficie del giunto al fine di ripristinare la continuità elettrica della schermatura metallica; guaina esterna termorestringente sigillante con funzioni protettive meccaniche e chimiche, sulla parte interna della quale sia stato spalmato uno strato di adesivo sigillante termofusibile che, fondendo durante il termorestringimento della guaina, garantisca adesione della stessa e sigillatura contro l'umidità e la corrosione del cavo sottostante

Particolare cura dovrà essere posta nel confezionamento delle giunzioni e dei terminali, facendo attenzione a non lasciare tracce di umidità e a ripristinare correttamente gli isolamenti. Gli schermi metallici ai terminali dovranno essere collegati a terra su entrambi i lati del collegamento.

4.10.1.3. Identificazione cavi e terminali

Tutti i terminali devono essere identificati con targhe circolari ($D > 12$ cm), di contrassegno di fase, riportanti le diciture “L1”, “L2”, “L3”. Le targhe, da applicare in basso sulle briglie, sia in arrivo che in partenza, devono essere in alluminio anodizzato, spessore 2 mm, con scritte nere su fondo giallo o comunque chiaramente visibili.

In merito alla identificazione delle linee in cavo posate su passerelle o canalizzazioni si rimanda al paragrafo relativo a queste ultime.

I cavi posati entro cavidotti interrati, in corrispondenza ad ogni pozzetto di ispezione, dovranno essere identificati con targhe metalliche, in alluminio anodizzato, con fondo giallo e scritte nere, con dicitura: “Cavo ... kV – da ... a”.

4.10.2. Cavi e conduttori per bassa tensione

NB: Il Regolamento Prodotti da Costruzione CPR UE305/11 ha introdotto particolari specifiche circa le classi di reazione al fuoco dei materiali da costruzione (compresi i cavi), qualora installati stabilmente all'interno di edifici e di altre opere di ingegneria civile; tali specifiche sono codificate mediante un sistema di classificazione delle prestazioni di reazione al fuoco secondo “euroclassi”, con relativi metodi di prova specifici. L'applicabilità ai cavi elettrici è divenuta operativa con la pubblicazione nell'elenco delle Norme armonizzate, ai sensi del Regolamento stesso, della Norma EN 50575 “Cavi per energia, controllo e comunicazioni - Cavi per applicazioni generali nei lavori di costruzione soggetti a prescrizioni di resistenza all'incendio”.

A livello nazionale, dette specifiche sono recepite dalla tabella CEI UNEL 35016 “Classi di Reazione al fuoco dei cavi elettrici in relazione al Regolamento UE Prodotti da Costruzione 305/2011” e, ad oggi, applicabili limitatamente ai cavi di bassa tensione.

Sono ammessi conduttori di primaria marca e dotati di Marchio Italiano di Qualità (o marchio equivalente) e rispondenti alla normativa specifica vigente (CEI ed UNEL).

Per quanto concerne il colore dell'isolamento dei conduttori si fa riferimento alla tabella UNEL 00722. Più precisamente:

- Fase R: nero
- Fase S: grigio
- Fase T: marrone
- Neutro: azzurro
- PE: giallo-verde

L'azzurro ed il giallo-verde non potranno essere utilizzati per altri servizi, nemmeno per gli impianti ausiliari, salvo quanto specificatamente previsto dalla normativa tecnica vigente.

Eventuali circuiti SELV dovranno avere colore diverso dagli altri circuiti.

I cavi per energia devono avere conduttore in rame con sezione non inferiore:

- 1,5 mm² per circuiti luce
- 2,5 mm² per circuiti FM

L'isolamento dovrà essere idoneo alle condizioni di posa.

A seconda delle applicazioni e delle specifiche di progetto, i cavi possono essere generalmente scelti tra i seguenti (tutti non propaganti la fiamma):

- Senza guaina: N07V-K 450/750 V (solo all'esterno degli edifici, dove siano previsti ed utilizzabili cavi "NON CPR"), FS17 450/750 V, FG17 450/750 V, H07Z1-K type 2 450/750 V
- Con guaina: FG7(O)R 0.6/1 kV (solo all'esterno degli edifici, dove siano previsti ed utilizzabili cavi "NON CPR"), FG16(O)R16 0.6/1 kV, FG16(O)M16 0,6/1kV, FG18(O)M16 0,6/1kV, FG18(O)M18 0,6/1kV

In generale, in tutte le situazioni in cui il rischio legato allo sviluppo di gas tossici e corrosivi a seguito di incendio con cavi ordinari è da ritenersi inaccettabile, si prescrive l'utilizzo di cavi tipo "LS0H"; in linea di massima, l'utilizzo di questo tipo di cavi si prescrive per tutti i luoghi a maggior rischio in caso di incendio (c.d. luoghi "MARCI") di tipo "A", secondo la definizione di cui alla norma CEI 64-8/7, ovvero in tutti i luoghi che presentano un livello di rischio incendio classificato come "medio" o "alto" (per i quali le Norme Tecniche di Prevenzione Incendi, di cui al DM 03/08/2015 e ss.mm.ii., richiedono cavi del gruppo "GM2" e "GM1", tali da garantire un livello di prestazione III o IV).

All'esterno, e per gli impianti interrati, devono essere di norma utilizzati cavi con guaina (ad es. tipo FG16(O)R16 0.6/1 kV).

I cavi per i circuiti di comando e segnalazione devono avere conduttore in rame con sezione non inferiore a 0.5 mm² e isolamento idoneo alle condizioni di posa.

Per alcune applicazioni speciali (ad esempio circuiti di sicurezza) si prescrive l'utilizzo di cavo con guaina del tipo resistente al fuoco (ad es. tipo FTG18(O)M16 0,6/1kV CEI 20-45).

Ferma restando la prescrizione di suddivisione in canalizzazioni diverse dei cavi afferenti a categorie diverse, tutti i cavi contenuti in una stessa canalizzazione devono essere isolati per la tensione massima prevista dai diversi sistemi presenti.

Le sezioni dei conduttori devono essere commisurate alle correnti di impiego e alla corrente nominale delle protezioni in modo che ne sia garantita la protezione contro i sovraccarichi ed i cortocircuiti nelle reali condizioni di posa (al più può essere autorizzata, ove motivatamente richiesta, l'omissione della protezione contro i sovraccarichi nei circuiti di alimentazione di impianti di illuminazione, peraltro sempre auspicata). Le sezioni dei conduttori inoltre devono garantire che le massime cadute di tensione tra l'origine dell'impianto e qualsiasi punto dell'impianto stesso non superino il 4%. I cavi interrati direttamente o posati in tubo protettivo non idoneo a proteggerli meccanicamente devono essere posati ad almeno 0.5 m di profondità e devono essere protetti con apposita lastra o tegolo. Non è prescritta alcuna profondità minima di installazione se il cavo risulta protetto meccanicamente nei confronti degli usuali attrezzi manuali di scavo da idonea protezione meccanica (ad es. tubazione di caratteristiche adeguate). Le tubazioni interrate devono far capo a pozzetti di ispezione di adeguate dimensioni, dotati di robusti chiusini, specie per le aree carrabili. Sulle passerelle possono essere posati solamente cavi con guaina. Le condutture relative a impianti speciali di comunicazione e di sicurezza (quali impianti telefonici, TV, circuiti SELV o PELV, rivelazione incendi, antintrusione, ecc.) vanno tenute tra loro distinte. Le condutture non devono essere posate in prossimità di tubazioni che producano calore, fumi o vapori. Ogni conduttura, nell'attraversare pareti o solai di compartimentazione al fuoco non deve modificarne le caratteristiche in termini di resistenza REI.

Per quanto concerne tipo di posa, raggi di curvatura, temperatura di posa, ecc., si dovranno seguire scrupolosamente le prescrizioni imposte dalle normative che regolano la materia, nonché le raccomandazioni da parte del Costruttore. L'attestazione ai poli delle apparecchiature di sezionamento o interruzione sarà effettuata a mezzo capicorda a pinzare, con pinzatrice idraulica in modo che il contatto tra conduttore e capicorda sia il più sicuro possibile.

I tipi di cavo da utilizzare, nonché la loro formazione, sono definiti negli altri documenti di progetto (in particolare si vedano gli schemi elettrici unifilari dei quadri).

Vengono comunque riportate nel seguito le caratteristiche dei cavi che sono generalmente ammessi, sulla base delle classi di reazione al fuoco stabilite dalla tabella CEI UNEL 35016 e delle prescrizioni contenute nella norma CEI 64-8, in ottemperanza al Regolamento Prodotti da Costruzione CPR UE305/11.

Per ulteriori dettagli tecnici si rinvia all'Elenco Descrittivo delle Voci.

4.10.2.1. Cavi senza guaina, isolati in PVC, per livello di rischio "basso"

Si tratta di cavi con corda flessibile di rame rosso ricotto e isolante costituito da una miscela di qualità S17 a base di polivinilcloruro (PVC), ad elevate caratteristiche meccaniche ed elettriche.

La tipologia di cavo ammessa per questo livello di rischio è codificata come FS17 450/750 V (euroclasse Cca - s3, d1, a3).

4.10.2.2. Cavi senza guaina, con isolamento LS0H, per livello di rischio "medio"

Si tratta di cavi con corda flessibile di rame rosso ricotto e isolante costituito da una miscela termoplastica LS0H di qualità TI7, a base di gomma o altro elastomero, ad elevate caratteristiche meccaniche ed elettriche.

Le tipologie di cavo ammesse per questo livello di rischio sono codificate come FG17 450/750 V ed H07Z1-K type 2 450/750 V (euroclasse Cca - s1b, d1, a1).

4.10.2.3. Cavi con guaina in PVC, isolati in gomma, per livello di rischio "basso"

Si tratta di cavi con corda flessibile di rame rosso ricotto e isolante (utilizzato per l'isolamento delle singole anime) costituito da una miscela di gomma etilpropilenica HEPR ad alto modulo, di qualità G16, ad elevate caratteristiche meccaniche ed elettriche; esso garantirà elevata resistenza all'invecchiamento termico, al fenomeno delle scariche parziali e all'Azoto, consentendo maggior temperatura di esercizio dei conduttori.

Sull'insieme delle anime dei cavi multipolari sarà disposto un riempitivo non igroscopico ovvero in gomma ad alta autoestinguenza, mentre la guaina esterna sarà realizzata con una miscela in PVC speciale di qualità R16.

La distinzione delle diverse anime dovrà essere eseguita secondo le tabelle UNEL 00722-78 per cavi di tipo "5" (senza conduttore di protezione) e così individuata:

- Unipolari: nero (ogni singola anima dovrà essere distinta con nastratura di differente colore, come per la formazione pentapolare)
- Bipolari: blu chiaro, nero
- Tripolari: nero, marrone, grigio
- Quadripolari: blu chiaro, nero, marrone, grigio
- Pentapolari: blu chiaro, nero, marrone, grigio, nero (per questa formazione si dovrà provvedere a distinguere una delle due anime nere con nastratura di diverso colore)
- Multipolari: nero con numerazione progressiva stampigliata su ogni anima

La tipologia di cavo ammessa per questo livello di rischio è codificata come FG16(O)R16 0.6/1 kV (euroclasse Cca - s3, d1, a3).

4.10.2.4. Cavi con guaina LS0H, isolati in gomma, per livello di rischio "medio"

Le caratteristiche generali, e la distinzione delle diverse anime, sono sostanzialmente analoghe a quelle descritte nel precedente punto; in questo caso, però, la guaina esterna sarà realizzata con una miscela termoplastica LS0H di qualità M16.

La tipologia di cavo ammessa per questo livello di rischio è codificata come FG16(O)M16 0.6/1 kV (euroclasse Cca - s1b, d1, a1).

4.10.2.5. Cavi con guaina LSOH, isolati in gomma, per livello di rischio "alto"

Le caratteristiche generali, e la distinzione delle diverse anime, sono sostanzialmente analoghe a quelle descritte nel precedente punto; in questo caso, però, l'isolante sarà di qualità G18 e la guaina esterna sarà realizzata con una miscela termoplastica LSOH di qualità M16 o M18.

Le tipologie di cavo ammesse per questo livello di rischio sono codificate come FG18(O)M16 0.6/1 kV ed FG18(O)M18 0.6/1 kV (euroclasse B2ca - s1a, d1, a1).

4.10.2.6. Cavi con guaina LSOH, isolati in gomma, resistenti al fuoco

Le caratteristiche generali, e la distinzione delle diverse anime, sono sostanzialmente simili a quelle descritte nel precedente punto.

Le caratteristiche generali di questi ultimi, e la distinzione delle diverse anime, sono sostanzialmente analoghe a quelle descritte nel precedente punto; con l'isolante di qualità G18 e la guaina esterna sarà realizzata con una miscela termoplastica LSOH di qualità M16 o M18.

Le tipologie di cavo ammesse sono codificate come FTG18(O)M16 0.6/1 kV e FTG18(O)M18 0.6/1 kV (euroclasse B2ca - s1a, d1, a1).

Le caratteristiche di resistenza al fuoco (con integrità funzionale) dei cavi dovranno essere provate secondo le normative:

- CEI 20-45 V2 "Cavi per energia isolati in gomma elastomerica ad alti modulo di qualità G18, sotto guaina termoplastica o elastomerica, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco rispetto al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR). Cavi con caratteristiche aggiuntive di resistenza al fuoco. Tensione nominale U0/U: 0,6/1 kV"
- CEI EN 50200 - CEI 20-36/4-0 Descrive l'attrezzatura e la procedura di prova della resistenza al fuoco dei cavi aventi diametro fino a 20 mm. Procedura con shock meccanico.
- CEI EN 50362 - CEI 20-36/5-0 Descrive l'attrezzatura e la procedura di prova della resistenza al fuoco dei cavi aventi diametro superiore a 20 mm. Procedura con shock meccanico.

Attraverso le suddette prove i cavi sono caratterizzati dalla seguente classificazione:

- PH 15 Esposizione al fuoco 15 min
- PH 30 Esposizione al fuoco 30 min
- PH 60 Esposizione al fuoco 60 min
- PH 90 Esposizione al fuoco 90 min
- PH 120 Esposizione al fuoco 120 min
- PH 180 Esposizione al fuoco 180 min

4.10.2.7. Prescrizioni di posa dei cavi

I cavi dovranno essere posati con tecniche compatibili alla posizione di posa e, se del caso, i tiri dovranno tenere conto delle massime sollecitazioni meccaniche sopportate dai cavi; gli sforzi di trazione non dovranno perciò superare i limiti previsti dai costruttori.

I cavi su canali/passarelle dovranno essere posati in modo ordinato, paralleli fra loro, senza attorcigliamenti e incroci; i cavi non dovranno presentare giunzioni intermedie lungo il percorso, tranne nel caso in cui la lunghezza dei collegamenti sia maggiore della pezzatura di fabbrica.

Particolare attenzione dovrà essere posta per evitare abrasioni dei cavi durante la posa in opera.

Tutti i cavi saranno da fissare ai canali/passarelle, e alle strutture, con apposite fascette di materiale plastico da prevedere:

- Ogni 4-5 m di percorso su passerelle orizzontali
- Ogni 0,5 m di percorso nei tratti verticali od obliqui di salita o discesa

I cavi dovranno essere fissati anche nel caso di canali pieni (non forati) utilizzando apposite barre trasversali.

Le curvature dovranno essere effettuate con raggio non inferiore a quello indicato dai costruttori.

I cavi andranno posati con temperature esterne superiori a 3 °C.

Nel caso di più terne di cavi unipolari collegati in parallelo, al fine di assicurare una corretta suddivisione della corrente nei cavi in parallelo e conseguentemente un contenimento del campo magnetico indotto, la disposizione delle diverse fasi deve essere eseguita secondo le indicazioni riportate nelle seguenti tabelle:

Numero di terne nello stesso strato											
n.2		n.3			n.4						
T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
R	S	S	R	R	S	S	R	R	S	S	R

Tabella posa cavi con disposizione a trifoglio

Numero di terne nello stesso strato(*)																							
n.2		n.3			n.4																		
R	S	T	T	S	R	R	S	T	T	S	R	R	S	T	T	S	R	R	S	T	T	S	R

Cavi posati in orizzontale o in verticale

(*) Quando i cavi sono posati su strati le disposizioni indicate vanno ripetute in ciascun stato

I circuiti di sicurezza, ovvero quelli che collegano una sorgente di energia centralizzata agli apparecchi di emergenza utilizzati per l'illuminazione di sicurezza, dovranno essere indipendenti dagli altri circuiti, in modo che guasti o interventi sui circuiti ordinari non compromettano il corretto funzionamento dei circuiti di sicurezza.

A tale scopo, dovranno essere realizzate condutture separate da quelle ordinari, cioè cavi posati in tubi o canali distinti, oppure posati nello stesso canale ma con un setto di separazione.

La separazione va poi assicurata anche nelle cassette di derivazione (indipendenti o con setto di separazione) e, se possibile, anche tramite percorsi indipendenti.

4.10.2.8. Identificazione cavi e connessioni terminali

Ogni cavo dovrà essere contrassegnato in modo leggibile e permanente con le sigle indicate negli elaborati di progetto, in modo da consentirne l'individuazione. Le marcature saranno conformi alla norma CEI 16-7 ed applicate alle estremità del cavo in corrispondenza dei quadri e delle cassette di derivazione dorsali con anelli o tubetti porta-etichette, ovvero tubetti presiglati o termorestringenti.

Le connessioni dei cavi comprendono la formazione delle terminazioni ed il collegamento ai morsetti. La guaina dei cavi multipolari dovrà essere opportunamente rifinita nel punto di taglio con manicotti termorestringenti. Le terminazioni saranno di tipo e sezione adatte alle caratteristiche del cavo su cui saranno montate e all'apparecchio a cui verranno collegate; si esclude qualsiasi adattamento di dimensione o sezione del cavo o del capocorda stesso.

Ad ogni dispositivo di serraggio di ciascun morsetto non dovrà essere cablato più di un conduttore; l'eventuale equipotenzializzazione dovrà avvenire tra i morsetti mediante opportune barrette "di parallelo".

I cavi, presso i punti di collegamento, dovranno essere fissati con fascette o collari, ovvero si dovranno utilizzare appositi pressacavi, in modo da evitare sollecitazioni sui morsetti di quadri o cassette, ecc.

Per le connessioni dei cavi di energia, di comando, di segnalazione e misura, si dovranno impiegare capicorda a compressione in rame stagnato, del tipo preisolato o protetto con guaina termorestringente.

4.10.3. Sistemi di posa dei cavi

Sono ammesse le seguenti tipologie di posa:

- Entro tubazioni direttamente interrate
- Entro tubazioni, metalliche o in PVC, in vista o incassate entro struttura: i tubi dovranno avere un diametro tale da consentire un comodo infilaggio e sfilaggio dei conduttori
- Entro canalizzazioni in vista di tipo metallico, in vetroresina o in PVC: i cavi dovranno essere disposti in modo ordinato, senza incroci. I cavi andranno legati alle canalizzazioni mediante apposite fascette con regolarità ed in corrispondenza di curve, diramazioni, cambiamenti di quota
- In cunicoli ricavati nel pavimento: i cavi vanno adagiati sul fondo del cunicolo

In ogni caso dovranno essere rispettati i raggi minimi di curvatura prescritti dal costruttore.

Particolare attenzione va posta alla posa di conduttori entro tubazioni, onde evitare la formazione di eliche che ne impedirebbero lo sfilamento successivo.

Le derivazioni dalla dorsale verso l'utenza terminale possono essere realizzate solo in corrispondenza di idonee scatole di derivazione con l'uso di morsetti aventi sezione adeguata.

Le linee dorsali dovranno mantenere la stessa sezione lungo tutto il loro sviluppo, salvo diversa ed esplicita indicazione.

Ogni cavo (anche quelli relativi agli impianti speciali) deve essere identificabile, tramite apposita marcatura (fascette o anelli), non solo alle sue estremità ma anche in corrispondenza di ciascuna scatola di derivazione e/o di transito.

Il collegamento terminale sarà costituito da terminazioni adeguate al cavo ed all'apparecchio da connettere.

Non sono concessi aggiustamenti apportati al conduttore o ai capicorda per consentire il loro reciproco adattamento.

I cavi, in corrispondenza delle connessioni terminali, dovranno essere fissati alla struttura portante o alla cassetta tramite pressacavo. Ciò al fine di impedire sollecitazioni, di qualsiasi natura, sui morsetti della connessione.

4.10.4. Attraversamento superfici di compartimentazione

Qualora una condotta elettrica attraversi elementi costruttivi di un compartimento antincendio (pavimenti, muri, solai, pareti) aventi una resistenza al fuoco specificata, occorre ripristinare la resistenza al fuoco che l'elemento possedeva in assenza della condotta. Occorre quindi otturare sia il foro di passaggio nel muro rimasto libero sia la sezione rimasta vuota all'interno della condotta stessa. Non è necessario otturare l'interno dei tubi protettivi se questi sono conformi alla prova di resistenza alla propagazione della fiamma secondo la norma CEI 23-25 o CEI 23-39, ed hanno un diametro interno non superiore a 30 mm e grado di protezione almeno IP33, inclusa la sua estremità se penetra in un ambiente chiuso. Entrambe le otturazioni possono essere realizzate mediante barriere tagliafiamma e devono comunque avere una resistenza al fuoco almeno uguale a quella dell'elemento costruttivo del compartimento antincendio.

4.10.4.1. Prodotti per barriera tagliafuoco

Il sistema di tamponamento dei passaggi cavi mediante componenti vari sarà formato da:

- Pannello in fibre universali da sagomare sul foro interessato
- Fibra ceramica per tamponamento di tutti gli interstizi esistenti tra cavo e cavo o tra pannello e parete
- Mastice di sigillatura a basso contenuto di acqua ed elevata percentuale di materiali solidi. Può essere applicato a spatola come una comune malta cementizia
- Supporti metallici per la realizzazione della barriera

Tutti i materiali per tale esecuzione dovranno essere provvisti di certificazione di collaudo e dovranno essere di tipo approvato secondo quanto previsto dalle normative vigenti, nonché fornito, su richiesta, al Committente o alla DL.

4.10.4.2. Setti tagliafuoco di tipo componibile

Trattasi di passacavi multipli resistenti al fuoco di tipo ad inserti componibili modulari composti da:

- Telaio in profilato di acciaio zincato da installare o annegare alla struttura muraria in maniera che risulti facilitato successivamente il montaggio delle guarnizioni
- Guarnizioni in materiale antifiama resistente ad una temperatura non inferiore a 750°C. Saranno nel numero e nel tipo secondo le esigenze (cavi unipolari o multipolari) e comunque di dimensioni tali da non procurare danni durante la compressione
- Blocchi di riempimento che saranno anch'essi nel numero e nel tipo secondo le esigenze e comunque tali da formare una struttura piena, senza fessurazioni
- Piastra di compressione necessaria al termine dell'assemblaggio onde, tramite apposito bullone, riempire eventuali spazi vuoti

Tale passacavo dovrà essere provvisto di certificazione di collaudo e dovrà essere di tipo approvato secondo quanto previsto dalle normative vigenti, nonché fornito, su richiesta, al Committente o alla DL.

4.11. CAVIDOTTI ED ACCESSORI

4.11.1. Tubazioni

4.11.1.1. Generalità

I tubi si classificano in funzione della forma, del materiale, delle prestazioni e del tipo di installazione.

La classificazione fondamentale riguarda il grado di flessibilità e si distingue in:

- tubi rigidi: non possono essere piegati e hanno bisogno di accessori (curve) per realizzare i cambiamenti di direzione;
- tubi pieghevoli: possono essere facilmente piegati a mano ma non possono subire movimenti una volta installati;
- tubi flessibili: atti a sopportare ripetute piegature e si prestano alla realizzazione di condutture mobili.

