



Comune di Sarezzo

13/03/2025

Provincia di Brescia

Restauro e manutenzione straordinaria Santuario di Sant'Emiliano

PROGETTO ESECUTIVO

Committente

Amministrazione comunale di Sarezzo (BS)

Piazza Cesare Battisti, 4 - 25068 - Sarezzo (BS)

Tel. 030 8936211

Tecnico

Geom. Merigo Alessandro

Via Rosaghe, 53/D - 25065 - Lumezzane (BS)

Tel. 030 7285347

C.F. MRGLSN74M29D918K

P.IVA 04440700989



Relazione tecnica impianto fotovoltaico

Indice

Art. 1 – Oggetto ed identificazione dell'opera – Criterio generale antisismico	2
Art. 2 - Norme e Leggi di riferimento	4
Art. 3 - Dati di progetto	5
Art. 4 - Classificazione degli ambienti	7
Art. 5 - Descrizione degli interventi	9
Art. 6 - Quadro elettrico.....	9
Art. 7 - Cavi, sistemi di distribuzione, cassette di derivazione e tipi di posa	10
Art. 8 - Misure di protezione contro i contatti diretti ed indiretti.....	16
Art.9 - Protezione dei conduttori dalle sovracorrenti	20

Art. 1 – Oggetto ed identificazione dell'opera – Criterio generale

La presente relazione tecnica, che è parte integrante del progetto esecutivo, ha per oggetto i lavori, le forniture e le prestazioni occorrenti la modifica all'impianto fotovoltaico esistente presso il santuario di S. Emiliano sito nel comune di Sarezzo (BS)

Le modifiche riguardano essenzialmente:

- Lo spostamento e l'integrazione dell'impianto fotovoltaico

Il progetto esecutivo dell'impianto è redatto per ottemperare al DM 37/08 del 22/01/2008 e contempla solo gli impianti di utilizzazione. Gli equipaggiamenti elettrici delle macchine, definiti "bordo macchina", degli utensili e degli apparecchi in genere, per i quali non si applica il DM 37/08 del 22/01/2008 e per i quali non sussiste l'obbligo della progettazione, dovranno essere in ogni caso rispondenti alle norme CEI relative, ma tale rispondenza dovrà essere assicurata dal costruttore della macchina.

La consistenza dei locali interessati dal progetto è quella risultante dagli allegati elaborati grafici relativi alle opere edili, che costituiscono parte integrante del progetto. Le tavole grafiche si riferiscono esclusivamente agli impianti elettrici, per l'esatta disposizione degli arredi, per le quote e le dimensioni degli ambienti e per quanto altro non espressamente riferibile agli impianti elettrici fanno pertanto fede esclusivamente gli elaborati grafici relativi alle opere edili.

La consistenza degli impianti elettrici è quella risultante dalla relazione tecnica, dagli elaborati grafici, e dal computo metrico, che fanno parte integrante del presente progetto.

Nei paragrafi seguenti sono indicate le principali caratteristiche tecniche alle quali devono rispondere le varie parti dell'impianto. Sono pertanto da considerarsi quale riferimento, laddove non meglio specificato, per la definizione delle metodologie di installazione.

Gli impianti principali, oggetto della presente, sono i seguenti:

- impianti di distribuzione principale e secondaria dell'energia elettrica;

Le caratteristiche degli impianti e le modalità di installazione del sistema sono definite di seguito. Eventuali varianti significative rispetto al progetto esecutivo, che si rendessero necessarie in corso d'opera, dovranno essere espressamente approvate dal Committente o dalla Direzione Lavori ed apportate da un professionista iscritto all'albo con specifiche competenze al quale dovrà essere affidato apposito incarico per dette varianti. Altresì, le eventuali varianti in corso d'opera non significative, ossia tali da non stravolgere la sostanza del progetto, potranno essere apportate dall'impresa installatrice, che se ne assume piena responsabilità.

Si precisa che per varianti significative si possono intendere:

- il cambio di uno o più dati di progetto,
- la sostituzione di dispositivi di protezione,
- la riduzione del grado di protezione previsto per uno o più componenti elettrici,
- la variazione della potenza nominale di un utilizzatore,

- l'aggiunta di uno o più circuiti,
- ecc.

Varianti non significative possono essere:

- il cambio di percorso di una condotta elettrica quando questo non comporti variazioni nella lunghezza o cambio nella tipologia di installazione,
- lo spostamento di apparecchi di comando quali interruttori, deviatori, pulsanti, etc., quando questi spostamenti non comportino l'ubicazione in zone classificate, non idonee.