Esistono altre classificazioni dei tubi che riguardano:

- tubi protettivi: elementi di canalizzazione chiusi di sezione circolare o no. Devono essere sufficientemente chiusi sul loro perimetro in modo che i conduttori possano essere introdotti soltanto per infilaggio e non per inserimento laterale;
- tubi lisci (rigidi): tubi di sezione circolare in cui il profilo della sezione longitudinale è piano;

- tubi corrugati (flessibili): tubi curvabili in cui il profilo della sezione è ondulato;
- tubi pesanti: destinati all'impiego in applicazioni nelle quali è richiesta una particolare resistenza meccanica. Vengono designati con la lettera P;
- tubi leggeri: destinati all'impiego in applicazioni nelle quali non è richiesta una particolare resistenza meccanica. Vengono designati con la lettera L;
- tubi filettabili: tubi lisci di sezione circolare nei quali le estremità presentano filettature per la congiunzione oppure possono essere filettate durante la messa in opera;
- tubi non filettabili: tubi lisci di sezione circolare la cui congiunzione è realizzabile in maniera diversa dalla filettatura;
- tubi isolanti: tubi realizzati in materiale isolante senza alcuna parte conduttrice, sotto forma o di rivestimento interno o di rivestimento metallico esterno;
- tubi non propaganti la fiamma: suscettibili di prendere fuoco con l'applicazione di una fiamma, ma che non propagano la fiamma stessa e si autoestingono in breve tempo dopo che la fiamma è rimossa;
- tubi autorinvenenti: dopo aver subito una deformazione, sono in grado di ripristinare la loro forma originale in breve tempo;
- tubi composti: realizzati compositamente sia in metallo che in materiale isolante.

4.11.1.2. Norme di riferimento

La norma CEI 23-39 (EN 50086-1) fornisce una visione generale delle prescrizioni cui sono soggetti i sistemi di tubi, a cui si aggiungono delle prescrizioni particolari riportate nelle norme seguenti:

- CEI 23-54 (EN 50086-2-1): tubi rigidi;
- CEI 23-55 (EN 50086-2-2): tubi pieghevoli;
- CEI 23-56 (EN 50086-2-3): tubi flessibili;
- CEI 23-46 (EN 50086-2-4): cavidotti;
- CEI 23-26 (EN 60423): raccordi e le filettature.

4.11.1.3. Classificazione del sistema

Un sistema è composto da diversi elementi: tubi, accessori, giunzioni, realizzati in materiali diversi che si possono integrare con i canali.

Di seguito si riporta la classificazione a codice delle proprietà del sistema.

Questo codice è costituito da 12 cifre e deve essere riportato nella documentazione scritta del costruttore. È possibile riportare il codice su vari elementi del sistema e la norma suggerisce di riportare le prime 4 cifre del codice sui tubi.

Descrizione	Cifra	Significato	Valore
1a resistenza alla compressione	1	molto leggero	125 N
	2	leggero	320 N
	3	medio	750 N
	4	pesante	1.250 N
	5	molto pesante	4.000 N

Descrizione	Cifra	Significato	Valore
2a resistenza all'urto	1	molto leggero	0.5 kg x 100 mm
	2	leggero	1.0 kg x 100 mm
	3	medio	2.0 kg x 100 mm
	4	pesante	2.0 kg x 300 mm
	5	molto pesante	6.8 kg x 300 mm
3a temperatura applicazione installazione minima permanente	1	-	+5 C°
	2	-	-5 C°
	3	-	-15 C°
	4	-	-25 C°
	5	-	-45 C°
4a temperatura applicazione installazione massima permanente	1	-	+60 C°
	2	-	+90 C°
	3	-	+105 C°
	4	-	+120 C°
	5	-	+150 C°
	6	-	+250 C°
	7	-	+400 C°
5a resistenza alla flessione	1	rigido	
	2	pieghevole	
	3	piegh./autorinv.	
	4	flessibile	
6a proprietà elettriche	0	non dichiarate	
	1	continuità elettrica	
	2	isolamento elettrico	
7a resistenza alla penetrazione corpi solidi	3	protetto $\varnothing < 2,5\text{mm}$	
	4	protetto $\varnothing < 1,0\text{mm}$	
	5	protetto contro la polvere	

Descrizione	Cifra	Significato	Valore
	6	stagno alla polvere	
8a resistenza alla penetrazione di acqua	1	non dichiarato (non protetto)	
	2	protetto contro le gocce di acqua che cadono verticalmente	
	3	protetto contro le gocce di acqua che cadono verticalmente quando il sistema di tubi ed accessori è inclinato fino a 15°	
	4	protetto contro gli spruzzi di acqua	
	5	protetto contro gli schizzi di acqua	
	6	protetto contro i getti di acqua	
	7	protetto contro i getti di acqua potenti	
	8	protetto contro gli effetti di una immersione temporanea in acqua	
9a resistenza alla corrosione di sistemi di tubi ed accessori metallici e composti	1	protezione debole all'interno e all'esterno	
	2	protezione media all'interno e all'esterno	
	3	protezione media all'interno e alta all'esterno	
	4	protezione alta all'interno e all'esterno	
10a resistenza alla trazione	0	non dichiarata	0 N
	1	molto leggero	100 N
	2	leggero	250 N
	3	medio	500 N
	4	pesante	1.000 N
	5	molto pesante	2.500 N
11a resistenza alla propagazione della fiamma	1	non propagante la fiamma	
	2	propagante la fiamma	
12a resistenza al carico sospeso	0	non dichiarata	0
	1	molto leggero	20 N x 48 ore
	2	leggero	30 N x 48 ore
	3	medio	150 N x 48 ore
	4	pesante	450 N x 48 ore
	5	molto pesante	850 N x 48 ore

Descrizione	Cifra Significato	Valore

4.11.1.4. Caratteristiche dei tubi protettivi

I tubi devono essere marcati con:

- il nome del costruttore o il marchio di fabbrica;
- la siglatura distintiva del tipo;
- l'eventuale marchio IMQ;
- l'eventuale codice di classificazione.

Inoltre, i tubi devono avere le seguenti caratteristiche generali:

- superfici interne ed esterne lisce che non danneggiano i cavi durante la loro introduzione ed estrazione;
- resistenza allo schiacciamento;
- resistenza all'urto;
- continuità elettrica per i tubi in metallo;
- proprietà isolanti;
- protezione contro penetrazione di corpi solidi o liquidi esterni, presenza di sostanze corrosive e inquinanti o esposizione alle radiazioni solari.

4.11.1.5. Colore

L'unico colore distintivo obbligatorio è l'arancione che deve distinguere i tubi costruiti con materiale propagante la fiamma.

I tubi metallici o in resina non propagante la fiamma possono essere di qualsiasi colore a eccezione del giallo, dell'arancione e del rosso a meno che non sia marcato sul prodotto la caratteristica di non propagazione del materiale.

4.11.1.6. Tubazioni non metalliche

Tubazioni isolanti di tipo pieghevole

Le tubazioni di questo tipo saranno generalmente utilizzate per la posa sottotraccia a parete, soffitto o pavimento, curando che in tutti i punti risultino ricoperte da almeno 20 mm di intonaco/massetto; queste tubazioni possono essere utilizzate anche entro pareti prefabbricate del tipo a sandwich e, occasionalmente, per brevi tratti di raccordo entro controsoffitto.

I cambiamenti di direzione dovranno essere eseguiti con curve ampie (raggio di curvatura compreso fra 3 e 6 volte il diametro nominale del tubo).

Dovrà essere evitato, salvo esplicita deroga da parte della DL, l'uso di queste tubazioni per posa interrata; nell'eventualità, la tubazione dovrà essere protetta da idoneo getto di calcestruzzo, anche in relazione alla profondità di posa prevista.

La tabella che segue riporta, a titolo indicativo, il diametro della tubazione necessaria in relazione al tipo ed al numero dei cavi da contenere; in ogni caso il diametro minimo delle tubazioni da utilizzare dovrà essere pari a 20 mm.

NB: la tabella si riferisce all'utilizzo di cavi "non CPR" (cioè non conformi al Regolamento Prodotti da Costruzione CPR UE305/11); ciò nonostante, essa può essere utilizzata come primo riferimento indicativo anche per i cavi "CPR", secondo le indicazioni di "corrispondenza" riportate nei pertinenti paragrafi del presente documento. In ogni caso, dovranno essere rispettate le prescrizioni di cui alla normativa vigente in tema di riempimento delle canalizzazioni (vedi norma CEI 64-8 parte 5).

Cavi		Sezione (mm ²)						
U ₀ /U*	Tipo	n°	1,5	2,5	4	6	10	
450/750 V	Cavo unipolare PVC (senza guaina) N07V-K N07G9-K	1	20	20	20	20	20	
		2	20	20	20	25	32	
		3	20	20	25	32	32	
		4	20	20	25	32	32	
		5	20	25	25	32	40	
		6	20	25	32	32	40	
		7	20	25	32	32	40	
		8	25	32	32	40	50	
		9	25	32	32	50	50	
	Cavo multipolare PVC FROR	Bipolare	1	20	25	25	32	40
			2	32	40	50	50	63
			3	40	50	50	63	-
		Tripolare	1	20	25	25	32	40
			2	40	40	50	63	63
			3	40	50	50	63	-
Quadripolare		1	25	25	32	32	50	
		2	40	50	50	63	-	
		3	50	50	63	-	-	
0,6/1 kV	Cavo unipolare PVC o gomma (con guaina) FG7(O)M1 FG7(O)R N1VV-K FTG10(O)M1	1	25	25	25	25	32	
		2	40	40	50	50	50	
		3	50	50	50	63	63	
		4	50	50	63	63	-	
		5	63	63	63	63	-	
		6	63	63	63	-	-	
		7	63	63	63	-	-	
		8	-	-	-	-	-	
		9	-	-	-	-	-	
	Cavo multipolare PVC o gomma FG7(O)M1 FG7(O)R N1VV-K FTG10(O)M1	Bipolare	1	25	32	32	32	40
			2	50	50	63	63	-
			3	63	63	63	-	-
		Tripolare	1	25	32	32	32	40
			2	50	50	63	63	-
			3	63	63	63	-	-
Quadripolare	1	32	32	32	40	40		
	2	50	63	63	-	-		
	3	63	63	-	-	-		

Grandezza minima (mm) dei tubi PIEGHEVOLI in PVC, in relazione alla sezione e al numero dei cavi

Tubazioni isolanti di tipo rigido

Le tubazioni di questo tipo saranno generalmente utilizzate per la posa in vista (a parete, a soffitto, in controsoffitto o sotto pavimento sopraelevato). Non è ammessa la posa interrata (anche se protetto da manto di calcestruzzo) o in vista in posizioni dove si prevedono forti sollecitazioni meccaniche. Le giunzioni e i cambiamenti di direzione dei tubi potranno essere ottenuti sia impiegando rispettivamente manicotti e curve con estremità a bicchiere, conformi alle norme di prodotto, ovvero eseguendo i manicotti e le curve a caldo, direttamente sul posto di posa; nel caso in cui sia adottato questo metodo, le giunzioni dovranno essere eseguite in modo che le estremità siano sovrapposte per un tratto pari a circa 1-2 volte il diametro nominale del tubo e le curve in modo che il raggio di curvatura sia compreso fra 3 e 6 volte il diametro nominale del tubo.

Nei casi in cui siano necessarie tubazioni di diametro maggiore rispetto a quelli contemplati dalle norme CEI di prodotto, potranno essere impiegati tubi in PVC del tipo con giunti a bicchiere con spessore non inferiore a 3 mm, per i quali siano stati eseguiti, a cura del costruttore, le prove di resistenza allo

schacciamento, all'urto, alla fiamma, agli agenti chimici e di isolamento, oppure tubi in PVC conformi alle norme UNI 7441-75-PN10. Per la posa interrata dovranno essere impiegati tubi in PVC conformi alle norme UNI 7441-75- PN16.

Nel caso di tubi del tipo filettabile, le giunzioni saranno ottenute con manicotti filettati. I cambiamenti di direzione potranno essere ottenuti sia con curve ampie con estremità filettate internamente, sia tramite piegatura a caldo.

La tabella che segue riporta, a titolo indicativo, il diametro della tubazione necessaria in relazione al tipo ed al numero dei cavi da contenere; in ogni caso il diametro minimo delle tubazioni da utilizzare dovrà essere pari a 20 mm.

NB: la tabella si riferisce all'utilizzo di cavi "non CPR" (cioè non conformi al Regolamento Prodotti da Costruzione CPR UE305/11); ciò nonostante, essa può essere utilizzata come primo riferimento indicativo anche per i cavi "CPR", secondo le indicazioni di "corrispondenza" riportate nei pertinenti paragrafi del presente documento. In ogni caso, dovranno essere rispettate le prescrizioni di cui alla normativa vigente in tema di riempimento delle canalizzazioni (vedi norma CEI 64-8 parte 5).

Cavi		Sezione (mm ²)						
U ₀ /U*	Tipo	n°	1,5	2,5	4	6	10	
450/750 V	Cavo unipolare PVC (senza guaina) N07V-K N07G9-K	1	20	20	20	20	20	
		2	20	20	20	20	25	
		3	20	20	20	25	32	
		4	20	20	20	25	32	
		5	20	20	20	32	32	
		6	20	20	25	32	40	
		7	20	20	25	32	40	
		8	25	25	32	40	50	
		9	25	25	32	40	50	
	Cavo multipolare PVC FROR	Bipolare	1	16	20	20	25	32
			2	32	40	40	50	-
			3	40	40	50	50	-
		Tripolare	1	16	20	20	25	40
			2	32	40	40	50	-
			3	40	50	50	-	-
Quadripolare	1	20	20	25	32	40		
	2	40	40	50	50	-		
	3	40	50	50	-	-		
0,6/1 kV	Cavo unipolare PVC o gomma (con guaina) FG7(O)M1 FG7(O)R N1VV-K FTG10(O)M1	1	20	20	20	25	50	
		2	40	40	40	40	50	
		3	40	50	50	50	-	
		4	50	50	50	50	-	
		5	50	50	-	-	-	
		6	-	-	-	-	-	
		7	-	-	-	-	-	
		8	-	-	-	-	-	
		9	-	-	-	-	-	
	Cavo multipolare PVC o gomma FG7(O)M1 - FG7(O)R N1VV-K FTG10(O)M1	Bipolare	1	25	25	25	32	32
			2	40	50	50	-	-
			3	50	50	-	-	-
		Tripolare	1	25	25	25	32	32
			2	50	50	50	-	-
			3	50	-	-	-	-
		Quadripolare	1	25	25	32	32	40
			2	50	50	-	-	-
			3	-	-	-	-	-

Grandezza minima (mm) dei tubi RIGIDI in PVC, in relazione alla sezione e al numero dei cavi

Tubazioni isolanti di tipo flessibile (guaine)

Le tubazioni di questo tipo saranno generalmente utilizzate per la posa in vista entro controsoffitto, ovvero per il raccordo di tubazioni rigide agli apparecchi utilizzatori.

Saranno costituito da un tubo in materiale isolante morbido, internamente liscio e rinforzato da una spirale di sostegno in PVC ovvero in acciaio zincato.

La spirale dovrà avere caratteristiche (passo dell'elica, rigidità, ecc.) tali da garantire l'inalterabilità della sezione anche per il raggio minimo di curvatura ($r_{\min} = 2 \times \text{diam.int.}$) ed il ritorno alla sezione originale in caso di schiacciamento.

4.11.1.7. Cavidotto HDPE tipo "BUNDLE"

Per la posa della rete in f.o. è previsto il ricorso a cavidotti in polietilene ad alta densità (HDPE) dotati di microtubi, tipo "bundle", in cui le fibre ottiche vengono inserite con la tecnica del soffiaggio.

Il cavidotto composito sarà quindi realizzato per mezzo di:

- n.1 tubo
- n.7 microtubi

Caratteristiche costruttive:

- materiale HDPE
- superficie interna liscia
- superficie esterna liscia
- diametro esterno tubo ca.50 mm
- diametro interno tubo ca. 43 mm
- spessore tubo 3,4 mm
- microtubi diametro esterno 12 mm
- microtubi diametro interno 10 mm
- resistenza pressione 1000 kPa
- forza di tensione in installazione Max 9000 N
- raggio di curvatura minimo 500mm
- temperatura d'installazione da -10°C a +50°C

Conforme alle norme tecniche applicabili.

Costruito a regola d'arte, dotato di marcatura CE e marchio IMQ (o equivalente) ove applicabili.

A questo tubo saranno associati degli accessori per la giunzione in linea e/o per la deviazione di alcuni tubetti con derivazioni a "T". Questi saranno opportunamente designati per garantire la continuità dei tubetti, così da non creare ostacoli nella posa per soffiaggio.

4.11.1.8. Tubazioni metalliche di tipo rigido

Tubazioni in acciaio zincato leggero

Saranno in acciaio trafilato con sezione perfettamente circolare, zincato a fuoco e filettabile, e saranno generalmente impiegate per la posa in vista all'interno.

Nel caso di impiego per l'esecuzione di impianti "stagni" (grado di protezione non inferiore a IP 44) dovranno essere impiegati i seguenti accessori in acciaio zincato: per le giunzioni, manicotti filettati o raccordi in tre pezzi; per i cambiamenti di direzione, curve ampie con estremità filettate o curve ispezionabili stagne (oppure potrà essere adottato il sistema della piegatura diretta evitando però che si abbiano strozzature, diminuzioni della sezione e danneggiamenti della zincatura); per i collegamenti a canali o contenitori, ghiera e controgghiera. Nel caso di impiego in impianti in cui non sia richiesta l'esecuzione stagna potranno essere impiegati manicotti, curve e raccordi in lega leggera di tipo apribile, serrati sul tubo con cavallotti e viti.

Dovrà in ogni caso essere garantita la continuità elettrica fra le varie parti e, qualora il tubo costituisca "massa", essere effettuato il collegamento a terra delle estremità.

Tubazioni in acciaio zincato pesante

Saranno del tipo “Mannesmann”, senza saldatura, zincate a fuoco, internamente lisce e con estremità filettate; saranno generalmente impiegate per la posa in vista all'interno e all'esterno. È tollerata la posa interrata, purché il tubo sia protetto inferiormente e superiormente con almeno 10 cm di calcestruzzo oppure rivestito con tela di iuta catramata.

Le giunzioni potranno essere ottenute impiegando manicotti filettati in acciaio zincato. Analogamente i cambiamenti di direzione saranno ottenuti con curve ampie con estremità filettate; fino al diametro di 1"1/4 potranno essere ottenuti anche per piegatura diretta, evitando però che si abbiano strozzature, diminuzioni della sezione e danneggiamenti della zincatura. Nel caso di impiego all'esterno di luoghi con pericolo di esplosione ed incendio, potranno essere impiegati anche manicotti, curve e raccordi in lega leggera del tipo apribile, serrati sul tubo con cavallotti e viti. Su tutti i tagli eseguiti dovranno essere accuratamente eliminate sbavature o spigoli taglienti che possano danneggiare i cavi.

Dovrà in ogni caso essere garantita la continuità elettrica fra le varie parti e, qualora il tubo costituisca “massa”, essere effettuato il collegamento a terra delle estremità.

Tubazioni in acciaio inox

Saranno del tipo “conduit” in acciaio inox, con le pareti interne completamente lisce e prive di qualsiasi asperità, per facilitare l'infilaggio dei cavi elettrici evitandone possibili abrasioni. Saranno di tipo filettabile e fornite complete di manicotto.

4.11.1.9. Tubazioni metalliche di tipo flessibile

Tubazioni flessibili in acciaio zincato, rivestite con guaina plastica LSZH

Saranno costituite da un tubo flessibile a spirale in acciaio zincato, a doppia aggraffatura, con rivestimento esterno in guaina plastica LSZH autoestinguente. La guaina esterna dovrà presentare internamente delle nervature elicoidali in corrispondenza all'interconnessione fra le spire del tubo flessibile, allo scopo di assicurare una perfetta aderenza ed evitare che si abbiano a verificare scorrimenti reciproci. Per il collegamento a tubi di altro tipo, canali, cassette o altro, dovranno essere impiegati esclusivamente i raccordi previsti allo scopo dal costruttore.

Le tubazioni flessibili dovranno essere fissate alla volta/pareti tramite appositi collari di staffaggio con passo non maggiore di 50 cm.

4.11.1.10. Tubazioni per posa all'interno

I tubi protettivi pieghevoli in materiale isolante, posati sotto pavimenti o a parete, devono essere almeno della serie “media”; per questi tubi non sono ammesse giunzioni lungo tutto il tratto di tubo.

Per la posa in vista si richiedono invece tubi rigidi della serie “pesante”; la raccorderia sarà di tipo a pressatubo o filettata, a seconda dei casi, mentre il fissaggio in vista dovrà essere eseguito impiegando morsetti di tipo plastico con bloccaggio del tubo a scatto. Le tubazioni in vista dovranno essere fissate alle pareti con sostegni distanziati quanto necessario per evitare la flessione; in ogni caso la distanza dei sostegni non dovrà essere superiore a 1 m e dovranno essere previsti supporti in corrispondenza di curve e derivazioni.

Si devono utilizzare tubi metallici in acciaio (con o senza saldature) quando siano prevedibili violente sollecitazioni meccaniche.

Per impianti da realizzare in luoghi con pericolo di esplosione saranno utilizzate tubazioni metalliche idonee senza saldature, e comunque conformi alle specifiche normative in materia di impianti in luoghi con pericolo di esplosione.

Per evitare fenomeni di accoppiamento induttivo, tutti i conduttori unipolari relativi allo stesso circuito devono essere posati nel medesimo tubo. Il raggio di curvatura dei tubi non deve essere inferiore a 3 volte il diametro esterno dei tubi stessi, e comunque in accordo con le prescrizioni dei costruttori.

La posa dovrà essere eseguita in modo ordinato secondo percorsi orizzontali o verticali, paralleli o perpendicolari a pareti e/o soffitti, senza tratti obliqui ed evitando incroci o accavallamenti non necessari; le tracce sulle murature dovranno essere effettuate secondo percorsi verticali e orizzontali e comunque

di preferenza in una fascia di 30 cm dal filo soffitto, filo pavimento e filo pareti; saranno tollerati, ove necessario, percorsi obliqui per le sole tubazioni pieghevoli incassate nel massetto dei pavimenti.

Dovranno essere evitate le giunzioni tra tubi di diametro diverso, salvo l'utilizzo di accessori specifici.

Accessori specifici dovranno essere utilizzati anche per realizzare le eventuali giunzioni fra tubazioni di differente tipologia (ad es. rigida e flessibile). Il serraggio con clips strette con viti è ammesso solo sul lato tubo rigido e solo qualora non venga ridotto il grado di protezione previsto per l'impianto.

In mancanza di indicazioni o prescrizioni diverse nei documenti di progetto, nei locali umidi o bagnati o all'esterno le tubazioni saranno in materiale isolante e tutti gli accessori per la messa in opera, quali staffe e morsetti di fissaggio, dovranno essere in materiale plastico o in acciaio inossidabile. All'interno di detti locali le varie parti costituenti i cavidotti (tratti rettilinei, curve, ecc.) dovranno essere collegate fra loro mediante bulloni in nylon o in acciaio inossidabile.

Negli impianti in vista (con grado di protezione IP55 salvo diversa indicazione) l'ingresso di tubi in cassette, contenitori e canalette dovrà avvenire tramite adatto pressatubo, tale da non ridurre il grado di prestazione previsto.

Allo scopo di facilitare l'infilaggio e lo sfilaggio dei cavi, sulle tubazioni non dovranno essere eseguite più di due curve, o comunque curve per più di 180°, nel percorso compreso tra due cassette di transito/derivazione. Analogamente, nei tratti rettilinei non dovrà essere superata la lunghezza di 10 m senza l'interposizione di una cassetta rompitratta.

Per consentire l'agevole infilaggio e sfilaggio dei conduttori il rapporto fra il diametro interno del tubo protettivo ed il diametro del fascio di cavi contenuti dovrà essere almeno pari a:

- 1,4 per le linee luce, FM e simili
- 1,6 per i cavi di tipo telefonico

Il diametro delle tubazioni non dovrà comunque essere inferiore a quello riportato negli elaborati di progetto.