La documentazione finale d'impianto, rilasciata ad esclusivo onere dell'impresa sia in formato cartaceo che su supporto digitale, comprenderà oltre a quanto indicato nel computo metrico:

- 1) il presente progetto definitivo;
- 2) le eventuali varianti significative in corso d'opera a cura e firma di professionista abilitato;
- 3) le eventuali varianti non significative in corso d'opera a cura e firma di professionista abilitato oppure del responsabile tecnico dell'Impresa;
- 4) la documentazione c.d. "as built" che rappresenta lo stato di fatto dell'opera e che sarà utilizzata ai soli fini manutentivi;
- 5) le dichiarazioni di conformità al DM 37/08 complete degli allegati obbligatori e delle risultanze delle verifiche;
- 6) certificati di collaudo e prove;
- 7) manuali di funzionamento e manutenzione delle case costruttrici;
- 8) norme di conduzione;
- 9) elenco delle parti di ricambio fornite in dotazione e indirizzi delle case fornitrici;
- 10) libretto con operazioni di manutenzione ordinaria consigliate.

La documentazione dovrà essere raccolta in cartelle rilegate e munite di indici e elenchi numerati, per una rapida ed agevole consultazione.

Sarà inoltre cura dell'Impresa Elettrica eseguire fotografie in formato digitale a tutte quelle parti di impianto che ad opere ultimate siano di difficile se non impossibile ispezione ed a tutti i particolari costruttivi ed installativi in generale. Copia di queste fotografie dovrà essere consegnata alla D.L. su supporto digitale ed allegata alla documentazione finale d'impianto.

Dopo il completamento dei lavori, l'Appaltatore dovrà mettere a disposizione della Stazione Appaltante i tecnici competenti, per un periodo sufficiente e da concordare con la D.L., durante il quale gli operatori della Committente saranno istruiti in merito al funzionamento del sistema ed alla manutenzione dello stesso.

Criterio generale antisismico

La pericolosità degli eventi sismici non riguarda solo le costruzioni, ma coinvolge anche le infrastrutture tecniche. L'edificio oggetto di intervento è definibile come particolarmente sensibile agli eventi stante la tipologia di occupanti; assume pertanto importanza fondamentale garantire la continuità della

funzionalità impiantistica anche a seguito di un evento.

Premesso quanto sopra ed anche se non puntualmente indicato nel computo metrico, nell'elenco dei prezzi unitari e nell'analisi dei prezzi, per la posa delle vie cavi, dei quadri elettrici e dell'impianto elettrico in generale, sarà cura dell'impiantista, di concerto col progettista strutturale (come da NTC 2018 art. 7.2.4), definire tutti i mezzi e lavorazioni necessarie (per es. controventature degli apparecchi illuminanti e/o delle passerelle, fissaggio degli apparecchi illuminanti al soffitto e non al controsoffitto, ecc.) al fine di ridurre i danni diretti ed indiretti in caso di sisma. In ogni caso si dovrà garantire la necessaria elasticità longitudinale e trasversale delle vie cavi in caso di evento sismico evitando il fissaggio su parti strutturali diverse (per esempio soffitto-parete, parete-pavimento, ecc.) e creando discontinuità di 15/20 cm nelle vie cavi sospese.

Art. 2 - Norme e Leggi di riferimento

L'impianto elettrico in oggetto sarà realizzato nel rispetto dei più moderni criteri della tecnica impiantistica, nel rispetto della buona "Regola d'arte" nonché delle Leggi, Norme, Decreti e disposizioni vigenti, con particolare riferimento alle disposizioni sotto indicate, laddove applicabili, e relative varianti e/o aggiornamenti:

- Legge nr. 186 del 1° marzo 1968: disposizioni concernenti la produzione di materiali ed apparecchiature per impianti elettrici ed elettronici;
- Decreto del 22 gennaio 2008 n. 37: Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della Legge n. 248 del 2 dicembre 2005 recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici;
- D. Lgs. 9 aprile 2008, n. 81 e s.m.i.: Attuazione dell'art. 1 della Legge 03/08/2007 n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro;
- Direttiva 2014/35/UE - Direttiva Bassa Tensione;
- Norme e guide CEI;
- Norme CEI UNEL
- Norme UNI;
- Prescrizioni e raccomandazioni del fornitore dell'energia elettrica;
- Prescrizioni e raccomandazioni del fornitore del servizio telefonico;
- Prescrizioni e raccomandazioni della competente ATS e INAIL.