Prima della chiusura di tracce, controsoffitti e/o pavimenti sopraelevati, dovrà essere avvisata con sufficiente anticipo la DL, in modo da consentire un esame a vista delle modalità con cui è stata effettuata la posa delle tubazioni.

4.11.1.11. Tubazioni per posa all'esterno

Le tubazioni interrate dovranno rispondere alle seguenti caratteristiche costruttive e di posa (salvo diversa prescrizione di progetto o indicazione della DL):

- Dovranno avere le caratteristiche dimensionali e lo sviluppo indicati nei disegni di progetto
- Essere di materiale termoplastico (polietilene) e dotate di sufficiente resistenza allo schiacciamento (> 450 N), in relazione al tipo di posa previsto
- Avere giunti di tipo a bicchiere, sigillati con apposito collante, ovvero di tipo filettato, per evitare lo sfilamento e le infiltrazioni di acqua. Non saranno ammesse giunzioni lungo tutto il tratto di tubo
- Essere posate a circa 0,5 m di profondità, avendo cura di stendere sul fondo dello scavo e sopra il tubo, una volta posato, uno strato di sabbia di circa 5-10 cm di spessore; in ogni caso, la metodologia di posa deve essere coerente con il tipo di tubazione utilizzata, oltre che con le prescrizioni di enti pubblici eventualmente proprietari dei luoghi e di enti fornitori di sottoservizi, in tema di parallelismi ed incroci con gli stessi
- Sopra il cavidotto sarà posato nastro avvisatore in polietilene con dicitura e colore definiti in sede di progetto o DL
- Dovranno, in corrispondenza ai cambiamenti di direzione e comunque ad intervalli indicativi di 30-40 m nei tratti rettilinei, attestarsi a pozzetti di ispezione completi di contrassegno di identificazione (scritta con vernice resistente o targhette fissate tramite tasselli ad espansione)

- Tutti i pozzetti dovranno essere senza fondo, o comunque con fori adeguati ad evitare il ristagno dell'acqua al loro interno
- I tratti rettilinei orizzontali dovranno essere posati con pendenza verso un pozzetto per evitare il ristagno dell'acqua all'interno della tubazione
- Il tratto entrante nel fabbricato deve essere posato con pendenza verso l'esterno, per evitare l'ingresso di acqua nello stesso
- Dopo aver infilato i cavi, le estremità all'interno e/o all'esterno del fabbricato dovranno essere chiuse e sigillate con tappo o passacavo stagno
- Prima della chiusura degli scavi dovrà essere avvisata con sufficiente anticipo la DL, in modo da consentire un esame a vista delle modalità con cui è stata effettuata la posa delle tubazioni
- I tubi vuoti saranno corredati di filo pilota in acciaio zincato di adeguata robustezza

In linea di principio, nello stesso tubo non dovranno essere presenti conduttori afferenti a servizi diversi, anche qualora funzionanti alla medesima tensione di esercizio.

I tubi posati per riserva dovranno comunque essere dotati di opportuni fili-pilota, in materiale non soggetto a ruggine, e dovranno essere chiusi con tappi filettati e lasciati tappati anche dopo la fine dei lavori.

Nel caso si utilizzino tubazioni metalliche rigide esse saranno del tipo “Mannesmann” senza saldatura, conformi alle tabelle UNI 8863 zincati a caldo secondo le tabelle UNI 5745, ovvero del tipo elettrosaldato, purché le saldature siano realizzate con procedimenti che assicurino l'eliminazione di eventuali sbavature interne e zincati secondo procedimento Sendzimir.

Nel caso di tubi di tipo elettrosaldato, l'accoppiamento con cassette, quadri, apparecchiature e la giunzione tra tubo e tubo dovrà avvenire con raccordi tali da non richiedere la filettatura del tubo stesso e garantire la tenuta meccanica e il grado di protezione richiesto.

I raccordi/sostegni saranno dimensionati per sostenere il peso complessivo corrispondente ai tubi previsti, supposti con il massimo contenuto consentito di cavi.

4.11.2. Canali e passerelle

4.11.2.1. Generalità

Le dimensioni dei canali/passerelle portacavi non dovranno essere inferiori a quelle riportate negli elaborati di progetto e, salvo diversa indicazione o in assenza di dimensione, dovranno essere tali da portare i cavi al massimo su 2 strati sovrapposti.

In ogni caso dovrà essere garantita una riserva di spazio pari al 50% della sezione totale utile della canalizzazione.

Se uno stesso canale è occupato da circuiti a tensione diversa, deve essere munito di setti separatori; i setti saranno provvisti di forature o asolature idonee per il fissaggio ai canali, ma non dovranno presentare aperture sulla parete di separazione dei cavi. In alternativa, si può posare all'interno del canale un secondo canale di dimensioni ridotte oppure un tubo protettivo o infine si può utilizzare lo stesso livello di isolamento (commisurato alla massima tensione presente) per tutti i conduttori.

Prima della chiusura di controsoffitti e/o pavimenti sopraelevati, dovrà essere avvisata con sufficiente anticipo la DL, in modo da consentire un esame a vista delle modalità con cui è stata effettuata la posa delle canalizzazioni.

Dove si prevede l'installazione di più canalizzazioni, sovrapposte o affiancate, si dovrà considerare nella posa un'interdistanza tale da consentire la futura posa di nuovi conduttori e l'esecuzione di eventuali lavori di manutenzione. Salvo diverse indicazioni, tra due canali sovrapposti si dovrà lasciare una distanza netta non inferiore a 200 mm.

Il collegamento tra due elementi costituenti la canalizzazione dovrà essere realizzato tramite appositi giunti e non mediante saldature; i canali dovranno infatti essere costituiti da elementi componibili, così che la loro messa in opera non richieda operazioni di saldatura, ma solo eventuali tagli e forature.

I canali dovranno essere opportunamente contrassegnati, con passo regolare non superiore a 15 m, mediante etichette (metalliche o plastiche) da fissare sul fondo o sul bordo del canale. Tali etichette, aventi dimensioni minime di 100x300 mm, dovranno avere colorazione tale da rispettare la seguente codifica:

- Rosso: rete MT
- Azzurro: rete bt (normale e privilegiata)
- Giallo: impianti speciali di comunicazione (trasmissione dati, citofonico, diffusione sonora,...)
- Arancio: impianti speciali di sicurezza (rivelazione incendi, antintrusione, controllo accessi,...)
- Nero: impianti speciali in genere
- Verde: impianti di sicurezza (esempio: illuminazione di sicurezza)
- Bianco: alimentazione da gruppo elettrogeno (fino al dispositivo, o quadro, di commutazione rete-gruppo)

Di tale codifica si dovranno fornire tabelle esplicative da collocare in maniera visibile all'interno dei locali tecnici dedicati ai quadri elettrici e/o nelle tasche porta schemi previste all'interno dei quadri stessi.

Tutte le variazioni dei percorsi (relativi a tubazioni e a canalizzazioni) rispetto a quelli di progetto dovranno essere preventivamente approvate dalla DL, ed essere riportate sui disegni da consegnare al Committente al termine dei lavori stessi.

Canali, passerelle e tubi protettivi, se metallici, sono generalmente da considerare masse e vanno pertanto collegati a terra; non sono da considerare masse, e non è pertanto necessario il loro collegamento a terra, qualora contengano soltanto cavi in classe II di isolamento: in tal caso il collegamento a terra non è comunque vietato.

4.11.2.2. Canali e passerelle metalliche

Prescrizioni comuni

Per la sospensione dei canali saranno impiegate mensole che potranno essere ancorate sia a profilati fissati a soffitto, sia con tasselli direttamente a parete, con classe di resistenza al fuoco REI 120 qualora richiesto dagli elaborati di progetto ovvero se installate in tunnel, in modo da avere sempre un lato libero per l'inserimento dei cavi. I sostegni saranno di tipo prefabbricato, di materiale e finitura conforme al canale; dovranno essere sempre previsti nei punti di diramazione, dove iniziano i tratti in salita o in discesa e alle estremità delle curve. I sostegni dovranno assicurare ai canali una completa rigidità in tutti i sensi e non dovranno subire né forature, né altra lavorazione dopo il trattamento di protezione superficiale. La viteria e bulloneria sarà in acciaio inossidabile con testa a goccia e sottotesta quadra; si esclude l'uso di rivetti.

La distanza tra due sostegni dovrà essere valutata in relazione ai carichi applicati e comunque tale che la freccia massima d'inflessione misurata non risulti superiore a $D/100$ dove per D si intende il passo tra i sostegni, secondo quanto indicato dalla Norma EN 61537.

Le staffe e le mensole dovranno essere valutate in relazione ai seguenti carichi:

- Peso dei cavi: è necessario fare riferimento ai dati del costruttore, in relazione al numero e alla tipologia di cavi installati. In alternativa è possibile effettuare un calcolo approssimato applicando la seguente formula empirica:

$$p = 0.25 \cdot At \cdot Kr$$

dove:

p = Carico espresso in kg/m

At = Sezione utile del canale espresso in cm^2

Kr = Coefficiente di riempimento della sezione

- Peso del sistema portacavi: comprensivo anche dell'eventuale coperchio e accessori
- Carichi concentrati: è necessario tenere conto di eventuali carichi statici quali ad esempio proiettori, scatole di derivazione, ecc....

Un carico concentrato può essere trasformato in un carico distribuito con la seguente formula:

$$p = 2 \cdot \frac{Q}{D}$$

dove:

p = Carico espresso in kg/m

Q = Carico concentrato espresso in kg

D = Interdistanza appoggi espressa in m

- Carichi atmosferici: nel caso di installazioni all'aperto è necessario tenere conto di eventuali quali ad esempio ghiaccio, neve, ecc... Essi influiscono anche sui coperchi, i quali vanno accuratamente scelti per tipologia e spessore.

Non saranno presi in considerazione eventuali carichi dinamici o fenomeni transitori/oscillatori.

Il carico complessivo, tenuto conto delle componenti sopra riportate, dovrà essere confrontato con le tabelle e i grafici dei costruttori.

L'Appaltatore è tenuto a presentare alla DL, prima della loro installazione, le verifiche di calcolo e le certificazioni/test di carico (secondo quanto previsto dalla norma di prodotto CEI EN 61537 e redatte/i da apposito laboratorio), atte a stabilire il tipo di mensole e la loro interdistanza, in funzione delle specifiche tipologie commerciali individuate in sede di approvazione materiali. In ogni caso lo spessore minimo dei profilati di supporto dovrà essere pari almeno a 2.5 mm.

La distanza del canale dal soffitto, o da un altro canale sovrapposto, dovrà essere di almeno 200 mm.

Il collegamento fra due tratti dovrà avvenire mediante giunti di tipo telescopico o ad incastro in modo da ottenere la perfetta continuità del piano di scorrimento dei cavi ed evitarne l'abrasione durante la posa, oppure impiegando giunti ad angolo di tipo esterni e piastre coprigiunto interne. Per eseguire cambiamenti di direzione, variazioni di quota, di larghezza, ecc., dovranno essere impiegati gli accessori allo scopo previsti dal costruttore in modo da ridurre al minimo, e per dimostrata necessità, gli interventi quali tagli, piegature, ecc.. In ogni caso, gli spigoli che possono danneggiare i cavi dovranno essere protetti con piastre terminali coprifilo. Per il collegamento delle varie parti dovranno essere impiegati non meno di quattro bulloni con testa tonda e larga, posta all'interno del canale e muniti di rondella.

Ove sia richiesto, o comunque necessario, il coperchio da installare avrà caratteristiche analoghe al canale e sarà fissato a scatto o tramite ganci di chiusura innestati sul coperchio; non è consentito l'uso di viti autofilettanti o precarie molle esterne. Il coperchio dovrà avere i bordi ripiegati privi di parti taglienti e dovrà essere asportabile per tutta la lunghezza, anche in corrispondenza degli attraversamenti di pareti.

Il grado di protezione richiesto per la canalizzazione risulta precisato negli elaborati di progetto e sarà ottenuto mediante l'utilizzo di specifici accessori forniti dal costruttore; il grado di protezione richiesto dovrà essere mantenuto anche in corrispondenza di punti di giunzione, collegamenti con tubazioni, cassette, ecc..

NB: Sono in ogni caso comprese negli oneri dell'appaltatore ulteriori tipologie di staffe sostegno canalette, inghisaggi in volta e sistemi di controventatura.

Canalizzazioni in acciaio zincato e/o verniciato

L'utilizzo di questo tipo di canalizzazione sarà generalmente riservato ai percorsi delle dorsali principali di distribuzione, con posa in vista, in appoggio diretto alle strutture (ad es. nel caso di locali o percorsi tecnici) ovvero all'interno di controsoffitti o pavimenti flottanti (tipicamente nei corridoi o nei principali locali tecnici).

Nei cavedi verticali e nei contropavimenti dei locali tecnici si possono utilizzare passerelle del tipo a traversini (scale portacavi). Ove sia necessario realizzare percorsi particolarmente complessi, e

comunque ove prescritto a progetto, si potranno utilizzare passerelle del tipo a rete (griglie portacavi) che consentono l'utilizzo di un numero molto modesto di pezzi speciali ed accessori.

Per i canali zincati e/o verniciati (in particolare con zincatura per immersione dopo la lavorazione), dovrà essere ripristinata la protezione nei punti in cui dovesse essere indispensabile intervenire con tagli, brusche piegature, fori, ecc.; oltre, ovviamente, alla zincatura per immersione, potranno essere impiegate vernici catodiche rispetto allo zinco, quali minio o cromato di Pb. Tutti gli eventuali tagli effettuati su canali metallici non dovranno presentare sbavature e parti taglienti, proteggendo eventualmente il taglio con guarnizioni opportune. I fori e le asolature effettuate per l'uscita dei cavi verso le cassette di derivazione, dovranno essere opportunamente rifiniti con passacavi o guarnizioni in materiale isolante.

I canali e coperchi di tipo verniciato, dovranno essere corredati di idonei morsetti (o aree di collegamento prive di verniciatura) onde poter effettuare il collegamento equipotenziale e garantire la continuità metallica della canalizzazione.

4.11.2.3. Canali isolanti

L'utilizzo di questo tipo di canalizzazione sarà generalmente riservato a percorsi secondari e terminali, con posa in vista, generalmente in appoggio diretto alle strutture ovvero all'interno di controsoffitti o pavimenti flottanti. Tali canali possono essere anche del tipo "porta-utenze" ed alloggiare direttamente gli utilizzatori (tipicamente della serie civile); in questi casi, e comunque qualora sia prevista la posa direttamente in vista, i canali avranno idonea finitura estetica, definita a progetto o comunque concordata con la DL; particolare attenzione dovrà essere posta alla esecuzione dei punti di giunzione e cambio di direzione, mediante l'utilizzo di specifici accessori forniti dal costruttore.

Eventuali sistemi di sospensione (mensole, staffe, supporti) saranno in acciaio zincato o inossidabile a seconda del grado di aggressività dell'ambiente. Le minuterie quali viti, bulloni, ecc., saranno in nylon o in acciaio inossidabile. La distanza tra due sostegni non dovrà essere maggiore di 1,5 m o comunque di quanto prescritto dal costruttore.

Ove sia richiesto, o comunque necessario, il coperchio da installare avrà caratteristiche analoghe al canale e sarà fissato a scatto, nonché asportabile per tutta la sua lunghezza.

Ove sia richiesto, o comunque necessario, il canale sarà completato con setti separatori pure fissati a scatto su apposite guide predisposte sul fondo del canale.

Il grado di protezione richiesto per la canalizzazione risulta precisato negli elaborati di progetto e sarà ottenuto mediante l'utilizzo di specifici accessori forniti dal costruttore; il grado di protezione richiesto dovrà essere mantenuto anche in corrispondenza di punti di giunzione, collegamenti con tubazioni, cassette, ecc.

4.11.2.4. Cavidotti interrati

I cavi non potranno essere posti direttamente in trincea, pertanto dovrà essere sempre protetto da una infrastruttura costituita da tubi in PVC pesanti / polietilene corrugati di dimensioni secondo quanto indicati negli elaborati grafici.

Al fine di agevolare le operazioni di posa dei cavi le tubazioni devono essere interrotte in pozzetti in cls ogni circa 40 m e comunque ad ogni cambio di direzione.

La giunzione tra le varie pezzature delle tubazioni dovrà essere realizzata in modo da evitare che:

- acqua e detriti entrino nei tubi;
- le due estremità siano disallineate, in quanto eventuali gradini aumenterebbero la resistenza al tiro del cavo;

4.11.2.5. Cavidotti zincati a manufatti

Qualora la posa in trincea non fosse possibile verrà valutata da parte della Direzione Lavori la possibilità di realizzare tratti di infrastrutture di posa composte da cassetta o tubazioni in ferro zincato fissate a strutture esistenti (muri di sostegno, sottopassi, ecc.). La realizzazione della infrastruttura avverrà mediante il fissaggio della cassetta o tubazione metallica con tasselli ed apposite staffe in materiale ferroso zincato alle strutture esistenti.

La messa in opera sarà di norma prevista in posizione protetta rispetto al filo superiore della struttura sulla quale è posata, per eseguire queste pose si potrà rendere necessario l'utilizzo di attrezzature specializzate come cestelli su bracci snodati montati su autogrù, che dovranno consentire agli operatori di accedere in sicurezza alle zone dove è previsto il fissaggio.

In corrispondenza di ponti e/o viadotti la sede di posa preferenziale, ove possibile, è rappresentata da cassetta zancata, valutando la necessità di realizzazione di opportuni giunti per assorbire le dilatazioni della struttura.

Il tipo di posa, i cui dettagli costruttivi verranno studiati caso per caso, sarà composta da mensole atte a sostenere una cassetta orizzontale che fungerà da protezione e supporto del cavo.

Le mensole, realizzate in materiale ferroso zincato per resistere agli agenti atmosferici, verranno fissate tramite idonei tasselli alle parti in calcestruzzo o tramite collari, appositamente studiati, alle parti in ferro.

La messa in opera della cassetta avverrà di norma in posizione sottostante rispetto alla struttura del ponte; per lavorare in queste zone si utilizzeranno attrezzature specializzate come cestelli su bracci snodati montati su autogrù, che devono consentire agli operatori di accedere in sicurezza alle zone dove è previsto il fissaggio. Nel caso non fosse possibile utilizzare tale tipologia di posa, verrà stabilita una diversa sede di posa da concordare con la Società.

4.11.2.6. Modalità di posa cavi in cunicoli praticabili

La posa in opera dei cavi potrà essere effettuata nei cunicoli o nelle tubazioni esistenti previa autorizzazione della Direzione Lavori nel rispetto delle regole di posa di ogni singola tipologia di cavo.

I cavi non devono essere annegati nella muratura o nel cemento; gli attraversamenti dei muri devono essere effettuati predisponendo opportuni fori e tubi annegati di diametri almeno pari a 1.5 volte il diametro del cavo e realizzati in modo che in essi non ristagni l'acqua.

E' vietata la posa diretta con appoggio continuo su materiale combustibile, e in particolare su legno, di cavi non appositamente previsti allo scopo.

In caso di posa su passatoie si dovrà prevedere alla legatura dei cavi mediante spago cerato o fascette indicativamente ogni 30 cm. All'interno dei cunicoli praticabili dovranno essere installate apposite cassette o tubazioni in ferro zincato, ove successivamente verrà posato direttamente il cavo, occorrerà inoltre osservare le seguenti regole:

- mantenere la massima distanza dai cavi elettrici, la promiscuità degli appoggi con questi ultimi senza un'opportuna ed adeguata protezione è comunque vietata;
- ridurre al minimo i passaggi da una lato all'altro del cunicolo;
- ridurre al minimo incroci od accavallamenti con i cavi esistenti;

La posa delle canalette deve essere effettuata:

- su mensole fissate ai montanti predisposti alle pareti del manufatto;
- il fissaggio dei cavi alle canalette dovrà essere realizzato con fascette in plastica;
- le canalette devono adattarsi al percorso del cunicolo;
- l'opera finita non deve presentare aperture;
- le estremità delle canalette devono essere opportunamente chiuse.

4.12. CONTENITORI ED ACCESSORI

4.12.1. Generalità

I cavi e le giunzioni posti all'interno delle cassette non devono occupare più del 50% del volume interno delle stesse. Le connessioni (giunzioni e derivazioni) vanno eseguite con appositi morsetti, senza ridurre la sezione dei conduttori e senza lasciare parti conduttrici scoperte (inaccessibilità al dito di prova e quindi grado di protezione almeno IPXXB). Le giunzioni effettuate tramite attorcigliamento e nastratura non sono ammesse. Non devono essere effettuate giunzioni e derivazioni entro tubi. Possono invece essere effettuate giunzioni nei canali, solo nel caso di collegamenti aventi lunghezza maggiore della pezzatura di fabbrica, purché le parti attive siano inaccessibili al dito di prova e purché i cavi uniti abbiano lo stesso colore. Non devono inoltre essere realizzate giunzioni entro le scatole porta-apparecchi. E' ammesso l'entra esci sui morsetti di prese purché esistano doppi morsetti o morsetti dimensionati per ricevere la sezione totale dei conduttori da collegare senza ridurne la sezione. Le cassette di giunzione installate all'esterno devono avere grado di protezione almeno IP44 e devono essere poste ad almeno 200 mm dal suolo. Per evitare pericolosi fenomeni di condensa, le tubazioni interrato devono essere sigillate prima di essere allacciate a quadri o cassette.

Le derivazioni saranno effettuate mediante morsettiere fisse oppure di tipo componibile, montate su guida di tipo unificato. Il serraggio dei conduttori dovrà essere indiretto a vite con l'interposizione di una piastrina metallica. Non sono ammessi collegamenti eseguiti con nastri o con morsetti a serraggio diretto.

Le derivazioni potranno, su esplicita richiesta, essere effettuate all'esterno di cassette a mezzo di morsetti a perforazione dell'isolante, ovvero con morsetti a guscio. Per ogni tipologia di morsettieria la tensione di isolamento dovrà comunque essere coerente con quelle dei cavi che vi saranno attestati.

I coperchi delle cassette devono essere fissati con viti imperdibili. Ove richiesto, o comunque necessario, tra i coperchi e le cassette saranno interposte guarnizioni del tipo anti-invecchiante al neoprene o al silicone.

Nella stessa cassetta potranno attestarsi, salvo deroghe, solamente cavi appartenenti ad un solo servizio (luce, FM, vari impianti speciali). Setti di separazione fissi dovranno essere previsti in quelle cassette cui fanno capo impianti con tensioni nominali diverse. In nessun caso, salvo deroghe ed accorgimenti da definire, le cassette destinate agli impianti speciali (di segnale) potranno essere utilizzate per impianti ordinati (di potenza).

Salvo diversa indicazione in altri elaborati di dettaglio del progetto, o diversa indicazione della DL, per ogni locale (o coppia di locali adiacenti o affacciati) dovrà essere installata una cassetta di derivazione principale collocata lungo lo sviluppo del collegamento dorsale, nonché una cassetta secondaria posta all'interno del locale stesso.

Le cassette dovranno essere poste in opera in posizione tale da essere facilmente apribili ed ispezionabili curando in modo particolare che risultino allineate fra loro e parallele a pareti, soffitti, e spigoli dei locali. Per quanto possibile, si dovrà cercare di unificare i tipi e le dimensioni delle cassette installate. Il fissaggio dovrà essere effettuato tramite tasselli ad espansione con classe di resistenza al fuoco REI 120, qualora richiesto negli elaborati di progetto, e bulloneria in acciaio zincato o chiodatura a sparo, in modo comunque da non trasmettere sollecitazioni ai tubi o ai cavi che vi fanno capo; lo stesso dicasi per i telai in profilati metallici, staffe, zanche, dimensionati per sostenere la cassetta.

Tutte le cassette di derivazione dovranno essere contrassegnate in modo chiaro con le sigle riportate più oltre. La siglatura dovrà essere fatta impiegando timbri di tipo componibile costituiti da caratteri di almeno 10 mm di altezza ed impiegando inchiostro di tipo indelebile. Le sigle dovranno essere poste sulla superficie interna del coperchio solamente nel caso di cassette installate su pareti o superfici che sicuramente saranno tinteggiate; per le altre, le sigle dovranno essere poste sulla superficie esterna. Cassette destinate a più impianti e/o servizi diversi dovranno essere complete di adeguati separatori interni e riportare le sigle di tutti gli impianti contenuti.

Le sigle da utilizzare sono le seguenti:

- illuminazione normale: IL
- ventilazione: VE
- Servizi Ausiliari: SA

- FM normale: FM
- FM in continuità assoluta: CA
- impianti speciali (generico): SP
- impianti speciali di comunicazione (es. cavo SOS multiconduttore): SC

4.12.2. Cassette di derivazione isolanti, in vista

Saranno in materiale isolante autoestinguento e dotate di coperchio fissato con viti o con sistema a 1/4 di giro o equivalente; preferibilmente, il coperchio sarà fissato per mezzo di viti imperdibili in nylon a passo lungo, con testa sferica che consenta l'apertura a cerniera del coperchio. In alternativa, le viti dovranno essere rese imperdibili ed essere in acciaio inossidabile o in ottone o comunque con trattamento superficiale contro la corrosione (cadmiatura, zincocromatura, ecc.); non sono ammesse viti di tipo autofilettante.

Tutte le tubazioni protettive dovranno entrare dai fianchi delle cassette. L'ingresso dovrà avvenire esclusivamente attraverso i fori previsti dal costruttore e senza praticare allargamenti o produrre rotture sulle pareti. Il numero delle tubazioni entranti o uscenti da ciascuna cassetta non dovrà pertanto essere superiore a quanto previsto dal costruttore. In tali cassette il taglio degli eventuali passacavi in plastica morbida dovrà avvenire in modo che ne risulti un foro circolare e non sia ridotto il grado di protezione prescritto. Le tubazioni dovranno sporgere all'interno della cassetta per circa 0.5 cm, le parti più sporgenti dovranno essere tagliate prima dell'infilaggio dei cavi.

4.12.3. Cassette di derivazione metalliche

Saranno di costruzione robusta con resistenza agli urti e grado di protezione IP adeguati alla loro ubicazione.

Le superfici interne saranno trattate con vernici anticondensa a base di resine assorbenti, senza fibre sintetiche di vellutazione.

Saranno dotate di coperchio fissato con viti o con sistema a 1/4 di giro o cerniere o equivalente. Le viti dovranno essere rese imperdibili ed essere in acciaio inossidabile o in ottone o comunque con trattamento superficiale contro la corrosione (cadmiatura, zincocromatura, ecc.); non sono ammesse viti di tipo autofilettante.

Tutte le tubazioni protettive dovranno entrare dai fianchi delle cassette. L'ingresso dovrà avvenire esclusivamente attraverso i fori previsti dal costruttore e senza praticare allargamenti o produrre rotture sulle pareti. Il numero delle tubazioni entranti o uscenti da ciascuna cassetta non dovrà, pertanto essere superiore a quanto previsto dal costruttore. Dovranno essere fornite dal costruttore con i fori adeguati all'installazione, complete di morsetto di messa a terra adeguato al collegamento di un conduttore pari al maggiore dei conduttori di fase che vi fanno capo, con un minimo di 6 mm².

4.12.4. Fusibili di protezione delle derivazioni da dorsale

Qualora richiesto negli elaborati di progetto, a protezione delle linee di derivazione dalle cassette potranno essere previste delle basi portafusibili (complete di fusibili).

La taglia e le caratteristiche dovranno essere idonee alla protezione delle linee stesse e assicurare il coordinamento con le protezioni installate in partenza dalle linee di dorsale e le eventuali protezioni installate a valle.

In particolare, con riferimento alla protezione da sovraccarico (par. 4.3), anche per il fusibile è richiesto il rispetto delle seguenti condizioni:

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

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

dove:

- I_b = Corrente di impiego del circuito
- I_n = Corrente nominale del dispositivo di protezione
- I_z = Portata in regime permanente della conduttura
- I_f = Corrente di funzionamento del dispositivo di protezione

Le caratteristiche dei fusibili commerciali sono tali da determinare una corrente di funzionamento (I_f) pari a circa 1.6-1.9 volte I_n . Affinché siano verificate le relazioni di cui sopra, nel caso di protezione con fusibili, è necessario pertanto rispettare la condizione seguente:

$$I_n \leq (0.9 \div 0.76) \cdot I_z$$

Per il coordinamento dei fusibili con la protezione installata in corrispondenza della partenza della dorsale, le condizioni da rispettare sono le seguenti:

$$I_r \geq K_d \cdot I_n$$

dove:

- I_r = Corrente di regolazione termica dell'interruttore a monte
- I_n = Corrente nominale del fusibile di taglia maggiore in derivazione dalla dorsale
- K_d = Coefficiente in accordo che per i fusibili gG vale:
 - 2.1 se $I_n \leq 4A$
 - 1.9 se $4A < I_n < 16A$
 - 1.6 se $I_n \geq 16A$

Inoltre deve essere verificata la seguente:

$$I_r \geq \frac{\sum I_b}{1.05}$$

Ovvero la corrente di regolazione termica del dispositivo a monte non deve essere inferiore a 1.05 volte la sommatoria delle correnti riscontrabili da ciascuna derivazione.

Nel seguito si riporta un'ipotesi sul numero massimo di derivazioni, dati gli assorbimenti delle derivazioni e degli interruttori di alimentazione della dorsale, affinché siano verificate le relazioni di cui sopra.

Corrente derivazione [A]	Taglia interruttore dorsale [A]							
	6	10	16	20	25	32	40	63
2	3	5	8	10	13	16	21	33
4		2	4	5	6	8	10	16
6			2	3	4	5	7	11
10				2	2	3	4	6
16						2	2	4

Il coordinamento con le eventuali protezioni a valle (se richiesto) può essere valutato dal confronto delle curve di intervento.

In qualunque caso, al fine di garantire la continuità di alimentazione della linea dorsale, sarà privilegiato il coordinamento dei fusibili con la protezione a monte.

4.12.5. Giunti diritti e di derivazione BT

Vengono nel seguito definite le caratteristiche principali e le modalità esecutive dei giunti, diritti o di derivazione, di cavi in Bassa Tensione (BT).

4.12.5.1. Giunti diritti o di derivazione ad isolamento in gel

I giunti diritti o derivati in gel saranno adatti per cavi estrusi 0,6/1 kV, di varie sezioni e formazioni, composti da:

- guscio plastico completo del gel isolante
- connettori/morsetti a compressione, tipo testa-testa o a “C”, in ottone o altro materiale equivalente
- accessori ed utensili di montaggio

Le caratteristiche principali dovranno essere:

- classe di isolamento II
- autoestinguente
- grado di protezione IP68
- temperatura di servizio: da -20°C a +90°C
- bassa emissione di fumi e gas tossici in accordo a CEI 20-37/2-1 e CEI 20-37/7
- conformi alla Norma CEI EN 50393

Nel caso di giunto di derivazione il cavo passante non deve essere interrotto

4.12.5.2. Giunti diritti o di derivazione in resina epossidica

I giunti diritti o derivati che prevedono l'uso di resina epossidica saranno adatti per cavi estrusi 0,6/1 kV, di varie sezioni e formazioni, saranno composti da:

- due semigusci in materiale plastico (polipropilene) antifrattura
- accessori quali connettori/morsetti a compressione, testa-testa o a “C” in ottone o altro materiale equivalente
- isolamento elettrico e protezione meccanica tramite riempimento del contenitore plastico con resina epossidica bicomponente
- accessori ed utensili di montaggio

Le caratteristiche principali dovranno essere:

- classe di isolamento II
- grado di protezione IP68
- conformi alla Norma CEI EN 50393

Nel caso di giunto di derivazione il cavo passante non deve essere interrotto

4.12.5.3. Giunti diritti o di derivazione con guaina termorestringente

I giunti diritti o derivati che prevedono l'uso di guaina termorestringente saranno adatti per cavi estrusi 0,6/1 kV, di varie sezioni e formazioni, saranno composti da:

- guaina a cerniera con sigillante termofusibile spalmato sulle superfici interne
- accessori quali connettori/morsetti a compressione, testa-testa o a “C” in ottone o altro materiale equivalente
- nastratura delle derivazioni con nastro vulcanizzante autoagglomerante a forte spessore (3,2 mm) e nastro in PVC (0,25 mm)

Le caratteristiche principali dovranno essere:

- resistenza a trazione: 17 MPa
- conformi alla Norma CEI EN 50393

Nel caso di giunto di derivazione il cavo passante non deve essere interrotto ed il cavo bipolare nella terminazione da attestare alla dorsale deve essere dotato di calotta termorestringente al fine di ripristinare il doppio isolamento.

Il giunto a servizio dell'impianto di illuminazione dovrà essere completo di cavo FG16OM16 o FG18OM18, 3-2x2.5mmq (a seconda della classe di isolamento dell'apparecchio) e presa CEE 2P+T da 16A.

Nel caso di giunto debba avere caratteristiche di resistenza al fuoco essa avrà:

- guaine per l'isolamento di ciascuna fase;
- componenti resistenti al fuoco per il completamento della connessione;
- guaina con sigillante per la ricostruzione del rivestimento esterno del cavo;
- conformità alle Norme di resistenza al fuoco CEI 20-36/2-1 ed IEC 60331-21

4.13. IMPIANTI TERMINALI

4.13.1. Generalità

Si riportano innanzitutto le seguenti note di carattere generale.

Il **telaio** sarà realizzato in materiale plastico autoestinguento con possibilità di installare da 1 a N elementi componibili. Sarà realizzato in modo da isolare completamente le parti attive ed i cavi di collegamento degli elementi. Avrà struttura meccanica robusta e atta al bloccaggio rapido degli apparecchi. Sarà infine fissato alla cassetta incassata tramite due viti entro fori asolati onde eliminare eventuali difetti di posa della scatola incassata.

La **placca** sarà fissata al telaio mediante sistema a scatto. Per l'estrazione successiva della stessa dovrà essere impiegato un cacciavite inserito negli appositi incastri come prescritto dalle raccomandazioni CEI. Sarà in materiale termoplastico (bianco o colorato) o metallico secondo le specifiche e recherà il numero di fori pari a quelli del telaio.

La **scatola** di contenimento sarà in materiale termoplastico di dimensioni adeguate al telaio e ai frutti da installare. Incassata nelle pareti al grezzo prima dell'intonaco in modo che alla fine risulti a filo finitura.

Per realizzare un impianto impropriamente definito "stagno" si dovranno adottare tutti gli accessori opportuni in modo da ottenere, per le apparecchiature, il grado di protezione richiesto. Dovranno essere impiegate placche fornite di membrana e guarnizione di tenuta per gli organi di comando e placche con coperchio a molla e guarnizione per tutti gli altri elementi componibili (es. prese). Il grado di protezione non dovrà essere inferiore a IP44 e comunque rispondere a quanto previsto dalle normative vigenti.

Le **prese a spina per uso domestico** e similare (monofasi) possono essere utilizzate dove non ne è previsto un uso gravoso con forti urti e vibrazioni. Le prese a spina installate in ambienti soggetti a spruzzi d'acqua devono avere almeno un grado di protezione IP44. Le prese a spina soggette a getti d'acqua devono avere almeno un grado di protezione IP55.

L'asse di inserzione delle prese a spina deve risultare orizzontale e ad almeno 175 mm dal piano di calpestio se a parete, 70 mm se da canalizzazione o zoccoli e 40 mm se da torrette o calotte sporgenti da pavimento. In quest'ultimo caso è necessario che il fissaggio delle torrette a pavimento assicuri almeno il grado di protezione IP52.

Le **prese a spina** installate in punti dove la corrente di cortocircuito supera i 5 kA devono essere abbinate ad interruttore interbloccato con la presa a spina stessa. La corrente nominale dell'interruttore automatico posto a protezione del circuito prese a spina non deve superare la corrente nominale di ognuna delle prese a spina servite (16 A per prese a spina bipasso 10/16 A).

Per l'alimentazione di utenze in continuità assoluta o di particolari utilizzatori (ad esempio lavabiancheria e lavastoviglie) spesso dotati di spine di tipo schuko devono essere installate prese tipo P30 con terra laterale e centrale adatte a ricevere spine sia tipo schuko che spine a poli allineati. Le prese sotto continuità assoluta dovranno essere chiaramente individuabili e distinte dalle prese sotto la rete normale (ad esempio ricorrendo all'uso di prese aventi colorazione diversa).

Le **prese a spina di tipo industriale** (prese CEE, ovvero in conformità alla norma CEI 23-13 / EN 60309) devono essere utilizzate in tutti i casi in cui siano richieste prese a spina monofasi con corrente nominale superiore a 16 A oppure prese a spina trifasi oppure ancora in tutti i casi in cui le prese siano soggette ad un utilizzo gravoso in termini di urti o vibrazioni. Nel collegare le prese a spina di tipo industriale si dovrà mantenere costante il senso ciclico delle fasi ad evitare che il motore di un utilizzatore alimentato da prese diverse possa invertire il senso di marcia. Le prese a spina devono essere protette da un interruttore automatico o da fusibile con corrente nominale non superiore alla corrente nominale delle prese stesse: tale protezione può essere singola o comune a più prese.

Per quanto concerne i conduttori relativi agli impianti terminali essi si dovranno scegliere in modo tale da soddisfare le condizioni prescritte dalla normativa vigente in relazione alla protezione da sovraccarico e da corto circuito. Inoltre non si dovranno superare i limiti massimi ammessi per la caduta di tensione. In ogni caso le sezioni minime dei conduttori per l'alimentazione terminale dovranno essere superiori a quelle indicate nella seguente tabella:

Utenza	Cavi in PVC	Cavi Gomma	in
Alimentazione di singolo punto luce	1,5 mm ²	1,5 mm ²	
Alimentazione di più punti luce	2,5 mm ²	2,5 mm ²	
Alimentazione di singoli punti presa da 16 A	2,5 mm ²	2,5 mm ²	
Alimentazione di più punti presa da 16 A	6 mm ²	4 mm ²	
Alimentazione di singoli punti presa fino a 32 A	6 mm ²	4 mm ²	
Alimentazione di più punti presa fino a 32 A	10 mm ²	6 mm ²	

4.13.2. Punti comando

Per la definizione e remunerazione dei cosiddetti “punti comando” ci si riferisce al concetto di “punto comando equivalente”, inteso come l'insieme di tutti i materiali necessari alla realizzazione di un punto che consenta il comando di un apparecchio illuminante (o altro apparecchio similare).

Nel punto comando equivalente sono comprese perciò tutte le condutture (cavidotti e conduttori), i morsetti ed i contenitori necessari per realizzare tale comando, a partire dalla cassetta secondaria di locale o dalla derivazione operata sulla dorsale di comando in partenza dal quadro di distribuzione e fino all'apparecchiatura di comando (quest'ultima compresa).

Resta inteso fin d'ora che, trattandosi di valutazione applicabile alle più svariate situazioni, la definizione e la remunerazione si riferiscono a situazioni medie tipiche; ciò nonostante, la definizione ed il prezzo restano applicabili ad ogni situazione. Nel seguito vengono descritte le situazioni tipiche di riferimento, senza che per questo venga negato il concetto di applicabilità appena espresso.

4.13.2.1. Punto comando equivalente in vista

Il punto comando equivalente in vista risulta mediamente formato dai seguenti componenti:

- Quota parte della cassetta di derivazione o transito principale, completa di morsettiera, installata lungo la dorsale di comando (trattasi generalmente di cassetta in vista, installata nei pressi della canalizzazione principale di distribuzione e riservata alla derivazione dalle dorsali luce)
- Ovvero quota parte della cassetta di derivazione o transito secondaria di locale (ovvero porzione della cassetta dedicata a questo scopo), completa di morsettiera (trattasi generalmente di

cassetta in vista installata a parete; salvo diverso accordo con la DL, tale cassetta sarà riservata ai soli circuiti luce)

- Conduttura terminale in partenza dalla cassetta principale o secondaria fino all'apparecchiatura di comando (trattasi generalmente di tubo rigido in PVC, posato in vista, di diametro minimo pari a 20 mm e contenente cavi senza guaina in numero e sezione adeguati); è ammesso che tratti di conduttura terminale risultino comuni a più punti comando, nell'ottica di un maggior ordine nella stesura dell'impianto; ciascuna conduttura terminale potrà avere lunghezza massima indicativa pari a 10 m. Ove opportuno, alcuni tratti della conduttura terminale potranno essere comuni anche alla conduttura terminale del rispettivo punto luce comandato
- Quota parte della cassetta terminale del punto comando (trattasi generalmente di cassetta portafrutto in vista installata a parete, che potrà essere condivisa con altri punti comando compatibili)
- Quota parte del telaio portafrutto, che potrà essere condiviso con altri punti comando compatibili
- Apparecchiatura di comando costituita da frutto della serie civile, idoneo al fissaggio a scatto sul telaio e alla rimozione per mezzo di utensile, avente le caratteristiche tecniche specificate nell'elenco descrittivo delle voci
- Tasti ciechi modulari per la chiusura dei moduli inutilizzati
- Quota parte della placca di finitura, fissata a pressione e rimovibile per mezzo di utensile (per versioni IP21), ovvero del coperchio con membrana trasparente e chiusura a scatto (per versioni IP55 a coperchio chiuso); la placca o coperchio di finitura potranno essere condivisi con altri punti comando compatibili

4.13.3. Punti alimentazione diretta

Per la definizione e remunerazione dei cosiddetti "punti alimentazione diretta" ci si riferisce al concetto di "punto alimentazione diretta equivalente", inteso come l'insieme di tutti i materiali necessari all'alimentazione di un apparecchio utilizzatore.

Nel punto alimentazione diretta equivalente sono comprese perciò tutte le condutture (cavidotti e conduttori), i morsetti ed i contenitori necessari per realizzare l'allacciamento, a partire dal quadro di locale o dalla derivazione operata sulla dorsale in partenza dal quadro di distribuzione e fino alla terminazione predisposta per l'allacciamento dell'utilizzatore (quest'ultimo escluso).

Resta inteso fin d'ora che, trattandosi di valutazione applicabile alle più svariate situazioni, la definizione e la remunerazione si riferiscono a situazioni medie tipiche; ciò nonostante, la definizione ed il prezzo restano applicabili ad ogni situazione. Nel seguito vengono descritte le situazioni tipiche di riferimento, senza che per questo venga negato il concetto di applicabilità appena espresso.

4.13.3.1. Punto alimentazione diretta equivalente in vista

Il punto alimentazione diretta equivalente in vista risulta mediamente formato dai seguenti componenti:

- Quota parte della cassetta di derivazione o transito principale, completa di morsettiera fissa, installata lungo la dorsale (trattasi generalmente di cassetta in vista, installata nei pressi della canalizzazione principale di distribuzione e riservata alla derivazione dalle dorsali FM o CA)
- Quota parte della cassetta di derivazione o transito secondaria di locale (ovvero porzione della cassetta dedicata a questo scopo), completa di morsettiera (trattasi generalmente di cassetta in vista installata a parete; salvo diverso accordo con la DL, tale cassetta sarà riservata ai soli circuiti FM o CA)
- Quota parte delle condutture di collegamento tra la cassetta primaria e secondaria (trattasi generalmente di tubo rigido in PVC, posato in vista, contenente cavi senza guaina in numero e sezione adeguati, compreso PE, e diametro adeguato allo scopo)

- Conduittura terminale in partenza dalla cassetta secondaria fino all'utilizzatore (trattasi generalmente di tubo rigido in PVC, posato in vista, contenente cavi senza guaina in numero e sezione adeguati, compreso PE, e diametro adeguato allo scopo; ove richiesto, saranno utilizzati guaina spiralata in PVC, ovvero tubo rigido in acciaio zincato, di diametro equivalente); è ammesso che tratti di conduittura terminale risultino comuni a più punti alimentazione, nell'ottica di un maggior ordine nella stesura dell'impianto; ciascuna conduittura terminale potrà avere lunghezza massima indicativa pari a 10 m. Ove previsto, la conduittura terminale potrà essere costituita da cavo con guaina posato in vista e privo di protezione meccanica aggiuntiva
- Cassetta terminale del punto alimentazione (trattasi generalmente di cassetta in vista installata a soffitto o parete, completa di pressatubo e passacavo); la cassetta terminale sarà installata ove previsto a progetto, o comunque richiesto dalla DL, e generalmente nelle situazioni in cui l'utilizzatore non sia idoneo all'ingresso di una tubazione, ma necessiti di uno spezzone di cavo per il raccordo tra cassetta terminale e utilizzatore (lo spezzone è compreso nel punto alimentazione). In ogni caso la cassetta terminale sarà installata qualora sia prevista l'installazione dell'utilizzatore solo in un secondo tempo.

4.13.4. Punti utilizzatori

Per la definizione e remunerazione dei cosiddetti "punti utilizzatori" ci si riferisce al concetto di "punto utilizzatore equivalente", inteso come l'insieme di tutti i materiali necessari alla realizzazione di un punto che consenta l'utilizzo dell'energia secondo svariate funzionalità.

Nel punto utilizzatore equivalente sono comprese perciò tutte le condutture (cavidotti e conduttori), i morsetti ed i contenitori necessari per realizzare tale utilizzo; si comprendono cioè, oltre all'utilizzatore vero e proprio, anche il relativo punto alimentazione/allacciamento come definito in precedenza, a partire cioè dal quadro di locale o dalla derivazione operata sulla dorsale in partenza dal quadro di distribuzione e fino alla terminazione di allacciamento all'utilizzatore (quest'ultimo compreso).

Resta inteso fin d'ora che, trattandosi di valutazione applicabile alle più svariate situazioni, la definizione e la remunerazione si riferiscono a situazioni medie tipiche; ciò nonostante, la definizione ed il prezzo restano applicabili ad ogni situazione. Nel seguito vengono descritte le situazioni tipiche di riferimento, senza che per questo venga negato il concetto di applicabilità appena espresso.