Il riferimento alle norme è da intendersi all'ultima edizione con le eventuali varianti. Il rispetto delle normative sopra citate dovrà essere attuato non solo per quanto riguarda l'installazione ma anche per i materiali impiegati; i materiali utilizzati quindi saranno provvisti di Marchio Italiano di Qualità (IMQ) per tutti i prodotti per i quali il marchio è ammesso, oppure di altro marchio di conformità alle Norme di uno dei paesi della Comunità Economica Europea, della marcatura CE e in ogni caso dovranno essere costruiti nel rispetto della Norma di prodotto relativa quindi a "Regola d'arte" e dichiarati tali dal costruttore. In caso di emanazione di nuove normative, oltre a quelle citate precedentemente, queste saranno comunicate al Committente e si procederà agli adeguamenti in corso d'opera dell'impianto elettrico che si rendessero necessari.

Art. 3 - Dati di progetto

Dati di progetto di carattere generale

Dati	Valori
Committente	Comune di Sarezzo– Provincia di Brescia
Scopo del lavoro	Progetto esecutivo per la modifica impianto fotovoltaico. 1

Dati di progetto relativi all'utilizzazione dell'edificio

Dati	Valori
Destinazione d'uso	Locale di culto/ rifugio
Classificazione secondo norma CEI 0-2	Edificio non civile
Ambienti soggetti a norme CEI specifiche	Nessuno

Dati di progetto relativi alle influenze esterne

Dati	Valori
Temperatura Min./Max. all'interno	+ 15 °C / + 25 °C
Temperatura Min./Max. all'esterno	- 5 °C / + 40 °C
Umidità	Bassa
È prevista condensa	No
Altitudine	Inferiore a 1000 m s.l.m.
Polvere	Ambienti non polverosi
Acqua	Assente all'interno
Stillicidio	Assente
Pioggia o acqua con inclinazione fino a 60° dalla verticale a velocità di 7 m/s	All'aperto

Getti d'acqua	Non previsti
Presenza di sostanze che producono corrosione	No
Presenza di sostanze inquinanti	No
Presenza di correnti continue vaganti	No

Dati di progetto relativi all'impianto elettrico

Dati	Valori
Tipo di intervento	Modifica all'impianto elettrico esistente
Limiti di competenza	Dai morsetti di ingresso dei nuovi dispositivi di comando fino agli utilizzatori fissi e le prese a spina dei nuovi circuiti
Dati dell'alimentazione elettrica	
Ente Distributore	E-Distribuzione S.p.A.
Sistema di distribuzione BT	TT
Punto di consegna	Nicchia contatori di misura sul confine di proprietà
Tensione nominale e max. variazione	400/230 V ($\pm 10\%$) V
Frequenza nominale e max. variazione	(50 $\pm 2\%$) Hz
Icc presunta nel punto di consegna	15 kA
Misura dell'energia elettrica	Gruppo di misura Distributore
Alimentazione di riserva	Non prevista
Massime cadute di tensione nelle condutture	Distribuzione Primaria: 2 % Illuminazione: 2 % Prese a spina: 2 %
Sezioni minime ammesse	Come da norme CEI
Coefficiente di contemporaneità	Come da norme CEI

Art. 4 - Classificazione degli ambienti

Sulla base dei dati ad oggi disponibili e con riferimento alla nota a piè tabella A di cui all'art. 751.03.2 della Norma CEI 64-8, si classifica l'ambiente come luogo a maggior rischio in caso d'incendio in quanto rientrante nelle attività soggette al controllo VVF secondo il D.P.R. 151/11 per l'elevata densità di affollamento o per l'elevato tempo di sfollamento in caso d'incendio.

L'impianto elettrico dovrà essere realizzato secondo le specifiche fornite dalla Norma CEI 64-8/7 sezione 751 e di seguito si indicano le prescrizioni minime da adottare per gli ambienti sopra citati.