4.13.4.1. Punto utilizzatore equivalente, serie civile in vista

Il punto utilizzatore serie civile in vista risulta mediamente formato dai seguenti componenti:

- Quota parte della cassetta di derivazione o transito principale, completa di morsettiera fissa, installata lungo la dorsale (trattasi generalmente di cassetta in vista, installata nei pressi della canalizzazione principale di distribuzione e riservata alla derivazione dalle dorsali FM o CA)
- Quota parte della cassetta di derivazione o transito secondaria di locale (ovvero porzione della cassetta dedicata a questo scopo), completa di morsettiera (trattasi generalmente di cassetta in vista installata a parete; salvo diverso accordo con la DL, tale cassetta sarà riservata ai soli circuiti FM o CA)
- Quota parte delle condutture di collegamento tra la cassetta primaria e secondaria (trattasi generalmente di tubo rigido in PVC, posato in vista, di diametro minimo pari a 32 mm e contenente cavi senza guaina in numero e sezione adeguati, compreso PE)
- Conduittura terminale in partenza dalla cassetta secondaria fino all'utilizzatore (trattasi generalmente di tubo rigido in PVC, posato in vista, di diametro minimo pari a 25 mm e contenente cavi senza guaina in numero e sezione adeguati, compreso PE; ove richiesto, sarà utilizzato tubo rigido in acciaio zincato di diametro equivalente); è ammesso che tratti di conduittura terminale risultino comuni a più punti utilizzatore, nell'ottica di un maggior ordine nella stesura dell'impianto; ciascuna conduittura terminale potrà avere lunghezza massima indicativa pari a 10 m. Si precisa che, ove i singoli utilizzatori siano predisposti per un collegamento in

“entra-esce”, lo stesso punto alimentazione può allacciare più utilizzatori e risulta perciò conteggiato in quota parte

- Quota parte della cassetta terminale del punto utilizzatore (trattasi generalmente di cassetta portafrutto in vista installata a parete, che potrà essere condivisa con altri punti utilizzatore compatibili)
- Quota parte del telaio portafrutto, che potrà essere condiviso con altri punti utilizzatore compatibili
- Apparecchio utilizzatore costituito da frutto della serie civile, idoneo al fissaggio a scatto sul telaio e alla rimozione per mezzo di utensile, avente le caratteristiche tecniche specificate nell'elenco descrittivo delle voci
- Tasti ciechi modulari per la chiusura dei moduli inutilizzati
- Quota parte della placca di finitura, fissata a pressione e rimovibile per mezzo di utensile (per versioni IP21), ovvero del coperchio con membrana trasparente e chiusura a scatto (per versioni IP55 a coperchio chiuso); la placca o coperchio di finitura potranno essere condivisi con altri punti utilizzatore compatibili

4.13.4.2. Punto utilizzatore equivalente, serie industriale in vista

Il punto utilizzatore serie industriale in vista risulta mediamente formato dai seguenti componenti:

- Quota parte della cassetta di derivazione o transito principale, completa di morsettiera fissa, installata lungo la dorsale (trattasi generalmente di cassetta in vista, installata nei pressi della canalizzazione principale di distribuzione e riservata alla derivazione dalle dorsali FM o CA)
- Conduzione terminale in partenza dalla cassetta fino all'utilizzatore (trattasi generalmente di tubo rigido in PVC, posato in vista, di diametro minimo pari a 32 mm e contenente cavi senza guaina in numero e sezione adeguati, compreso PE; ove richiesto, sarà utilizzato tubo rigido in acciaio zincato di diametro equivalente); è ammesso che tratti di conduzione terminale risultino comuni a più punti utilizzatore, nell'ottica di un maggior ordine nella stesura dell'impianto; ciascuna conduzione terminale potrà avere lunghezza massima indicativa pari a 10 m. Si precisa che, ove si preveda la realizzazione di un “quadretto prese” (o altro analogo raggruppamento di utilizzatori) lo stesso punto alimentazione può allacciare più utilizzatori e risulta perciò conteggiato in quota parte
- Quota parte della cassetta terminale di ripartizione, ovvero della base modulare, necessarie alla formazione del quadretto prese (trattasi generalmente di base in vista installata a parete, che potrà essere condivisa con altri punti utilizzatore compatibili)
- Apparecchio utilizzatore costituito da utilizzatore della serie industriale, avente le caratteristiche tecniche specificate nell'elenco descrittivo delle voci
- Eventuali coperchi ciechi per la chiusura di moduli inutilizzati

4.13.4.3. Punto utilizzatore equivalente, serie industriale in acciaio inox in vista

Il punto utilizzatore serie industriale in acciaio inox in vista risulta mediamente formato dai seguenti componenti:

- Quota parte della cassetta di derivazione o transito principale in acciaio inox, completa di morsettiera fissa, installata lungo la dorsale (trattasi generalmente di cassetta in vista, installata nei pressi della canalizzazione principale di distribuzione e riservata alla derivazione dalle dorsali FM o CA)
- Conduzione terminale in partenza dalla cassetta fino all'utilizzatore (trattasi generalmente di tubo rigido in acciaio inox, posato in vista, di diametro minimo pari a 32 mm e contenente cavo con guaina di formazione adeguata, compreso PE); è ammesso che tratti di conduzione terminale risultino comuni a più punti utilizzatore, nell'ottica di un maggior ordine nella stesura dell'impianto;

ciascuna condotta terminale potrà avere lunghezza massima indicativa pari a 10 m. Si precisa che, ove si preveda la realizzazione di un “quadretto prese” (o altro analogo raggruppamento di utilizzatori) lo stesso punto alimentazione può allacciare più utilizzatori e risulta perciò conteggiato in quota parte

- Quota parte della cassetta terminale in acciaio inox necessaria alla formazione del quadretto prese (trattasi generalmente di cassetta in vista installata a parete, che potrà essere condivisa con altri punti utilizzatore compatibili)
- Apparecchio utilizzatore costituito da utilizzatore della serie industriale in pressofusione di alluminio, avente le caratteristiche tecniche specificate nell’elenco descrittivo delle voci
- Eventuali coperchi ciechi per la chiusura di moduli inutilizzati

4.13.4.4. Punto utilizzatore equivalente, serie industriale in alluminio in vista

Il punto utilizzatore serie industriale in alluminio in vista risulta mediamente formato dai seguenti componenti:

- Quota parte della cassetta di derivazione o transito principale, completa di morsettiera fissa, installata lungo la dorsale (trattasi generalmente di cassetta in vista, installata nei pressi della canalizzazione principale di distribuzione e riservata alla derivazione dalle dorsali FM o CA)
- Conduttura terminale in partenza dalla cassetta fino all’utilizzatore (trattasi generalmente di tubo rigido in acciaio zincato, posato in vista, di diametro minimo pari a 32 mm e contenente cavo con guaina di formazione adeguata, compreso PE); è ammesso che tratti di conduttura terminale risultino comuni a più punti utilizzatore, nell’ottica di un maggior ordine nella stesura dell’impianto; ciascuna condotta terminale potrà avere lunghezza massima indicativa pari a 10 m. Si precisa che, ove si preveda la realizzazione di un “quadretto prese” (o altro analogo raggruppamento di utilizzatori) lo stesso punto alimentazione può allacciare più utilizzatori e risulta perciò conteggiato in quota parte
- Quota parte della cassetta terminale in pressofusione di alluminio necessaria alla formazione del quadretto prese (trattasi generalmente di cassetta in vista installata a parete, che potrà essere condivisa con altri punti utilizzatore compatibili)
- Apparecchio utilizzatore costituito da utilizzatore della serie industriale in pressofusione di alluminio, avente le caratteristiche tecniche specificate nell’elenco descrittivo delle voci
- Eventuali coperchi ciechi per la chiusura di moduli inutilizzati

4.14. IMPIANTO DI TERRA

4.14.1. Generalità

L’impianto di terra deve essere conforme a quanto indicato dalle norme CEI 99-2 e CEI 99-3 (in alta tensione) e dalla CEI 64-8 (in bassa tensione).

Dimensioni minime del dispersore in BT:

Materiale		Tipo di dispersore	Dimensione minima				
			Corpo			Rivestimento/guaina	
			Diametro mm	Sezione mm ²	Spessore mm	Valori minimi μm	Valori medi μm
Acciaio	Zincato a caldo	Piattina ^(b)		90	3	63	70
		Profilati (incl. piatti)		90	3	63	70
		Tubo	25		2	47	55
		Barra tonda per picchetto	16			63	70
		Tondo per dispersore orizzontale	10				50
	Con guaina di piombo ^(a)	Tondo per dispersore orizzontale	8			1 000	
	Con guaina di rame estrusa	Barra tonda per picchetto	15			2 000	
	Con guaina di rame elettrolitico	Barra tonda per picchetto	14,2			90	100
Rame	Nudo	Piattina		50	2		
		Tondo per dispersore orizzontale		25 ^(c)			
		Corda	1,8 ^(d)	25			
		Tubo	20		2		
	Stagnato	Corda	1,8 ^(d)	25		1	5
	Zincato	Piattina		50	2	20	40
	Con guaina di piombo ^(a)	Corda	1,8 ^(d)	25		1 000	
		Filo tondo		25		1 000	

(a) Non idoneo per posa diretta in calcestruzzo. Si raccomanda di non usare il piombo per ragioni di inquinamento.
 (b) Piattina, arrotondata o tagliata con angoli arrotondati.
 (c) In condizioni eccezionali, dove l'esperienza mostra che il rischio di corrosione e di danno meccanico è estremamente basso, si può usare 16 mm².
 (d) Per fili singoli.

Dimensioni minime del dispersore in AT/MT:

Materiale		Tipo di dispersore	Dimensione minima				
			Corpo			Rivestimento/guaina	
			Diame- tro mm	Sezio- ne mm ²	Spes- sore mm	Valori singoli μm	Valori medi μm
Acciaio	Zincato a caldo	Piattina ^(b)		90	3	63	70
		Profilati (incl. piatti)		90	3	63	70
		Tubo	25		2	47	55
		Barra tonda per picchetto	16			63	70
		Tondo per dispersore orizzontale	10				50
	Con guaina di piombo ^(a)	Tondo per dispersore orizzontale	8			1 000	
	Con guaina di rame estrusa	Barra tonda per picchetto	15			2 000	
	Con guaina di rame elettrolitico	Barra tonda per picchetto	14,2			90	100
Rame	Nudo	Piattina		50	2		
		Tondo per dispersore orizzontale		25 ^(c)			
		Corda	1,8 ^(d)	25			
		Tubo	20		2		
	Stagnato	Corda	1,8 ^(d)	25		1	5
	Zincato	Piattina		50	2	20	40
	Con guaina di piombo ^(a)	Corda	1,8 ^(d)	25		1 000	
		Filo tondo		25		1 000	

(a) Non idoneo per posa diretta in calcestruzzo. Si raccomanda di non usare il piombo per ragioni di inquinamento.
 (b) Piattina, arrotondata o tagliata con angoli arrotondati.
 (c) In condizioni eccezionali, dove l'esperienza mostra che il rischio di corrosione e di danno meccanico è estremamente basso, si può usare 16 mm².
 (d) Per fili singoli.

Allegato C Norma CEI 99-3 Dimensioni minime dei dispersori

In ogni caso, i dispersori devono avere dimensioni minime tali da resistere alla corrosione e alle sollecitazioni termiche della corrente. Negli impianti alimentati in AT/MT le dimensioni minime succitate sono ampiamente sufficienti a soddisfare ogni requisito a riguardo di sollecitazioni termiche.

È vietato l'uso, come dispersore, delle tubazioni dell'impianto idrico, anche pubblico, nonché delle armature dei cavi. La posa di dispersori in rame in scavi predisposti, nonché i collegamenti nella loro parte interrata o entro fondazioni, dovrà prevedere le precauzioni onde ridurre i danni per effetto elettrolitico in prossimità di tubazioni, strutture o altri elementi in metallo corrodibile. Ove tale vicinanza sia inevitabile, si dovrà infilare il conduttore entro tubo isolante, ovvero sostituirlo con tratto di cavo isolato, ovvero adottare provvedimenti tali che la distanza minima tra i due metalli diversi non sia inferiore ad almeno 1 m.

La posa del dispersore in cavo entro scavi predisposti dovrà avvenire ad una profondità di almeno 50 cm dal piano del calpestio e ad una distanza minima dell'edificio di 1,50 m; successivamente dovrà essere

ricoperto per almeno 30 cm da terreno vegetale; non sarà ammessa la copertura con il solo materiale di “risulta” del cantiere.

In corrispondenza di giunzioni interrato dovranno essere eseguite opportune protezioni al fine di evitare fenomeni di ossidazioni e corrosioni nel tempo.

I conduttori di terra ed i conduttori di protezione devono avere sezioni tali da resistere alle sollecitazioni meccaniche presumibili nel luogo di installazione e alle sollecitazioni termiche prodotte dalla corrente.

Nei confronti delle sollecitazioni meccaniche, i conduttori di terra in AT/MT devono avere sezioni non inferiori a:

- 16 mm² se in rame
- 35 mm² se in alluminio
- 50 mm² se in acciaio

Mentre in BT si deve fare riferimento alla tabella 54A della CEI 64-8.

In relazione alle sollecitazioni termiche, la sezione dei conduttori di terra e dei conduttori di protezione (in AT e in BT) non deve risultare inferiore a:

$$S = \sqrt{\frac{I^2 t}{k}}$$

dove K dipende da temperatura iniziale e temperatura finale massima ammessa e dai materiali utilizzati. Il tempo t equivale al tempo di intervento delle protezioni.

L'impianto di terra progettato (intenzionale) deve inoltre, laddove possibile, essere collegato agli elementi strutturali metallici (impianto di terra di fatto). In ogni caso, i soli dispersori intenzionali (senza l'ausilio dei dispersori di fatto), devono garantire l'idoneità dell'impianto di terra.

Al collettore di terra, oltre al conduttore di terra dovranno essere collegati i conduttori di protezione ed i conduttori equipotenziali principali ed i centro stella dei trasformatori e di eventuali gruppi elettrogeni. I conduttori equipotenziali principali devono collegare al collettore di terra le masse estranee entranti nel fabbricato e devono essere realizzati con conduttore avente sezione pari ad almeno la metà di quella del conduttore di fase di sezione più elevata con un minimo di 6 mm² ed un massimo di 25 mm².

I conduttori di protezione devono collegare a terra tutte le masse e se facenti parte della stessa condotta devono avere sezione concorde a quanto indicato nella tabella 54F della Norma CEI 64-8. Un conduttore di protezione può essere comune a più circuiti purché sia applicata la precedente prescrizione con riferimento alla sezione del conduttore di fase maggiore.

Se il conduttore di protezione non fa parte della stessa condotta del conduttore di fase, deve avere sezione almeno pari a 2,5 o 4 mm² a seconda che ne sia prevista o meno protezione meccanica.

Sia in AT/MT sia in BT gli impianti di terra devono garantire la sicurezza delle persone con le modalità indicate nelle Normative CEI 99-2, CEI 99-3 e 64-8. In particolare, in AT/MT, il valore di resistenza di terra deve essere tale da garantire delle tensioni di passo e di contatto al disotto dei limiti massimi ammessi (vedi fig. 4 CEI 99-3) mentre in BT il valore deve essere compatibile con i dispositivi di interruzione automatica del circuito di alimentazione (vedi capitolo 413 CEI 64-8).

Tutta la viteria e bulloneria impiegata per realizzare i collegamenti di terra e tutti i materiali accessori saranno o in rame o in acciaio inossidabile o zincato a caldo.

Le superfici di contatto, se in rame, dovranno essere stagnate o rinvivate e comunque sgrassate prima della giunzione.

Tutti i punti accessibili connessi agli impianti di terra (scatole di ispezione, nodi di terra, piastre di misura equipotenziale, ecc.) dovranno riportare il segno grafico di messa a terra.

I conduttori di protezione attestati alla sbarra dovranno essere muniti di contrassegno tale da consentire di risalire agevolmente alla loro provenienza.

Non saranno ammesse identificazioni dei cavi mediante scritte effettuate a mano su etichette o sulle guaine dei cavi stessi.

All'interno della cassetta di contenimento dovrà trovare posto lo schema dettagliato di tutte le connessioni relative al nodo equipotenziale con riportata la tabella relativa alle sigle dei cavi e la loro destinazione.

I pozzetti della rete di dispersione dovranno essere rintracciabili mediante cartelli indicatori di messa a terra, posti nelle immediate vicinanze e dovranno riportare oltre alla numerazione del dispersore indicata negli elaborati grafici di progetto o definiti in sede di DL, anche le distanze dal cartello stesso; ove non fosse possibile fissare dei cartelli indicatori, i pozzetti dovranno essere contrassegnati in modo visibile, con il simbolo di messa a terra e con la numerazione del dispersore; la marcatura dovrà essere effettuata a mezzo di vernice ad elevate caratteristiche di resistenza agli agenti atmosferici, ovvero con contrassegni, targhette o altro definito in sede di DL, fissati con tasselli ad espansione.

4.14.2. Impianto di terra ad uso informatico

L'impianto di terra deve essere unico.

La messa a terra dei circuiti di segnale (es. il comune dell'elettronica e cioè il riferimento delle tensioni dei circuiti elettronici), deve essere realizzata mediante conduttori distinti dai conduttori di protezione delle masse dell'impianto. Detti conduttori, isolati, devono far capo al collettore di terra direttamente o tramite collettori intermedi. Nell'ambito di uno stesso circuito non sono ammesse messe a terra multiple intenzionali o di fatto. Se non è possibile evitare il parallelismo o adeguata distanza di separazione tra conduttori di terra ad uso informatico e conduttori di protezione delle masse dell'impianto, i cavi di energia o i cavi di segnale, questi ultimi devono essere del tipo schermato. Le masse estranee presenti negli ambienti di elaborazione di installazione delle apparecchiature di elaborazione dati devono essere connesse ad un conduttore equipotenziale supplementare.

4.15. IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE STRADALE

4.15.1. Apparecchio Tipo A, B, C, D, E, F (rami di svincolo e rotatorie):

Sono previsti apparecchi con sorgenti LED, corpo in pressofusione di alluminio, gruppo ottico in PMMA ad alta trasparenza e vetro piano temperato spessore 4 mm.

Altre caratteristiche degli apparecchi a LED si possono così riassumere:

- driver DALI
- durata LED (L80B10): 100.000 h a 25°C (Ta) con 700 mA di corrente di pilotaggio
- ottica: asimmetrica stradale
- grado di protezione: IP66
- doppio isolamento (classe II)
- resa cromatica: > 70
- temperatura di colore: 3.000 K
- fattore di potenza: 0,9
- peso: max 11 kg
- superficie esposta al vento dell'apparecchio SCx: max 0,24 m²
- predisposizione per montaggio su palo
- protezione sovratensioni: 10 kV

- temperatura di funzionamento da -30°C a +50°C.
- alimentazione da 220÷240Vac a 50Hz
- conforme a EN60598-1; EN 60598-2-3; EN 62471; EN 61547.

Si prevede l'utilizzo delle seguenti tipologie di corpi illuminanti:

Tipo	Potenza assorbita apparecchio	Corrente pilotaggio di	Flusso emesso apparecchio
A, A1	104 W	700 mA	≥ 12.635 lm
B, B1	86 W	575 mA	≥ 11.000 lm
C	78 W	575 mA	≥ 9.615 lm
D	52 W	350 mA	≥ 7.195 lm
E	36 W	700 mA	≥ 4.385 lm
F	107 W	700 mA	≥ 12.635 lm

4.15.2. Apparecchio Tipo P1, P2 (per torri faro):

Sono previsti proiettori con sorgenti LED, corpo in pressofusione di alluminio, gruppo ottico in alluminio e vetro temperato.

Altre caratteristiche dei proiettori a LED si possono così riassumere:

- driver DALI
- durata LED (L85): 100.000 ore a 25°C di temperatura ambiente con 700 mA di corrente di pilotaggio
- grado di protezione: IP66
- doppio isolamento (classe II)
- resa cromatica: > 70
- temperatura di colore: 3.000 K
- fattore di potenza: 0,9
- peso: 14 kg
- ottica: asimmetrica
- superficie laterale dell'apparecchio: 0,26 m²
- predisposizione con staffa di regolazione
- protezione sovratensioni: 10 kV
- temperatura di funzionamento da -30°C a +55°C.
- alimentazione da 220÷240Vac a 50Hz.

Si prevede l'utilizzo delle seguenti tipologie di proiettori:

Tipo	Potenza assorbita apparecchio	Corrente pilotaggio di	Flusso emesso apparecchio
P1	156 W	350 mA	≥ 20.074 lm
P2	222 W	500 mA	≥ 27.441 lm

4.15.3. Sostegni

I pali per illuminazione pubblica dovranno essere conformi alle norme UNI-EN 40.

I pali e gli eventuali bracci saranno di tipo conico, laminati a caldo, realizzati in acciaio S275JR (UNI EN 10025).

I pali e i bracci saranno zincati secondo le Norme UNI EN ISO 1461.

La collocazione dei pali dovrà rispettare quanto indicato dalla Norma CEI 64-8 Sez. 714 in merito a distanziamenti ed altezze minime dalla carreggiata, dalla sede stradale e da eventuali conduttori aerei e rispettare la minima distanza dalla carreggiata in base alla deformazione dell'eventuale guard-rail.

Tutte le caratteristiche tecnico dimensionali (altezze, diametri, ecc.) sono indicati nei disegni allegati al progetto.

In corrispondenza del punto di incastro del palo al blocco di fondazione dovrà essere riportata una guaina termorestringente in polietilene avente spessore di 4mm e lunghezza minima di 400mm.

I pali andranno fissati al terreno dopo averne verificata la perfetta verticalità.

Per il fissaggio dei bracci o dei codoli dovranno essere previste sulla sommità dei pali due serie di tre fori cadauna sfalsati tra di loro di 120° con dadi riportati in acciaio INOX M10x1 saldati prima della zincatura.

Le due serie di fori dovranno essere poste rispettivamente a 5 cm ed a 35 cm dalla sommità del palo. Il bloccaggio dei bracci o dei codoli per apparecchi a cima palo dovrà avvenire tramite grani in acciaio INOX M10x1 temprati ad induzione. Sia i dadi che i grani suddetti dovranno essere in acciaio INOX del tipo X12 Cr13 secondo Norma UNI 6900/71.

Nei pali dovranno essere praticate n° 2 aperture delle seguenti dimensioni:

- Un foro ad asola della dimensione indicative 186x45 mm, per il passaggio dei conduttori, posizionato con mezzeria a 600 mm dalla base
- Una finestrella d'ispezione delle dimensioni indicative 186x45 mm; tale finestrella dovrà essere posizionata con l'asse verticale parallelo al piano verticale passante per l'asse longitudinale del palo o dell'apparecchio di illuminazione a cima-palo e collocata dalla parte opposta rispetto al lato di transito veicolare, con mezzeria ad almeno 1800 mm dalla base

La chiusura della finestrella d'ispezione dovrà avvenire mediante una portella realizzato in lega di alluminio dotata di viti di chiusura in inox AISI 304.

Il portello deve comunque essere montato in modo da soddisfare il grado minimo di protezione interno IP54. La finestrella d'ispezione dovrà consentire l'accesso all'alloggiamento elettrico che dovrà essere munito di un dispositivo di fissaggio (guida metallica) destinato a sostenere la morsettiera di connessione in classe II.

Il percorso dei cavi nei blocchi e nell'asola inferiore dei pali sino alla morsettiera di connessione, dovrà essere protetto tramite uno o più tubi in PVC flessibile serie pesante diametro 50 mm, posato all'atto della collocazione dei pali stessi entro i fori predisposti nei blocchi di fondazione medesimi.

Per il sostegno degli apparecchi di illuminazione su mensola od a cima-palo dovranno essere impiegati bracci in acciaio o codoli zincati a caldo secondo Norma UNI-EN 40/4 (solo se il corpo illuminate lo necessita).

La ditta, prima della posa dei sostegni, dovrà verificare la stabilità dei sostegni stessi secondo le prescrizioni della UNI EN 40.

4.15.4. Torri faro

Le torri faro avranno le seguenti caratteristiche principali:

- altezza fuori terra: 40 m
- diametro base / spessore: 750 / 6 mm
- diametro sommità / spessore: 240 / 4 mm (torre faro da 30m)

Le torri faro, a corona mobile, nelle loro parti essenziali, saranno costituite da:

- fusto: il fusto, realizzato in S355JR in conformità alla norma UNI EN 10025, tronco-conico a sezione poligonale, realizzato in tronchi da accoppiare in sito mediante sovrapposizione ad incastro. I tronchi saranno ottenuti da lamiera di acciaio pressopiegata e saldata

longitudinalmente. Sul tronco di base sarà prevista un'apertura, rinforzata per ripristinare l'originaria resistenza, completa di portella con chiusura antivandalo, un'adeguata flangia saldata idonea per il fissaggio alla fondazione tramite tirafondi di ancoraggio (realizzati in S355JR in conformità alla norma UNI EN 10025) e due piastrine per l'attacco della messa a terra.

- testa di trascinamento: la testa, realizzata in acciaio zincato a caldo, montata in sommità del fusto, incorporerà le carrucole di rinvio del cavo di alimentazione dei proiettori e delle funi di sospensione della corona mobile.
- corona mobile: la corona mobile sarà adeguata per ospitare i proiettori e relativo equipaggiamento elettrico. Essa sarà realizzata in profilati di acciaio e dimensionata per sostenere il numero di proiettori previsti nel progetto, unitamente alla cassetta di derivazione.
- Funi di sospensione della corona mobile: le funi di sollevamento della corona mobile saranno tre, realizzate in acciaio inossidabile e piombate alle estremità ai terminali filettati, sempre in acciaio inossidabile. Le tre funi saranno fissate da una parte sulla corona mobile e dall'altra ad un dispositivo di raccolta (distributore) che consentirà la regolazione delle funi stesse quando la corona mobile è in posizione di normale esercizio.
- Equipaggiamento elettrico: all'interno del fusto sarà prevista, montata sulla portella, una presa con interruttore di blocco che riceverà il cavo di alimentazione dell'impianto. Sulla corona mobile è prevista una cassetta di derivazione/distribuzione, con grado di protezione IP 65, dotata di una presa esterna a tenuta stagna ed idonea, mediante un cavo di prolunga dotato di spine, ad effettuare a terra la prova di accensione dei proiettori. Il cavo elettrico di alimentazione dei proiettori, dovrà avere una sezione adeguata alla potenza da installare e, autoportante, antitorsionale ed inestensibile grazie ad un rinforzo centrale in Kevlar. Detto cavo dovrà essere collegato, alla base della torre, mediante una spina CEE a 5 poli alla presa interbloccata mentre, alla sommità, dovrà essere collegato in maniera definitiva alla morsettiera posta all'interno della cassetta di derivazione.

La finitura superficiale della struttura e dei vari componenti, sarà realizzata mediante zincatura a caldo secondo la Norma UNI EN ISO 1461.

Si prevedono infine, a servizio della corona mobile, i seguenti sistemi di sicurezza attivi e passivi:

- un dispositivo di aggancio meccanico della corona mobile alla testa di trascinamento, tale da sgravare completamente le funi di sospensione da qualsiasi carico durante il normale esercizio della torre
- un sistema di antirotazione della corona mobile che impediranno qualsiasi movimento sul piano orizzontale della stessa
- una catena di sicurezza, posta all'interno della portella, che collegandosi al distributore, dovrà impedire eventuali sganciamenti della corona mobile in esercizio
- sistema di finecorsa, posizionato all'interno della portella, costituito da un sensore ad induzione, comandato elettricamente, per la corretta definizione delle operazioni di aggancio e sgancio della corona mobile
- bracci di appoggio della corona mobile, per scaricare le funi stesse quando la corona stessa è in posizione di manutenzione, costituiti da tre staffe in acciaio, smontabili, che dovranno essere inserite nelle apposite sedi ricavate sopra la portella.

La movimentazione della corona mobile può essere attivata tramite unità elettrica carrellata: costituita da un telaio verniciato munito di ruote, sul quale sono montati: il gruppo motoriduttore con grado di protezione IP55 ed alimentazione trifase 400V 50Hz incorporata, la catena calibrata della lunghezza necessaria per la movimentazione della corona mobile, il relativo contenitore, un vano porta attrezzi, la pulsantiera con prolunga per il comando a distanza di sicurezza ed un cavo elettrico munito di spine per la prova di accensione a terra dei corpi illuminanti.

4.16. GUIDA LUMINOSA IN CASO DI NEBBIA IN ITINERE

Nel seguito vengono descritti i principali apparati del sistema antinebbia.

4.16.1. Quadro di comando e controllo

Quadro di comando e controllo in armadio in SMC colore RAL 7035 con le seguenti caratteristiche:

- dimensioni 910 x 1390 x 460 mm, con porta incernierata completa di chiusura tipo cremonese azionabile con maniglia a scomparsa agibile mediante serratura di sicurezza a cifratura unica
- certificato IMQ secondo le norme CEI EN 62208;
- grado di protezione IP 55 secondo CEI EN 60259;
- grado di resistenza agli urti IK10 secondo CEI EN 62262;
- completo di accessori interni per componenti da quadro e retroquadro anche per garantire la classe II.

La parte di protezione e comando è realizzata con i seguenti componenti:

- interruttore generale in ingresso magnetotermico differenziale quadripolare;
- contattori quadripolari;
- n. 6 trasformatore di isolamento sistema 230/110Vac (in armadio dedicato);
- n.2 schede elettroniche di gestione e controllo;
- interruttori magnetotermici quadripolari per linee in uscita ai segnalatori;
- relè controllo d'isolamento;
- SPD per linee in uscita ai segnalatori;
- morsettiere di attestamento cavi in ingresso e in uscita

Su ogni scheda di controllo è caratterizzata da

- 6 canali di uscita con SCR di potenza per poter gestire separatamente le due corsie per ogni senso di marcia.
- tensione di ingresso: 110 Vac 50-60hz;
- tensione ausiliaria di alimentazione 90-265 Vac 50-60Hz;
- ingressi digitali opto isolati pilotabili da contatti;
- uscite digitali a relè;
- misura di tensione e corrente di ciascun gruppo led;
- misura della tensione di alimentazione;
- tensione massima d'uscita: 100Vac;
- 10V di caduta sull'SCR in condizioni di pilotaggio al 100%;
- protezione da sovracorrente con fusibile;
- protezione da sovratemperatura;
- potenza dissipata <40W;
- dimensioni indicative: 300x300x80mm, base dissipante in alluminio;
- connettori maschio-femmina con fissaggio dei cavi a vite;
- esecuzione aperta, senza contenitore.
- sistemi di comunicazione:
 - web server: con il quale è possibile connettersi semplicemente tramite un browser, senza necessità di alcun software dedicato, avendo la possibilità di configurare i vari parametri del sistema.
 - web service: Il telecontrollo tramite Web Service (WS) prevede l'utilizzo di un certo numero di "punti di accesso" per eseguire interrogazione o richiedere l'esecuzione di comandi. I dati sono formattati in puro codice HTML/XML e sono quindi utilizzabili su qualsiasi sistema operativo senza necessità di particolari conversioni

Su ogni trasformatore monofase di isolamento è caratterizzata da

- ingresso 230V monofase;

- uscita 110V ($\pm 2 \times 4V$) Impregnato in resina cl. F, protezione IP00;
- classe di protezione I;
- sfasamento introdotto a pieno carico ($\cos \varphi$) 0,97.

4.16.2. Trasformatore serie

Il trasformatore serie per alimentare i segnalatori a LED, con tensione 2/12 Vac, sarà contenuto all'interno di un contenitore in SMC (vetroresina) con grado di protezione IP55 e con dim. 392 x 259 x 129 mm

4.16.3. Delineatore

Il delineatore, approvato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti secondo il nuovo codice della strada (prot. n° 4082 del 01/08/2011) è realizzato polietilene colore nero con cariche minerali ad alta densità e resistente agli UV; schermo trasparente lampada in policarbonato resistente agli UV.

Il delineatore contiene la lampada ed i due catadiottri ad illuminazione passiva. La lampada a forma circolare avrà:

- lampada composta da 65 led da 4 cd cadauno di colore ambra a fascio stretto 30°.
- tensione alimentazione: 12 Vac
- corrente nominale: 450 mA
- potenza lampada: 5,4 VA
- durata media di funzionamento di circa 100.000 ore
- asse ottico di riferimento perpendicolare ai led
- classe identificativa secondo UNI EN 1235: L2H-P1-C yellow 1-R0-A0-F1-O0-M3-T1-S0 (luce fissa)
- connettore multipolare stagno per connessione lampada

Il delineatore sarà completo di linea di alimentazione al trasformatore 2/12 Vac e da apposite staffe di fissaggio al guardrail.

4.16.4. Sonda nebbia

La sonda nebbia è costituita da una apparecchiatura elettronica idonea a rilevare la presenza di nebbia, fumi, pulviscolo, neve, grandine, pioggia intensa. La sonda dispone di un sistema elettronico a riflessione di infrarosso con soglia di sensibilità regolabile corrispondente ad una visibilità da 80 a 400 m.

Caratteristiche costruttive e funzionali:

- Corpo cassetta in lega di alluminio GALSI 13 - EN 1706 AC - 44100 DF pressocolata.
- Coperchio incernierato con guarnizione in neoprene.
- Chiusura coperchio con pomoli antiperdenti a vite in acciaio inox.
- Per fissaggio a palo mediante collare da 1 1/2 " GAS (\varnothing 48) o a parete mediante piedini.
- Switch per inserimento e disinserimento crepuscolare.
- Dimensioni di ingombro (compreso ricevitore e trasmettitore) 450 x 450 x 172.
- Relè bipolari con contatto in scambio per sensore nebbia, crepuscolare ed alimentazione scaldiglia.
- Grado di protezione: IP55 CEI EN 60529, IK 10 CEI EN 50102.
- Alimentazione: 48/110/220 V-50 Hz
- Campo di funzionamento: 0,4000 Lux
- Taratura crepuscolare: 10,100 Lux
- Ritardo automatico attivazione segnale: 35,160 sec

- Ritardo automatico disattivazione segnale: 3,6 min.
- Ritardo attivazione e disattivazione crepuscolare: 45 sec
- Portata relè sensore nebbia (N.A.): 5 A 250 V
- Portata relè alimentazione scaldiglia (N.A.): 5 A 250 V
- Portata relè crepuscolare (N.A.): 5 A 250 V
- Termostato regolazione scaldiglia: 5,15° C
- Temperatura d'esercizio: -20° C +50° C
- Potenza consigliata scaldiglia (esclusa): 20,50 W max
- Segnalazione attivazione circuito ed autodiagnosi: LED (rossi e verdi)
- Assorbimento: 40 VA

4.17. GUIDA LUMINOSA IN CASO DI NEBBIA DI SVINCOLO (MARKER)

4.17.1. Dispositivi luminosi a LED (marker)

I dispositivi luminosi avranno le seguenti caratteristiche principali:

- tipo a stelo (senza palina) in resina poliammidica di colore bianco con viteria inox
- montati sopra il guard-rail;
- catadiottro tondo;
- lampada a 47 LED (36 Led su corona esterna e 11 LED su superficie centrale)
- grado di protezione apparato ottico IP67 secondo CEI EN 60529;
- potenza 3,6 VA
- tensione di alimentazione 48 Vca;
- in conformità all'art. 173 del D.P.R. n. 495/92;
- dimensioni 210x425x101mm
- dotati di apposita staffa per fissaggio ai piantoni la quale in nessun caso dovrà prevedere la foratura del guard-rail.

4.17.2. Centralina elettronica per alimentazione e controllo lampeggio dei dispositivi luminosi

La centralina avrà le seguenti caratteristiche:

- tensione di alimentazione primaria 230 V – 50 Hz;
- tensione in uscita 48 V – 50 Hz;
- numero canali in uscita 3;
- alloggiata in armadio in vetroresina da esterno.

4.18. SISTEMA DI TELEGESTIONE PUNTUALE SU ONDE RADIO DEGLI IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE

Il sistema di telegestione su onde radio sarà costituito da un insieme di apparecchiature da installare negli apparecchi illuminanti e nei pressi della cabina. I componenti principali del sistema dovranno essere i seguenti.

4.18.1. Nodo concentratore e router per il controllo e la gestione moduli onde radio

Nodo concentratore e router per il controllo e la gestione tramite onde radio degli apparecchi illuminanti.

Caratteristiche costruttive e funzionali:

- contenitore plastico adatto all'installazione su barra DIN
- processore clock 454MHz
- RAM 128MB DDR2 DRAM
- Flash 256 MB NAND
- LCD 800x480 con touchscreen
- porta di rete 10/100 Base TX (PoE)
- 2 porte RS485
- 1 porta CAN bus
- 1 porta RS232
- orologio RTC con batterie di backup
- 2 uscite a relè
- 2 ingressi optoisolati
- sonda di temperatura
- modulo radio:
 - banda 2.4 GHz
 - potenza Tx fino a 3 dBm
 - sensibilità RX -101 dBm
 - budget link radio 104 dB
 - protocolli: ZigBee, IEEE 802.15.4, 6LoWPAN, RF4CE, SP100, WirelessHART, Algorab V3.0, ISM
 - sicurezza AES 128 bit
- sistema operativo Linux 3.9 o superiore
- funzionalità: TCP/IP, UDP, Socket, Server Web, Telnet, PPP, FTP, VPN, Ipsec SSL, DHCP, NAT, NTP, Agent e Manager SNMP
- assorbimento 8W
- grado di protezione IP65
- temperatura di funzionamento -40° +70°C
- antenna di comunicazione esterna
- alimentatore 230Vac – 24Vcc

4.18.2. Modulo radio completo di antenna esterna

MODULO RADIO PER IL CONTROLLO E LA GESTIONE DI APPARECCHIO ILLUMINANTE A LED.

Caratteristiche costruttive e funzionali:

- contenitore in materiale plastico (ABS)
- segnalazioni LED (verde, gialla e rossa)
- interfaccia SELV DALI MASTER (8 dispositivi)
- RS485 isolata
- uscita normalmente chiusa con corrente massima 1.5A (carico induttivo o capacitivo), 5A (carico resistivo)
- chip crittografato
- memoria 8Mbit Flash
- accelerometro 3 assi
- termometro digitale +/- 0.5°C (da -10°C a + 85°C)

- orologio real time clock con batteria di backup
- modulo radio:
 - banda 2.4 GHz
 - potenza Tx fino a 3 dBm
 - sensibilità RX -101 dBm
 - budget link radio 104 dB
 - protocolli: WSNAgorab V3.0 o superiore
- classe II
- tensione di isolamento tra alimentazione e interfacce 3 kV
- tensione di alimentazione 230 V -50 Hz
- assorbimento 2W
- grado di protezione IP40
- temperatura di funzionamento da -25°C a +70°C

ANTENNA ESTERNA MULTIBANDA

- banda di lavoro 860-960 / 2400-2690 MHz (GSM, WIFI, LTE)
- impedenza 50Ω
- potenza massima 25 W
- omnidirezionale
- elemento radiante in acciaio inox
- temperatura di lavoro -40 ÷ +80 °C
- completa di cavo coassiale per connessione SMA

4.18.3. Ingegneria, programmazione ed addestramento del sistema di telegestione punti luce

Il sistema dovrà essere fornito completo delle seguenti attività necessarie per permettere il perfetto funzionamento di tutto il sistema secondo le necessità definite dalla D.L.:

- cablaggio delle connessioni in centrale
- programmazione dei comandi e degli asservimenti
- operazioni di configurazione per le periferiche collegate mediante il noleggio, se necessario, di unità PC, portatili e non
- configurazione ingressi ed uscite
- installazione di software adeguato
- controllo e verifica del corretto funzionamento del materiale fornito
- messa in funzione del sistema
- corso di formazione del personale preposto alla conduzione dell'impianto, della durata minima di 2gg, da svolgere presso il Centro Direzionale o in altra sede indicata dal Committente
- fornitura della documentazione tecnica e dei manuali d'uso
- fornitura degli schemi di collegamento
- fornitura del lay-out di montaggio

5. ULTERIORI PRESCRIZIONI SULLE OPERE

5.1. VERNICIATURE

Tutte le tubazioni, gli staffaggi, le carpenterie in acciaio se non zincate, devono essere verniciate con due mani di antiruggine, di differente colore previa spazzolatura e pulizia delle superfici.

Le tubazioni e gli staffaggi sono verniciate con una mano di primer se zincate e 2 di antiruggine se in acciaio nero, spessore 50 μm e quindi con due mani di smalto oleosintetico a finire nei colori distintivi dei fluidi convogliati.

5.2. ETICETTATURA ED INDIVIDUAZIONE COMPONENTI

Onde facilitare e consentire una facile lettura dell'impianto, l'Appaltatore deve individuare ed etichettare tutte le apparecchiature ed i circuiti degli impianti eseguiti, quali:

- Quadri elettrici
- Trasformatori
- Ventilatori
- Cavi
- Canali
- Altre apparecchiature la cui identificazione risulti utile

Per ciascuno degli elementi sopra citati si rimanda alla descrizione specifica per le indicazioni sull'etichettatura.

Qualora non specificato, valgono le seguenti prescrizioni:

- Targhette in alluminio serigrafato, di dimensioni 120x60 mm, con scritte nere, installate sui componenti a mezzo di viti, collari o catenelle, in posizione ben visibile
- Indicazione chiara delle posizioni che dovranno assumere le valvole, gli interruttori, i selettori, etc.
- Individuazione di tutti i circuiti idraulici ed elettrici, a mezzo di etichette adesive colorate, dim. 150x50 riportanti il nome del circuito

6. MODALITÀ ESECUTIVE DELLE OPERE CIVILI PER IMPIANTI TECNOLOGICI

Nel seguito sono descritte le modalità esecutive delle opere civili che potrebbero rendersi necessarie per l'esecuzione dei lavori oggetto del presente progetto. Resta inteso che non tutte le lavorazioni evidenziate nei paragrafi successivi fanno parte dell'intervento; esse tuttavia vengono ugualmente riportate poiché si ritengono utili per l'eventuale realizzazione di opere in variante al momento non prevedibili.

L'Impresa dovrà in ogni caso presentare alla DL, entro 30gg dalla data del Verbale di Consegna dei Lavori o in accordo con il piano temporale, i disegni e le descrizioni di dettaglio di tutte le opere murarie ritenute necessarie al compimento degli impianti, perché la DL possa valutare eventuali interferenze con le strutture e coordinare i lavori nel modo migliore.

Ogni onere relativo allo smantellamento di opere e allo spostamento degli impianti già eseguiti, a causa del ritardo dell'Impresa nella presentazione dei disegni di cui sopra, sarà imputato alla stessa ed iscritto negli Stati di Avanzamento e nello Stato Finale. Il valore del danno, a carico dell'Impresa sarà stabilito, insindacabilmente, dalla DL.

6.1. SCAVI

Preliminarmente all'esecuzione delle opere di scavo l'Appaltatore deve procedere ai tracciamenti necessari per la definizione esatta della collocazione dei centri luminosi e di altre ed eventuali apparecchiature (ad esempio i quadri elettrici).

Inoltre l'Impresa è obbligata ad assumere le informazioni necessarie per accertarsi se nella sede dei medesimi vi siano tombini, fognature, acquedotti, elettrodotti, cavi telefonici, gasdotti, oleodotti, o altri manufatti interrati ed a prendere tutti i provvedimenti e misure necessarie per eseguire le opere senza danneggiare detti manufatti nella realizzazione dei relativi sottopassaggi, incroci, parallelismi, restando a suo carico ogni responsabilità per danni e ripristini e per le pratiche burocratiche inerenti all'autorizzazione da rilasciare da parte degli Enti interessati.

Negli scavi devono essere adottate tutte le cautele atte a prevenire scoscendimenti e smottamenti, restando l'Impresa esclusivamente responsabile degli eventuali danni e obbligata a provvedere, a proprie spese, alla rimozione delle materie franate e al ripristino delle sezioni corrette.

Nel caso che, a giudizio della Direzione Lavori, le condizioni nelle quali i lavori si svolgono lo richiedano, l'Impresa è tenuta a coordinare opportunamente la successione e l'esecuzione delle opere di scavo e murarie, essendo gli oneri relativi compensati nei prezzi contrattuali.

Gli scavi e i trasporti devono essere eseguiti con mezzi d'opera e manodopera adeguati. In ogni caso deve essere assicurato il regolare smaltimento e deflusso delle acque di qualunque provenienza.

I materiali provenienti dagli scavi, e non idonei per la formazione dei rilevati o per altro impiego nei lavori, devono essere portati a rifiuto in zone disposte a cura e spese dell'Impresa, quelli invece utilizzabili, ed esuberanti le necessità di lavoro, devono essere portati, sempre a cura e spese dell'Impresa, su aree indicate dalla Direzione Lavori.

Sono compensati fra gli oneri degli scavi l'abbattimento e/o potature di piante, l'estirpazione di ceppaie e radici nella zona di pertinenza degli scavi stessi.

Durante la fase di scavo dovranno essere approntati tutti i ripari necessari per evitare incidenti ed infortuni a persone, animali o cose per effetto di scavi aperti non protetti.

Durante le ore notturne la segnalazione di scavo aperto o di presenza di cumulo di materiale di risulta o altro materiale sul sedime stradale, dovrà essere di tipo luminoso o a fiamma od a sorgente elettrica, tale da evitare il pericolo esistente per il transito pedonale e veicolare. Nessuna giustificazione potrà essere adottata dall'Appaltatore per lo spegnimento di dette luci di segnalazione durante la notte anche se causato da precipitazioni meteoriche. Tutti i ripari (cavalletti, transenne, ecc.) dovranno riportare il nome della ditta appaltatrice dei lavori, il suo indirizzo e numero telefonico.

Il rinterro di tutti gli scavi necessari per la collocazione dei cavidotti e dei pozzetti, dopo l'esecuzione dei getti, è compensato con il prezzo dell'opera. Nessun compenso potrà essere richiesto per i sondaggi da eseguire prima dell'inizio degli scavi per l'accertamento dell'esatta ubicazione dei servizi nel sottosuolo.

In caso di inevitabili interruzioni di qualche tratto di strada devono essere disposti opportuni avvisi.

In ogni modo l'impresa deve rendere possibile in posizioni opportune, lo scambio dei veicoli.

L'Impresa assume la responsabilità di eventuali danni od a persone od a cose derivanti dalla mancata od insufficiente osservanza delle prescrizioni o cautele necessarie.

Costituisce onere per la Ditta anche la stesura progressiva di materiale occorrente per dare alla pavimentazione stradale la sua primitiva consistenza e sagoma.

Il materiale di scavo eccedente, dopo l'eventuale costipamento del materiale di rinterro, deve essere portato a discarica autorizzata a propria cura e spese.

Per garantire la continuità del transito si devono costruire adeguate passerelle provvisorie, salvo diverse autorizzazioni concesse dalla Stazione Appaltante circa temporanee sospensioni o diversioni del transito.

Per evitare che il dissesto dipendente dall'apertura delle trincee si estenda a tratti di eccessiva lunghezza, resta stabilito che non possono essere mantenuti aperti tronchi di trincea estesa superiore ai metri 50, salvo diversa indicazione da parte della DL o della SA.

Per gli scavi su strade e simili devono essere osservate le norme di sicurezza del Codice della Strada.

6.1.1. Scavi per cavidotti

Lo scavo per la posa delle tubazioni dovrà essere realizzato in modo tale che sia perfettamente rispettato lo sviluppo di progetto.

In ogni caso, salvo impedimenti o diversa indicazione, la profondità dello scavo dovrà essere di almeno 60cm e la larghezza minima di 30cm

Gli scavi necessari per la posa dei cavidotti saranno eseguiti a pareti quanto più possibile regolari, con la minima larghezza compatibile con la natura della terra e con il diametro esterno del tubo, ricavando, ove sia necessario, opportuni allargamenti e nicchie.

I materiali provenienti dagli scavi dovranno essere depositati nella trincea a ricoprimento delle tubazioni posate solo nel caso il materiale sia ritenuto idoneo a giudizio della D.L., altrimenti dovrà essere trasportato a discarica autorizzata in modo da ostacolare il meno possibile la viabilità e lo scolo delle acque.