- Non è ammesso il transito e l'utilizzo di sistemi TN-C a meno che la separazione del neutro avvenga a monte del fabbricato alimentato o attraversato;
- I componenti elettrici devono essere limitati a quelli necessari per l'uso degli ambienti stessi (ad eccezione delle condutture che possono anche transitare) e non devono costituire pericolo d'inesco o di propagazione d'incendi.
- Le caratteristiche costruttive dei componenti dell'impianto elettrico devono essere scelte in funzione del comportamento al fuoco del prodotto da costruzione costituente il supporto di installazione come specificato nella tabella 751.04.1.2 della Norma CEI 64-8;
- Nel sistema di vie d'uscita non devono essere installati apparecchi elettrici contenenti fluidi infiammabili (esclusi i condensatori ausiliari incorporati negli apparecchi).
- Negli ambienti nei quali è consentito l'accesso e la presenza di pubblico, i dispositivi di manovra, controllo e protezione, fatta eccezione per quelli destinati a facilitare l'evacuazione, devono essere posti in luogo a disposizione del personale addetto o posti entro involucri apribile con chiave o attrezzo.
- Tutti i componenti elettrici devono rispettare le prescrizioni contenute nella sezione 422 della Norma CEI 64-8;
- Gli apparecchi di illuminazione e gli apparecchi elettrotermici devono essere mantenuti ad adeguata distanza dai materiali combustibili tenendo conto delle istruzioni del fabbricante e devono essere installati e mantenuti in modo da garantire la corretta dissipazione del calore;
- Le condutture che attraversano questi luoghi ma che non sono destinate all'alimentazione elettrica al loro interno non devono avere connessioni lungo il percorso all'interno di tali luoghi; ciò a meno che le connessioni siano poste in involucri che soddisfino la prova di resistenza al fuoco definita dalle norme di prodotto.
- I dispositivi di protezione contro le sovracorrenti, i guasti a terra e i guasti serie, devono essere installati tra l'origine della condotta e i luoghi a maggior rischio in caso d'incendio. Le condutture che hanno origine in tali luoghi devono essere protette contro le sovracorrenti con dispositivi posti all'origine della condotta stessa.

Le prescrizioni aggiuntive per gli ambienti:

- in cui all'art. 751.03.2 si rimanda all'art. 751.04.3 della Norma CEI 64-8;
- in cui all'art. 751.03.3 si rimanda all'art. 751.04.4 della Norma CEI 64-8.

Condutture nei luoghi a maggior rischio in caso di incendio

Con riferimento alla norma CEI 64-8/2 art. 26.1 per conduttura si intende l'insieme costituito da uno o più conduttori elettrici e dagli elementi che assicurano il loro isolamento, il loro supporto, il loro fissaggio e la loro eventuale protezione meccanica. Si sottolinea che le cassette di derivazione sono parte integrante della conduttura e pertanto anche ad esse si applica il grado di protezione specifico laddove richiesto.

Le condutture che attraversano le vie di uscita non devono costituire ostacolo al deflusso delle persone e preferibilmente non essere installate a portata di mano; se sono installate a portata di mano devono essere installate entro involucri o dietro barriere che non creino intralci al deflusso e che costituiscano una buona protezione contro i danneggiamenti meccanici.

I conduttori dei circuiti in c.a. devono essere disposti in modo tale da evitare surriscaldamenti alle parti metalliche adiacenti per effetto induttivo.

I tipi di condutture idonee per i luoghi a maggior rischio in caso di incendio sono di seguito indicate e si possono suddividere in tre gruppi:

- gruppo a: condutture che strutturalmente non possono né innescare né propagare l'incendio;
- gruppo b: condutture che non possono innescare, ma possono propagare l'incendio;
- gruppo c: condutture senza particolari requisiti, che possono innescare e propagare l'incendio.

Le condutture (ivi comprese quelle che transitano soltanto) devono essere realizzate quindi in uno dei seguenti modi:

Tipo	Descrizione conduttura
a1	Di qualsiasi tipo incassate in strutture non combustibili
a2	Cavi in tubi protettivi o involucri metallici, entrambi con grado di protezione almeno IP4X
a3	Cavi ad isolamento minerale aventi la guaina tubolare metallica continua senza saldatura con funzione di PE, sprovvisti all'esterno di guaina non metallica
b1	Cavi multipolari muniti di conduttore di protezione concentrico, o di una guaina metallica, o di un'armatura, aventi caratteristiche tali da poter svolgere la funzione di conduttore di protezione
b2	Cavi ad isolamento minerale aventi la guaina tubolare metallica continua senza saldatura con funzione di protezione, provvisti all'esterno di guaina non metallica
b3	Cavi aventi schermi sulle singole anime o sull'insieme delle anime con caratteristiche tali da poter svolgere la funzione di conduttore di protezione
c1	Condutture diverse da quelle indicate in a) e b), realizzate con cavi multipolari provvisti di conduttore di protezione
c2	Cavi unipolari o multipolari sprovvisti di conduttore di protezione, contenuti in tubi protettivi metallici o involucri metallici, senza particolare grado di protezione; in questo caso la funzione di conduttore di protezione può essere svolta dai tubi o involucri stessi o da un conduttore (nudo o isolato) contenuto in ciascuno di essi

c3	Cavi unipolari o multipolari sprovvisti di conduttore di protezione contenuti in tubi protettivi o involucri costruiti in materiali isolanti (resistenti alle prove previste nella sezione 422 della norma CEI 64-8/4 assumendo per la prova del filo incandescente 850 °C), installati in vista (non incassati) e con grado di protezione almeno IP4X.
c4	Binari elettrificati e condotti sbarre prefabbricati con grado di protezione almeno IP4X
c5	Condutture all'interno di strutture combustibili realizzate con: <ul style="list-style-type: none"> - canalizzazioni con grado di protezione almeno IP4X realizzati in materiali metallici o non metallici non propaganti la fiamma secondo le norme di prodotto; - cavi unipolari, ivi compreso il conduttore di protezione, ovvero cavi multipolari diversi da b1.