Saranno inoltre rispettate le seguenti prescrizioni:

- Il taglio del tappetino bituminoso e del sottofondo in agglomerato, se presenti, dovrà avvenire mediante l'impiego di adeguati mezzi meccanici (fresatrice, sega a taglio, ecc...). Il taglio avrà una profondità minima di 20 cm e gli spazi del manto stradale non tagliato non dovranno superare in lunghezza il 50% del taglio effettuato con la vanghetta idraulica
- Esecuzione dello scavo in trincea, con le dimensioni indicate negli elaborati di progetto
- Fornitura e posa, su letto di sabbia predisposto, di tubazioni corrugate flessibili in polietilene, a sezione circolare, in numero e diametro indicati negli elaborati di progetto
- Formazione di cassonetto in calcestruzzo a protezione delle tubazioni in plastica; il calcestruzzo sarà superiormente liscio in modo che venga impedito il ristagno d'acqua
- Sopra il cavidotto, circa 10-15 cm sopra il limite superiore, dovrà essere collocato un nastro avvisatore di colore rosso, compreso nel prezzo dello scavo, con evidenziato il nome dell'impianto di appartenenza
- Il riempimento dello scavo dovrà effettuarsi con materiali di risulta o con ghiaia naturale vagliata, sulla base delle indicazioni fornite dagli elaborati grafici. Particolare cura dovrà porsi nell'operazione di costipamento da effettuarsi con mezzi meccanici; l'operazione di riempimento dovrà avvenire dopo almeno 6 ore dal termine del getto di calcestruzzo. Laddove non risulti possibile rispettare la profondità di posa indicata negli elaborati di progetto si dovrà valutare l'opportunità di utilizzare tubazioni in acciaio zincato anziché in polietilene ed in ogni caso lo scavo dovrà essere riempito interamente, salvo il letto di sabbia ed eventuali strati bituminosi superficiali, con getto in cls
- Ogni strato del rinterro dovrà essere costipato mediante adeguati mezzi meccanici; inoltre nel caso di scavo su asfalto, il tappeto di usura dovrà essere steso dopo un periodo di assestamento di 10/15 giorni

6.2. POZZETTI

6.2.1. Pozzetti realizzato in opera con chiusino in ghisa

Nell'esecuzione dei pozzetti saranno mantenute le caratteristiche dimensionali e costruttive, nonché l'ubicazione, indicate nei disegni allegati. Saranno inoltre rispettate le seguenti prescrizioni:

- Esecuzione dello scavo con misure adeguate alle dimensioni del pozzetto
- Formazione di platea in calcestruzzo con fori per il drenaggio dell'acqua
- Formazione di muratura laterale di contenimento, in mattoni pieni e malta di cemento
- Conglobamento, nella muratura di mattoni, delle tubazioni interessate dal pozzetto; sigillature con malta di cemento degli spazi fra muratura e tubo
- Formazione, all'interno del pozzetto, di rinzafo in malta di cemento grossolanamente liscio

- Fornitura e posa, su letto di malta di cemento, di chiusino in ghisa (grigia o sferoidale a seconda delle indicazioni evidenziate negli elaborati di progetto), completo di telaio
- Riempimento del vano residuo con materiale di risulta o con ghiaia naturale costipata; trasporto alla discarica del materiale eccedente
- Trasporto del materiale scavato eccedente
- Ripristino del suolo pubblico originario
- Tamponatura dei fori per cavidotti in ingresso uscita con prodotti specifici

E' consentita in alternativa, e compensato con lo stesso prezzo, l'esecuzione in calcestruzzo delle pareti laterali dei pozzetti interrati con chiusino in ghisa. Lo spessore delle pareti e le modalità di esecuzione dovranno essere preventivamente concordati con la Direzione Lavori.

Tutti i pozzetti saranno senza fondo, o comunque con adeguati fori per evitare il ristagno dell'acqua.

6.2.2. Pozzetto prefabbricato con chiusino in ghisa

Nell'esecuzione dei pozzetti saranno mantenute le caratteristiche dimensionali e costruttive, nonché l'ubicazione, indicate nei disegni allegati. Saranno inoltre rispettate le seguenti prescrizioni:

- Esecuzione dello scavo con misure adeguate alle dimensioni del pozzetto
- Formazione di platea in calcestruzzo con fori per il drenaggio dell'acqua
- Posa del pozzetto prefabbricato costituito da un elemento a cassa, con due fori di drenaggio. Il manufatto, di calcestruzzo vibrato, dovrà avere sulle pareti laterali la predisposizione per l'innesto dei tubi di plastica, costituita da zone circolari con parete a spessore ridotto
- Inserimento delle tubazioni interessate dal pozzetto; sigillature con malta di cemento degli spazi fra muratura e tubo
- Fornitura e posa di chiusino in ghisa (grigia o sferoidale a seconda delle indicazioni evidenziate negli elaborati di progetto), completo di telaio
- Riempimento del vano residuo con materiale di risulta o con ghiaia naturale costipata; trasporto alla discarica del materiale eccedente
- Trasporto del materiale scavato eccedente
- Ripristino del suolo pubblico originario
- Tamponatura dei fori per cavidotti in ingresso uscita con prodotti specifici

Tutti i pozzetti saranno senza fondo, o comunque con adeguati fori per evitare il ristagno dell'acqua.

7. NORME DI MISURAZIONE DELLE LAVORAZIONI

La manodopera sarà valutata ad ore e gli arrotondamenti in eccesso o in difetto alle mezze ore.

Il noleggio di impianti e attrezzature fisse sarà valutato a giornata, mentre il noleggio di apparecchiature e mezzi d'opera mobili, compreso i mezzi di trasporto, sarà valutato per il tempo effettivamente messo in funzione ed operante, ed il prezzo comprenderà anche la remunerazione dell'operatore.

L'Appaltatore è tenuto ad avvisare la Direzione dei lavori quando, per il progredire dei lavori, non risultino più accertabili le misure delle opere eseguite.

Le singole lavorazioni verranno misurate utilizzando le unità di misura definite nell'Elenco Descrittivo delle Voci ovvero nell'Elenco Prezzi Unitari.

I lavori previsti nel progetto allegato al presente contratto saranno valutati con i prezzi di contratto.

Eventuali varianti, anche per le opere a corpo, saranno valutate a misura utilizzando i prezzi unitari di contratto, se esistenti, oppure tramite la formazione di nuovi prezzi a norma dell'articolo 163 del DPR 207/2010.

L'Impresa, prima dell'inizio di eventuali lavori in economia, dovrà presentare alla DL l'elenco degli operai utilizzati e le relative qualifiche che dovranno a richiesta essere attestate da documenti rilasciati da istituti autorizzati.

Alla fine di ogni giornata lavorativa l'Appaltatore é tenuto a presentare alla DL il rendiconto ove siano indicati gli operai, i lavori eseguiti le macchine utilizzate ed il numero di ore impiegate.

Per la manodopera (se non espressamente indicata in fase di offerta), eventuali materiali, noli o altre somministrazioni in economia si farà riferimento, ove possibile ai prezzi della C.C.I.A.A. in vigore alla data dell'offerta soggetti a tutte le condizioni contrattuali.

8. OPERE DI ASSISTENZA AGLI IMPIANTI

Le opere e gli oneri dell'Appaltatore di assistenza di tutti gli impianti, comprendono le seguenti prestazioni:

- Scarico dagli automezzi, collocazione in loco compreso il tiro in alto ai vari piani e sistemazione in magazzino di tutti i materiali pertinenti agli impianti
- Apertura e chiusura di tracce (fondo grezzo realizzato in calcestruzzo tale da garantire uno spessore massimo per il ripristino al fino di 2 mm), predisposizione e formazione di fori ed asole su murature e strutture di calcestruzzo armato (eventuali interventi su strutture portanti dovranno essere preventivamente concordate ed autorizzate dalla DL).
- Muratura di scatole, cassette, sportelli ecc.
- Chiusura di tracce/fori/scatole derivate dalla demolizione di impianti esistenti
- Fori passanti e fori per ricavo di nicchie e sottopassi su qualsiasi tipo di muratura (mattoni, sasso, cartongesso, cls, legno, etc.) e/o pavimentazione e/o solai, compreso eventuale taglio di reti metalliche
- Smantellamento/spostamento/taglio/demolizione di controsoffitti a pannelli e/o doghe
- Finiture a mano
- Stuccature
- Opere murarie particolari, rese necessarie per la posa delle tubazioni e/o cassette su pareti e/o pavimenti durante l'esecuzione delle stesse, come pure per la predisposizione dei locali, dei passaggi, e di quanto altro necessario per il successivo posizionamento delle macchine e/o attrezzature specifiche, previste per il completamento degli impianti e/o di fornitura di terzi e/o dell'amministrazione appaltante
- Fissaggio di apparecchiature in genere ai relativi basamenti e supporti
- Formazione di basamenti di calcestruzzo o muratura e, ove richiesto, la interposizione di strato isolante, baggioli, ancoraggi di fondazione e nicchie
- Manovalanza e mezzi d'opera in aiuto ai montatori per la movimentazione inerente alla posa in opera di quei materiali che per il loro peso e/o volume esigono tali prestazioni
- I materiali di consumo ed i mezzi d'opera occorrenti per le prestazioni di cui sopra
- Il trasporto alla discarica dei materiali di risulta delle lavorazioni
- Scavi e rinterri relativi a tubazioni o apparecchiature poste interrate
- Ponteggi ed apprestamenti di servizio e/o di sicurezza interni ed esterni
- Ripristino di compartimentazioni con chiusura di fori di passaggio, di canalizzazioni e/o tubazioni, mediante specifici prodotti quali malte, sacchetti tagliafiamma, "gate" componibili, etc.

9. ACCETTAZIONE DEI MATERIALI E DELLE TIPOLOGIE ESECUTIVE

I materiali e i componenti devono essere della migliore qualità e devono corrispondere alle prescrizioni del presente capitolato speciale e dell'insieme degli altri elaborati progettuali, ferma restando

l'osservanza delle norme di legge, del CEI, dell'UNI e delle tabelle UNEL o normative europee equivalenti.

Qualora nel corso dei lavori la normativa tecnica fosse oggetto di revisione, l'Impresa è tenuta a darne immediato avviso alla DL e a concordare quindi le eventuali modifiche per l'adeguamento degli impianti alle nuove prescrizioni.

Tutti i componenti dovranno essere provvisti di marcatura CE.

Inoltre:

- Tutti gli apparecchi e gli apparati dovranno riportare i dati di targa ed eventuali indicazioni utilizzando la simbologia CEI e la lingua italiana; in ogni caso le apparecchiature dovranno essere completate in modo tale che il loro uso, oltre che a norma, risulti il più semplice possibile.
- I componenti realizzati in materiali plastico o fibre sintetiche devono essere sufficientemente robusti e non devono, nel tempo, cambiare l'aspetto superficiale o deformarsi per qualsiasi causa;
- per gli accessori (cerniere, perni, moschettoni o viterie) esterne, o comunque soggetti ad usura per operazioni di manutenzione, è prescritto l'impiego di acciaio inossidabile;
- l'accoppiamento di diversi materiali o di questi con i relativi trattamenti protettivi, non deve dar luogo a inconvenienti causati da coppie elettrolitiche o da differenti coefficienti di dilatazione;
- Le apparecchiature elettroniche o elettromeccaniche di controllo, gli interruttori automatici scatolati e/o modulari dovranno essere prodotti da primarie aziende presenti sul mercato Italiano

la realizzazione costruttiva degli impianti elettrici dovrà consentirne una facile manutenzione.

Si vieta all'Impresa di eseguire un'opera senza aver precedentemente consegnato alla DL la documentazione del progetto costruttivo ed ottenuto la relativa approvazione formale.

Tutti i materiali ed i componenti dopo il loro arrivo in cantiere o comunque prima della relativa contabilizzazione dovranno essere approvati dalla DL/SA.

A tale fine, alla Direzione dei Lavori dovrà essere esibita la documentazione necessaria a comprovare la provenienza delle apparecchiature che si intende installare, quali:

- caratteristiche costruttive;
- dati tecnici apparecchiature e materiali;
- caratteristiche tecniche apparecchiature e materiali;
- caratteristiche funzionali di tutti i componenti, con incluse le indicazioni di provenienza, la tipologia ed il modello;
- conformità alla normativa vigente;
- eventuali scostamenti con quanto riportato sulle Specifiche Tecniche;
- la reperibilità commerciale delle parti di ricambio per almeno 8 anni dopo il collaudo definitivo di messa in servizio.

Tutti i componenti saranno rilevabili da grafici costruttivi.

La Direzione Lavori, dopo l'accettazione dell'Ente Appaltante, darà conferma d'accettazione attraverso Ordine di Servizio. L'accettazione dei materiali e dei componenti, da parte della DL, è definitiva solo dopo la loro posa in opera

Il Direttore dei lavori può rifiutare in qualunque tempo i materiali e i componenti deperiti dopo la introduzione in cantiere, o che per qualsiasi causa non fossero conformi alle caratteristiche tecniche risultanti dai documenti allegati al contratto; in questo ultimo caso l'appaltatore deve rimuoverli dal cantiere e sostituirli con altri a sue spese.

Ove l'appaltatore non effettui la rimozione nel termine prescritto dal Direttore dei lavori, la stazione appaltante può provvedervi direttamente a spese dell'appaltatore, a carico del quale resta anche qualsiasi onere o danno che possa derivargli per effetto della rimozione eseguita d'ufficio.

Anche dopo l'accettazione e la posa in opera dei materiali e dei componenti da parte dell'appaltatore, restano fermi i diritti e i poteri della stazione appaltante in sede di collaudo.

L'appaltatore che nel proprio interesse o di sua iniziativa abbia impiegato materiali o componenti di caratteristiche superiori a quelle prescritte nei documenti contrattuali, o eseguito una lavorazione più accurata, non ha diritto ad aumento dei prezzi e la contabilità è redatta come se i materiali avessero le caratteristiche stabilite.

Nel caso sia stato autorizzato per ragioni di necessità o convenienza da parte del direttore dei lavori l'impiego di materiali o componenti aventi qualche carenza nelle dimensioni, nella consistenza o nella qualità, ovvero sia stata autorizzata una lavorazione di minor pregio, viene applicata una adeguata riduzione del prezzo in sede di contabilizzazione, sempre che l'opera sia accettabile senza pregiudizio e salve le determinazioni definitive dell'organo di collaudo.

Gli accertamenti di laboratorio e le verifiche tecniche obbligatorie, ovvero specificamente previsti dal capitolato speciale d'appalto, sono disposti dalla direzione dei lavori o dall'organo di collaudo, imputando la spesa a carico delle somme a disposizione accantonate a tale titolo nel quadro economico. Per le stesse prove la direzione dei lavori provvede al prelievo del relativo campione ed alla redazione di apposito verbale di prelievo; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali riporta espresso riferimento a tale verbale.

9.1. GESTIONE DEI MATERIALI DI FORNITURA DELLA SOCIETÀ

Alcuni dei materiali necessari alla realizzazione dell'impianto oggetto del presente Capitolato Speciale d'Appalto, potranno essere forniti dalla Società.

La consegna dei materiali di fornitura della Società potrà avvenire indifferentemente secondo le seguenti modalità:

- presso il Magazzino Sociale di Via Airenti 232, in Imperia, dalle ore 14 alle ore 16.30 dei giorni feriali (Sabato escluso); l'Impresa dovrà avvisare per tempo la Società per garantire la presenza del personale addetto in magazzino;
- direttamente presso i cantieri o depositi autostradali lungo la tratta di competenza, secondo le indicazioni della Direzione Lavori che saranno fornite all'Impresa nel corso dei lavori;
- presso le sedi dei distributori nazionali (di norma per quanto concerne i cavi);

Eventuali oneri derivanti da ritardi di ritiro dei materiali presso i distributori nazionali, da imputarsi all'Impresa, sono da intendersi a completo carico della stessa.

Sono a carico dell'Impresa tutte le spese di gestione, trasporto e movimentazione dei materiali.

L'Impresa è tenuta a sottoscrivere all'atto della presa in carico dei materiali forniti dalla Società un verbale di accettazione dei medesimi.

L'Impresa dovrà aver cura dell'ottimizzazione dei materiali consegnatigli garantendo uno sfrido massimo del 2% (due %). In caso di superamento si procederà all'addebito della quota eccedente sulla base delle fatture d'acquisto che la Società presenterà a supporto.

Tutte le tipologie di cavo da impiegarsi verranno fornite in opportune pezzature su bobina di legno. Sarà a cura dell'Impresa la gestione e lo smaltimento degli eventuali sfridi secondo le indicazioni della Direzione Lavori così come la riconsegna delle bobine scariche presso le sedi dei distributori nazionali.

Al termine dei lavori l'Impresa restituirà inoltre alla Società, riconsegnandoli al Magazzino Sociale o in altro luogo indicato dalla Direzione Lavori, tutti i materiali di fornitura della stessa, che risultassero in eccesso, rotti o difettosi. I materiali dovranno essere depositati secondo le modalità, di volta in volta, indicate dalla Direzione Lavori.

Tutti gli oneri derivanti dalla movimentazione e dal trasporto dei materiali di cui sopra saranno a carico dell'Impresa.

9.2. CAMPIONI DI MATERIALI E DI TIPOLOGIE ESECUTIVE

Costituisce onere della Ditta presentare, su richiesta della DL o già in sede di gara (se prescritto nel relativo bando), i modelli campione relativi alle principali apparecchiature ritenute significative. Il campione andrà depositato con le modalità e nei luoghi che saranno indicati in corso d'opera.

Ciascun campione dovrà essere dotato di apposita etichetta sulla quale sarà specificato il nome della Ditta ed il codice di EPU al quale il campione corrisponde.

A corredo del campione la Ditta dovrà inoltre fornire i relativi cataloghi e specifiche tecniche, dalle quali risultino chiaramente tutte le caratteristiche tecniche, prestazionali e dimensionali dello stesso.

9.3. MARCHE DI RIFERIMENTO

Nel seguito sono riportate le marche di riferimento (ed eventualmente il modello) relative ai componenti principali previsti nell'intervento. Ad essi si è fatto riferimento nella redazione del presente progetto in quanto ritenuti in grado di soddisfare sia alle prescrizioni tecniche-funzionali sia alle esigenze del Committente. La Ditta potrà (o dovrà se richiesto dai documenti di gara) indicare le marche che intende scegliere già in sede di offerta.

Resta comunque inteso che la Ditta, in fase esecutiva, può proporre modelli di marche diverse da quelle qui elencate. In tal caso essi saranno però soggetti all'approvazione della DL che potrà accettarle o rifiutarle qualora non le ritenga, a suo giudizio insindacabile, di caratteristiche adeguate.

Componenti principali	Marca e/o Modello di riferimento
Quadri BT	ABB, SCHNEIDER, SIEMENS
Apparecchiature di tipo modulare	ABB, SCHNEIDER, SIEMENS
Cavi bt	a marchio IMQ o equivalente e marchiati CE - CPR
Tubazioni in PVC / PE / INOX	a marchio IMQ o equivalente
Cassette di derivazione	PALAZZOLI, MARECHAL ELECTRIC
Ventilatori	SYSTEM AIR / CBI / WOODS
Serrande	SYSTEM AIR / FCR

9.4. SISTEMA DI GARANZIA DELLA QUALITÀ

Le apparecchiature oggetto di questa specifica dovranno essere costruite applicando un sistema di qualità conforme alle norme UNI EN 9001.

Il Costruttore di ciascuna apparecchiatura dovrà presentare, tramite l'Appaltatore, la certificazione del proprio Sistema Qualità emessa da un Ente riconosciuto.

Su richiesta del Committente, o di suo rappresentante, dovrà essere consultabile il Manuale della Qualità aziendale.

Il Committente si riserva la facoltà di accedere direttamente, o con proprio rappresentante, alle officine del Costruttore in qualsiasi momento del processo di fornitura.

9.5. ELENCO PRINCIPALI SUBFORNITORI

Presso il Costruttore dovrà essere consultabile l'elenco dei principali subfornitori dei materiali utilizzati nella costruzione dell'apparecchiatura.

In particolari casi, dettagliati nel progetto o in sede di approvazione materiali, tale elenco dovrà essere consegnato al Committente o ad un suo rappresentante.

9.6. GARANZIA

Salvo quanto disposto dall'articolo 1669 del codice civile, l'Appaltatore risponde per la difformità ed i vizi dell'opera, ancorché riconoscibili, purché denunciati al Cliente prima che il certificato di collaudo, trascorsi due anni dalla sua emissione, assuma carattere definitivo.

Dovrà essere garantita la buona qualità e costruzione dei materiali; si dovranno sostituire o riparare durante il periodo sopraccitato gratuitamente nel più breve tempo possibile quelle parti che per cattiva qualità di materiale, per difetto di lavorazione o per imperfetto montaggio in officina fossero difettose.

Qualsiasi intervento manutentivo straordinario dovrà essere eseguito presso le officine del costruttore oppure sul luogo di installazione da personale dell'azienda costruttrice o da questa delegato per iscritto.

In caso di contestazione, l'onere della dimostrazione dell'assenza di difetti ricade sull'Appaltatore, che potrà a sua volta rivalersi sul Costruttore.

10. VERIFICHE E PROVE

Per ciascuna certificazione di verifica e prova dovranno essere indicati almeno:

- Data e ora
- Operatore/i (con relativa qualifica)
- Condizioni ambientali
- Procedura utilizzata
- Norma tecnica di riferimento
- Strumentazione impiegata (con copia del certificato di taratura)
- Valori misurati (con relativa incertezza)
- Eventuali valori limite ammessi
- Ogni altra indicazione utile (ad esempio una planimetria schematica rappresentativa, rapporti di primo avviamento rilasciati dai costruttori etc...)

10.1. PROVE DI TIPO, DI ACCETTAZIONE E RELATIVE CERTIFICAZIONI

Le apparecchiature elencate nel presente Capitolato dovranno essere sottoposte alle prove di tipo richieste dalla normativa di prodotto.

All'atto della presentazione dei materiali per approvazione, e in ogni caso prima dell'approvazione stessa, l'Appaltatore dovrà dare evidenza dell'avvenuta esecuzione, da parte del Costruttore, delle suddette prove di tipo o speciali su apparecchiature aventi caratteristiche analoghe a quelle oggetto della fornitura.

La ripetizione di alcune di queste prove di tipo sulle apparecchiature in fornitura potrà essere richiesta in opzione e sarà oggetto di accordo specifico con l'Appaltatore.

A titolo d'esempio, sono indicate alcune delle operazioni da eseguire senza con questo escludere l'obbligo della Ditta installatrice di effettuarne altre che si rendessero necessarie.

10.1.1. Trasformatori con isolamento in resina

I trasformatori dovranno essere sottoposti, presso il laboratorio del costruttore, e a sua cura e spese, alle prove di accettazione e di collaudo previste dalle norme CEI / IEC applicabili con emissione di un certificato di collaudo.

La data del collaudo deve essere comunicata almeno 10 giorni prima dell'effettuazione e le prove, su richieste le prove saranno eseguite alla presenza del Committente, o di suo rappresentante, e/o della DL.

Le prove di accettazione saranno eseguite su tutti i trasformatori oggetto della fornitura alla fine della loro costruzione; in particolare dovranno essere eseguite:

- Misura della resistenza degli avvolgimenti
- Verifica del rapporto di trasformazione e controllo della polarità e dei collegamenti
- Misura della tensione di cortocircuito (presa principale) e delle perdite dovute al carico
- Misura delle perdite nel ferro e della corrente a vuoto
- Prove d'isolamento con tensione applicata
- Prove d'isolamento con tensione indotta
- Misura delle scariche parziali
- Misura del livello di rumore (a vuoto e con sistema di raffreddamento inserito)

Per i trasformatori in resina, dovrà essere effettuata anche la misura della temperatura di transizione vetrosa, effettuata con calorimetro differenziale sulla miscela utilizzata per l'inglobamento.

Dovrà inoltre essere data evidenza delle prove eseguite sugli accessori eventualmente presenti sul trasformatore.

Inoltre saranno eseguite le seguenti verifiche:

- Presenza di eventuali danneggiamenti meccanici o inizio di processi di corrosione della struttura e degli accessori
- Targa generale della macchina e verifica della sua congruenza delle diciture con i documenti di progetto
- Messa a terra della carpenteria
- Corretta esecuzione dal punto di vista elettrico e meccanico dei collegamenti terminali e del collegamento a terra del centro stella del trasformatore
- Prove funzionali della centralina termometrica e degli eventuali ventilatori tangenziali
- Rispondenza delle fasi
- Presenza di polvere o altri materiali estranei all'interno del box trasformatore
- Taratura dei relè di protezione in base ai documenti di progetto
- Rapporti e prestazioni di eventuali riduttori di misura
- Serraggio delle bullonature e delle derivazioni
- Meccanismi di inserzione ed estrazione dei complessi estraibili e di tutti i relativi sistemi di blocco sia meccanici sia a chiave verificando contemporaneamente lo stato della eventuale lubrificazione e l'allineamento delle relative pinze di contatto

10.1.2. Cavi MT

Le prove di tipo saranno quelle segnalate nella Norma CEI 20-13, tra cui si segnalano:

- Controlli dimensionali
- Prove di piegatura
- Prove di durata
- Prove ad impulso
- Prove di resistenza all'umidità

10.1.3. Cavi BT

Dovranno essere realizzate le prove di tipo richieste dalle normative di riferimento per i cavi BT, quali ad esempio:

- CEI 20-22 Metodi di prova comuni per cavi in condizione d'incendio

- CEI 20-35/1-2: Prove su cavi elettrici e ottici in condizioni d'incendio Parte 1-2: Prova per la propagazione verticale della fiamma su un singolo conduttore o cavo isolato

Nel caso di cavi bt con caratteristiche di resistenza al fuoco, sono da prevedere prove secondo le norme:

- IEC 60331 “Tests for electric cables under fire conditions - Circuit integrity”.
- EN 50200 – Method of test for resistance to fire of unprotected small cables for use in emergency circuits
- EN 50362 - Method of test for resistance to fire of larger unprotected power and control cables for use in emergency circuits

Inoltre, nel caso di cavi CPR in rapporto alla necessaria marchiatura CE e della definizione della classe di reazione al fuoco (con relativi Eurocodici) sono da prevedere alcune delle seguenti prove:

- EN 50399 Metodi di prova comuni per cavi in condizioni di incendio – Misura dell'emissione di calore e produzione di fumi sui cavi durante la prova di sviluppo di fiamma - Apparecchiatura di prova, procedure e risultati
- EN 60332-1-2 Prove su cavi elettrici e ottici in condizioni d'incendio – Parte 1-2: Prova per la propagazione verticale della fiamma su un singolo conduttore o cavo isolato - Procedura per la fiamma di 1 kW premiscelata (Parametri CPR: s1 /s2 /s3) e (Parametri CPR: d0 /d1 /d2)
- EN 61034-2 Misura della densità del fumo emesso dai cavi che bruciano in condizioni definite - Parte 2: Procedura di prova e prescrizioni. (Parametri CPR: s1a /s1b)
- EN 60754-2 Prova sui gas emessi durante la combustione di materiali prelevati dai cavi - Parte 2: Determinazione dell'acidità (mediante la misura del pH) e della conduttività (Parametri CPR: a1 /a2 /a3)

10.1.4. Canalizzazioni

Dovranno essere realizzate le prove di tipo richieste dalle normative di riferimento per i canali, quali ad esempio:

- Verifiche del package delle canalette porta-cavi, mensole, profili e piastre di sostegno
- Test di carico canalizzazioni - conformemente alla norma CEI EN 61537 Ed. 2.
- Test di carico sistemi di supporto - conformemente alla norma CEI EN 61537 Ed. 2.
- Verifica ancoraggi

10.2. VERIFICHE E PROVE PRELIMINARI

Esse consistono in prove e verifiche eseguite dalla DL in contraddittorio con la Ditta. Esse saranno effettuate durante l'esecuzione dei lavori in cantiere, in officina o eventualmente presso laboratori universitari o appartenenti al sistema SIL.

In particolare saranno oggetto di prove di accettazione in officina (del costruttore o della Ditta) o presso laboratori certificati componenti di impianto “prefabbricati” quali quadri elettrici, trasformatori, gruppi di continuità, gruppi elettrogeni, apparecchi illuminanti, cavi, canalizzazioni, ecc... . Lo scopo delle prove consiste nel verificare che le apparecchiature corrispondano alle prescrizioni tecniche di progetto e/o di contratto.

In cantiere saranno in particolare eseguite le verifiche prescritte dalla normativa tecnica (vedi ad esempio CEI 64-8, CEI 64-14, CEI 99-2, CEI 99-3) relativamente agli impianti completi o a parte di essi. Tali verifiche dovranno accertare la rispondenza degli impianti alle disposizioni di legge ed alla normativa tecnica sia per quanto concerne gli aspetti costruttivi dei materiali sia per le loro modalità di installazione. L'Appaltatore deve mettere a disposizione della DL sia il personale sia le apparecchiature necessarie per lo svolgimento delle prove.

Gli oneri sono inclusi nei prezzi unitari delle singole apparecchiature.

Relativamente a ciascuna prova ed ai relativi risultati l'Appaltatore dovrà compilare regolare verbale su appositi moduli da sottoporre a preventiva approvazione.

La direzione dei lavori o l'organo di collaudo possono disporre ulteriori prove ed analisi ancorché non prescritte dal presente capitolato speciale d'appalto ma ritenute comunque necessarie per stabilire l'idoneità dei materiali o dei componenti. Le relative spese sono poste a carico dell'appaltatore.

Il Direttore dei Lavori, qualora riscontri dalle prove preliminari imperfezioni di qualsiasi genere relative ai materiali impiegati od all'esecuzione, prescriverà con appositi ordini di servizio i lavori che l'impresa dovrà eseguire per mettere gli impianti nelle condizioni contrattuali e il tempo concesso per la loro attuazione; soltanto dopo aver accertato con successive verifiche e prove che gli impianti corrispondono in ogni loro parte a tali condizioni, redigerà il certificato di ultimazione dei lavori facendo esplicita dichiarazione che da parte dell'Appaltatore sono state eseguite tutte le modifiche richieste a seguito delle prove preliminari.

Resta inteso che nonostante l'esito favorevole di esse l'Appaltatore rimane responsabile delle deficienze di qualunque natura e origine, che abbiano a riscontrarsi fino alla scadenza dei termini di garanzia.

Le prove che comportino la messa in tensione degli impianti saranno effettuate solo dopo il positivo esito dei controlli preliminari da eseguirsi su tutte le parti di impianto e dopo che siano stati messi in atto tutti gli accorgimenti per garantire la sicurezza di persone e cose.

In caso d'installazione di apparecchiature specifiche (trasformatori, UPS, gruppi elettrogeni, gruppi termici gruppi frigo UTA, ...) la DL lavori si riserva la facoltà di scegliere le prove da effettuare alla presenza di tecnici della Ditta e dell'azienda produttrice del macchinario. Tali prove, qualora richiedano strumentazione e modalità di verifica specifica, saranno eventualmente eseguite presso l'officina del fornitore

A titolo d'esempio, sono indicate alcune delle operazioni da eseguire senza con questo escludere l'obbligo della Ditta installatrice di effettuarne altre che si rendessero necessarie.

10.2.1. Impianti elettrici

Dovranno essere di norma effettuati i seguenti controlli sugli impianti eseguiti:

- Esame a vista comprendente:
 - Verifica qualitativa e quantitativa di conformità con i documenti di progetto ed eventuali varianti
 - Verifica dell'idoneità dei componenti all'ambiente di installazione
 - Verifica dell'esistenza di adeguate protezioni contro i contatti diretti
 - Verifica in merito ai codici colori utilizzati nei conduttori e loro connessioni
 - Verifica della marcatura, della etichettatura e delle targhe delle apparecchiature
 - Verifica della cartellonistica
- Misura della resistenza di isolamento
- Misura della variazione di tensione da vuoto a carico
- Verifica delle continuità dei conduttori di protezione ed equipotenziali
- Misura della resistenza di terra
- Misura dell'impedenza dell'anello di guasto
- Verifica della sfilabilità dei conduttori
- Controllo del coordinamento e dell'intervento delle protezioni
- Verifica della protezione contro i contatti indiretti mediante interruzione automatica dell'alimentazione
- Prova d'intervento degli interruttori differenziali
- Prova del senso ciclico delle fasi e di polarità
- Controllo dello squilibrio fra le correnti di fase

- Prove funzionali di tutti i componenti dell'impianto ed in particolare per quanto riguarda comandi e sezionamenti di emergenza
- Prove funzionali di tutti i componenti principali (CPS, UPS, gruppi elettrogeni, soccorritori, ecc.)
- Misure di illuminamento secondo le prescrizioni di legge
- Verifiche funzionali degli impianti speciali
- Prove di estrazione dei tasselli di fissaggio degli impianti delle canalizzazioni alla muratura
- Prove di estrazione dei tasselli di fissaggio degli impianti (es. TVcc) alla muratura.

10.2.2. Quadri BT e condotti sbarre

Salvo quanto indicato in documenti specifici, sui quadri elettrici saranno eseguiti i seguenti controlli:

- Presenza di eventuali danneggiamenti meccanici o inizio di processi di corrosione della struttura e degli accessori
- Targa generale del quadro o del condotto sbarre
- Targhettatura dei pannelli di alimentazione e dei servizi, congruenza delle diciture con i documenti di progetto
- Messa a terra del quadro
- Continuità della barra di terra interna al quadro, serraggio dei bulloni relativi, connessioni alla barra di terra, collegamenti di parti fisse e mobili
- Messa a terra dei secondari dei riduttori di misura e dei trasformatori ausiliari (se previsto)
- Messa a terra delle armature e degli schermi di tutti i cavi collegati al quadro
- Corretta esecuzione del collegamento a terra del neutro del trasformatore di alimentazione e della barra di terra del quadro
- Funzionamento dell'eventuale impianto riscaldamento anticondensa, dei relativi organi di protezione e comando e dell'eventuale impianto di illuminazione degli scomparti
- Impianto alimentazione e distribuzione tensioni per servizi ausiliari di comando, controllo e relativi organi di protezione
- Rispondenza delle fasi
- Presenza di polvere o altri materiali estranei all'interno del quadro
- Taratura dei relè di protezione in base ai documenti di progetto
- Rapporti e prestazioni di eventuali riduttori di misura
- Serraggio delle bullonature e delle derivazioni
- Meccanismi di inserzione ed estrazione dei complessi estraibili e di tutti i relativi sistemi di blocco, sia meccanici sia a chiave, verificando contemporaneamente lo stato della eventuale lubrificazione e l'allineamento delle relative pinze di contatto
- Tenuta degli sportelli di chiusura in accordo con il grado di protezione richiesto
- Polarità delle connessioni dei secondari dei riduttori, nel caso di collegamento a relè di protezione o misura il cui funzionamento sia legato ad un corretto collegamento delle fasi
- Collegamenti dei cavi di potenza e di comando dal punto di vista elettrico e meccanico, terminazioni ed ancoraggi, contrassegni, qualità e serraggio dei capicorda
- Etichettatura di tutti i componenti dei circuiti interni ed esterni al quadro
- Stato delle connessioni e delle terminazioni dei cavi presso tutti gli organi di comando e supervisione esterni al quadro

Inoltre saranno eseguiti i seguenti collaudi:

- Misura della resistenza di isolamento della/e linea/e di alimentazione al quadro e dei relativi cavi ausiliari

- Misura della resistenza di isolamento delle barre, inclusa quella del neutro
- Misura della resistenza di isolamento di tutti i circuiti ausiliari
- Misura della resistenza di isolamento degli interruttori di alimentazione
- Prova in bianco di tutti i circuiti di comando e segnalazione
- Prova dei circuiti di protezione, simulando i relativi interventi
- Controllo del funzionamento (applicando tensione e rilevando i relativi tempi di intervento) di tutti gli eventuali relè a tempo, effettuandone la taratura
- Controllo della rispondenza della sequenza delle fasi nei quadri a sistemi di barre multipli
- Controllo dell'efficienza di tutti i sistemi di segnalazione e misura entrati in servizio

10.2.3. Trasformatori

I controlli da effettuare sui trasformatori saranno almeno i seguenti:

- Verifica della corretta effettuazione di collegamenti MT e bt
- Verifica del corretto collegamento della centralina termometrica
- Verifica del corretto posizionamento, con alimentazione della macchina per verificare l'eventuale presenza di vibrazioni
- Verifica della eventuale presenza di danneggiamenti meccanici dovuti al trasporto e alla posa
- Verifica della correttezza dei collegamenti a terra di masse e neutro (se richiesto)
- Verifica della visibilità della targa a trasformatore in tensione
- Prove funzionali della centralina termometrica e degli eventuali ventilatori tangenziali
- Verifica del serraggio delle bullonature e delle derivazioni

10.2.4. Relè di protezione

I controlli da effettuare sui relè di protezione saranno almeno i seguenti:

- Verifica della corretta alimentazione dei relè
- Verifica del corretto collegamento di TA e TV
- Verifica del corretto collegamento di eventuale fili pilota
- Verifica del passaggio corretto degli schermi dei cavi MT all'interno dei toroidi
- Verifica della congruità delle impostazioni con i valori segnalati a progetto
- Verifica della corretta impostazione dei relè di uscita e della coerenza con i collegamenti (bobine di apertura connesse in serie ai relè impostati)
- Prove di iniezione secondaria di corrente e tensione

10.2.5. Cavi elettrici di MT

Le prove di accettazione, da eseguirsi sulle pezzature in accordo alle Norme CEI 20-13, sono le seguenti:

- Misura della resistenza elettrica dei conduttori e degli schermi
- Prove di tensione
- Misura della resistenza di isolamento
- Misura dell'angolo di perdita del dielettrico in funzione della tensione
- Misura delle scariche parziali

Le risultanze di tali misure dovranno essere fornite nel certificato di collaudo. Il Committente si riserva il diritto di assistere a tali prove.

Dopo la posa saranno invece da effettuare le prove di tensione in corrente continua per la verifica della tenuta di giunti e terminazioni.

La prova sarà eseguita in ottemperanza a quanto indicato nella Norma CEI 11-17, ovvero applicando una tensione continua di valore pari a $4U_0$ (cavi con isolante estruso) per 15 minuti tra ciascun conduttore e gli altri collegati all'eventuale schermo o rivestimento metallico e a terra.

La prova potrà essere alternativamente eseguita con l'applicazione di una tensione $3U_0$ alla frequenza di 0,1 Hz applicata tra conduttore e schermo metallico per la durata di 15 minuti.

10.2.6. Cavi elettrici di BT

Per i cavi di BT si prevede l'esecuzione di opportune prove di sfilabilità, prendendo in esame un tratto di tubo compreso tra due cassette successive ed estraendo un cavo in esso contenuto. Si controlla quindi che il cavo si sia potuto estrarre con facilità e che, ad estrazione avvenuta, non si siano prodotti danni al rivestimento protettivo. Per la prova saranno scelti tratti non rettilinei.

Sarà inoltre eseguita la verifica della resistenza di isolamento per i vari circuiti dell'impianto. Tali prove saranno effettuate con tensione di circa 250 V, per verifiche su parti di impianto con tensione nominale inferiore o uguale a 50 V, e con tensione di circa 500 V su parti di impianto con tensione nominale fino a 500 V.

Le verifiche della resistenza di isolamento andranno effettuate:

- Fra conduttori appartenenti a fasi o polarità diverse
- Fra ogni conduttore di fase e la terra
- Per tutte le parti di impianto comprese fra due organi di sezionamento successivi, e per quelle poste a valle dell'ultimo organo di sezionamento

10.2.7. Impianti di illuminazione

Salvo quanto indicato in documenti specifici, saranno eseguiti i seguenti controlli:

- Corretta installazione su ogni apparecchiatura degli organi di serraggio di coperchi e chiusure e degli organi di ancoraggio e/o sospensione
- Presenza di eventuali danneggiamenti meccanici o inizio di processi di corrosione
- Qualità delle connessioni elettriche dal punto di vista meccanico ed elettrico.
- Corretta connessione a terra delle apparecchiature
- Perfetto bloccaggio delle connessioni agli apparecchi attuate con presa/spina
- Corretta contrassegnatura dei conduttori
- Corretta siglatura degli apparecchi illuminanti di sicurezza e di segnaletica
- Verifica negli organi di comando unipolari che l'interruzione sia operata sul conduttore di fase
- Taratura degli organi di protezione di ogni circuito in base ai documenti di progetto

Inoltre verranno eseguiti i seguenti collaudi:

- Prova in bianco di tutti i circuiti di comando ed ausiliari sia locali sia remoti
- Misura del valore della tensione disponibile ai morsetti della lampada più lontana in concomitanza con il valore della tensione di rete
- Controllo nei sistemi di distribuzione polifasi, dell'equilibrio dei carichi sulle fasi a piena potenza ed eventuale correzione in caso di squilibri
- Misura di illuminamento, del fattore di contrasto nei punti caratteristici dei diversi ambienti; le prove saranno eseguite in ore notturne con luxmetro certificato, a circa 0,85 m di altezza (o sul piano di lavoro/compito) in un punto baricentrico e significativo delle aree analizzate, possibilmente non influenzato da altre sorgenti luminose

- Misura di luminanza nelle strade, dell'uniformità e del TI; le prove saranno eseguite in ore notturne con luminanzometro e luxmetro certificato, secondo le indicazioni della norma UNI EN 13201-4

10.2.8. Impianti di terra e di protezione contro i fulmini

Salvo quanto indicato in documenti specifici, saranno eseguiti i seguenti controlli:

- Corretto collegamento a terra di tutte le masse e masse estranee
- Qualità delle giunzioni o derivazioni dei conduttori di terra
- Qualità delle giunzioni e degli ancoraggi della maglia di captazione e delle calate
- Serraggio della bulloneria in generale
- Presenza di eventuali danneggiamenti meccanici o inizio di eventuali processi di ossidazione
- Uscite dal terreno dei conduttori di terra
- Corretta esecuzione delle protezioni e delle miscele e/o trattamenti anticorrosivi adottati

Inoltre verranno eseguiti i seguenti collaudi:

- Misura, in almeno tre punti, della resistenza di terra dell'intero sistema di terra completamente connesso da eseguire prima di mettere sotto tensione gli impianti

10.3. AVVIAMENTO E MESSA A PUNTO DEGLI IMPIANTI

A lavori ultimati avrà inizio un periodo di messa in esercizio e regolazione degli impianti, di durata non inferiore al 10% del tempo previsto per l'ultimazione dei lavori, durante il quale l'Appaltatore dovrà provvedere ad effettuare tutte le operazioni di messa a punto delle installazioni. Durante tali prove gli impianti saranno gestiti dal personale dell'Appaltatore che dovrà assicurare la necessaria manutenzione, la pulizia e la sostituzione dei materiali e prodotti di consumo. Nello stesso periodo, per richiesta della Committente, il personale dell'Appaltatore potrà essere affiancato da personale della Committente che dovrà essere istruito alla gestione degli impianti dall'Appaltatore.

Al termine del periodo sopra descritto, su notifica dell'Appaltatore, la Committente predisporrà, nei termini del programma generale, il collaudo provvisorio; esso potrà essere effettuato soltanto se gli impianti saranno ultimati e, a giudizio della DL, in condizioni tali da consentire una completa valutazione delle installazioni.

E' a carico della Ditta installatrice la messa a punto di tutte le apparecchiature di regolazione automatica e di eventuali software di gestione degli impianti, in modo da consegnarle perfettamente funzionanti e rispondenti alle funzioni cui esse sono destinate.

La messa a punto dovrà essere eseguita, prima del collaudo provvisorio da personale specializzato, inviato dalla casa costruttrice della strumentazione, rimanendo però la Ditta installatrice unica responsabile di fronte alla Committente.

Per le operazioni di taratura dovrà essere redatto un verbale: la mancanza di detto verbale comporterà, di fatto, il mancato svincolo della trattenuta di garanzia operata nel corso dei lavori.

In particolare, a fine lavori, la Ditta dovrà consegnare una raccolta con la descrizione dettagliata di tutte le apparecchiature di regolazione, gli schemi funzionali, le istruzioni per la messa a punto e la taratura.

Gli oneri per la messa a punto e taratura dell'impianto di regolazione e per la predisposizione degli schemi e istruzioni s'intendono compresi nei prezzi contrattuali e per questi, non potrà essere richiesto nessun maggior costo.

Si precisa che le indicazioni riguardanti la regolazione fornite dalla Committente possono anche non comprendere tutti i componenti necessari alla realizzazione della regolazione automatica, ma resta però inteso che la Ditta esecutrice, nel rispetto della logica e funzionalità richiesta, deve comprendere nel prezzo della propria offerta e della propria fornitura tutti i componenti, anche se non esplicitamente indicati negli schemi e tavole di progetto, necessari per fornire completa e perfettamente funzionante la regolazione automatica.

Tutte le apparecchiature di regolazione si intendono fornite in opera, e complete, dei collegamenti elettrici necessari al loro funzionamento.

10.4. VERIFICHE E PROVE FINALI

Al termine dei lavori, come tale determinato dalla DL, l'Appaltatore richiederà che sia dato atto dell'avvenuta ultimazione delle opere appaltate; entro trenta giorni naturali da questa data il Direttore dei Lavori procederà, in contraddittorio con l'Appaltatore, alle verifiche e prove finali delle opere compiute. Tali verifiche sono intese ad accertare la corrispondenza delle opere eseguite a tutte le condizioni contrattuali ed il rispetto delle prescrizioni impartite in seguito all'esito delle prove preliminari.

I risultati delle verifiche saranno verbalizzati e saranno evidenziati eventuali difetti di costruzione che l'Appaltatore sarà tenuto ad eliminare entro un termine da lui ritenuto adeguato.

In sede di verifiche e prove finali, l'Appaltatore dovrà presentare tutta la documentazione tecnica aggiornata al "come costruito", nonché le attestazioni delle avvenute denunce e/o collaudi da parte degli enti aventi giurisdizione.

Il favorevole esito delle verifiche e prove finali costituirà soltanto la prova della generica buona esecuzione o del generico funzionamento e non quella del raggiungimento delle garanzie prescritte dal Capitolato, né della perfetta esecuzione e/o del regolare ed ineccepibile funzionamento.

Se i risultati saranno positivi, salvo aspetti di dettaglio secondari e non funzionali, verrà rilasciato il certificato di ultimazione dei lavori nel quale, eventualmente, si potranno prescrivere piccole lavorazioni ancora mancanti definendone anche i tempi di effettuazione.

Le verifiche finali si possono suddividere in due parti:

- **Esami a vista:** avvalendosi della documentazione "come costruito" accertano che i componenti dell'impianto elettrico siano conformi alle prescrizioni di sicurezza, siano stati scelti correttamente ed installati secondo normativa, siano integri in modo da non compromettere la sicurezza
- **Prove e misure:** accertano la rispondenza delle parti di impianto ai dati progettuali ed alla normativa in vigore

Tali verifiche e prove saranno effettuate con personale e mezzi messi a disposizione dall'Appaltatore. Gli oneri per queste prove sono inclusi nei prezzi unitari di contratto.

Si intende che nonostante l'esito favorevole delle prove, l'Appaltatore resta responsabile delle deficienze di qualunque natura e origine che abbiano a riscontrarsi fino al collaudo definitivo e fino alla scadenza dei termini di garanzia.

10.5. COLLAUDO FINALE

Nei termini previsti dal Capitolato Speciale "Prescrizioni generali" saranno effettuati i collaudi finali, che dovranno certificare la perfetta rispondenza delle opere e delle installazioni alle richieste contrattuali.

A tal fine la Committente nominerà uno o più Collaudatori, di norma professionisti diversi sia dal Progettista, sia dal Direttore dei Lavori ed esperti nello specifico settore dei lavori commessi ad ogni Appaltatore e ne comunicherà il nominativo alle controparti. Qualora qualche esame, o prova, non desse risultato soddisfacente a giudizio del Collaudatore, l'Appaltatore dovrà provvedere, entro 30 giorni naturali o nel periodo che sarà concordato, a tutte le modifiche e sostituzioni necessarie per superare il collaudo e ciò senza alcuna remunerazione.

Se i risultati ottenuti non fossero ancora accettabili, la Committente potrà rifiutare le opere o gli impianti, in parte o nella loro totalità.

L'Appaltatore dovrà allora provvedere, a sue spese e nei termini prescritti dal Collaudatore, alle rimozioni e sostituzioni delle opere e dei materiali non accettati per ottenere i risultati richiesti.

La Committente provvederà direttamente ad effettuare i lavori, qualora questo periodo trascorresse infruttuosamente, addebitandone i costi all'Appaltatore.

Sino al collaudo finale delle opere e degli impianti da parte della Committente, l'Appaltatore curerà ed effettuerà la gratuita manutenzione delle proprie opere o impianti anche nel caso in cui la loro conduzione sia affidata a personale incaricato dalla Committente, che dovrà in ogni caso essere informata delle eventuali modifiche o sostituzioni realizzate.

La Committente si riserva il diritto di prendere in consegna anche parzialmente alcune parti delle opere o degli impianti, senza che l'Appaltatore possa pretendere maggiori compensi.

Il collaudo finale non esonera l'Appaltatore dalle sue responsabilità sia di legge sia di garanzia

Il certificato di collaudo ha carattere provvisorio e diverrà definitivo dopo due anni. A partire dalla data di emissione del certificato, l'opera si intende consegnata.