Le scatole, cassette di derivazione, centralini e quadri facenti parte delle condutture di tipo a), b) e c) devono rispondere alle prescrizioni della tabella 751.04.1.2 della Norma CEI 64-8.

Per quanto attiene la protezione delle condutture elettriche sopra indicate, ed i loro requisiti per evitare l'innesco e la propagazione dell'incendio, si rimanda agli articoli da 751.04.2.7 a 751.04.2.9 della Norma CEI 64-8.

La frequenza della verifica periodica degli impianti elettrici negli ambienti definiti nel presente paragrafo, deve essere determinata in funzione del tipo di impianto, del loro uso e funzionamento, della frequenza e qualità della manutenzione e delle influenze esterne a cui è soggetto.

In ogni caso l'intervallo di tempo massimo tra le verifiche periodiche deve essere non superiore a:

- 2 anni per l'impianto elettrico;
- 6 mesi per i circuiti di alimentazione dei servizi di sicurezza.

Art. 5 - Descrizione degli interventi

Nel presente paragrafo sono riepilogati ed analizzati gli impianti che costituiscono l'opera da realizzare:

- quadri elettrici;
- linee di alimentazione secondaria e terminale;

Negli articoli seguenti verranno dettagliate le prescrizioni di installazione.

Art. 6 - Quadro elettrico

L'intervento al quadro elettrico esistente riguarda essenzialmente l'installazione dei nuovi dispositivi previsti nello schema unifilare allegato alla presente in sostituzione dei dispositivi esistenti a protezione dei condotti sbarre esistenti. Si ritiene che l'equilibrio termico non sarà aggravato ma, viceversa, è prevedibile una minore dispersione di calore da parte dei nuovi dispositivi. non si ritiene necessaria la ricertificazione del quadro elettrico.

Art. 7 - Cavi, sistemi di distribuzione, cassette di derivazione e tipi di posa

Tutti i cavi impiegati nella realizzazione dell'impianto elettrico (energia, controllo e comunicazione) dovranno essere rispondenti alle norme UNEL, CEI ed al Regolamento UE n. 305/11 (c.d. Regolamento CPR e d'ora in poi così menzionato) in quanto incorporati in maniera permanente nelle opere da costruzione. Solo qualora il cavo transiti esclusivamente all'esterno, potrà non rispondere ai requisiti indicati.

In base ai parametri di reazione al fuoco la Norma UNI EN 13501-6 classifica i cavi con indici di prestazione A_{ca} , $B1_{ca}$, $B2_{ca}$, C_{ca} , D_{ca} , E_{ca} e F_{ca} dove A_{ca} indica la prestazione più elevata e F_{ca} indica la bassa prestazione. Oltre ai parametri generali indicati, sono stati stabiliti dei parametri addizionali (i numeri che seguono ogni parametro sono in ordine decrescente di prestazione), che sono:

- **s** (*smoke*) con valori $s1$, $s1a$, $s1b$, $s2$ e $s3$ che indicano la produzione e l'opacità dei fumi;
- **d** (*droplets*) con valori $d0$, $d1$ e $d2$ che indicano il gocciolamento di particelle infiammate;
- **a** (*acidity*) con valori $a1$, $a2$ e $a3$ che indicano l'acidità e la conduttività elettrica dei fumi.

La classe di reazione al fuoco del cavo è definita dall'insieme dei parametri generali e dei parametri addizionali. La Norma CEI UNEL 35016 ha unificato, a livello nazionale, solo quattro classi di reazione al fuoco (mancano A_{ca} , D_{ca} e F_{ca}). Tali classi, in ordine crescente di prestazione, sono:

- **E_{ca}** per il quale non è previsto alcun parametro addizionale; questi cavi sono da impiegare in posa singola in ambienti con livello di rischio basso;
- **C_{ca} - $s3$, $d1$, $a3$** da impiegare anche in posa in fascio in ambienti con livello di rischio basso (per es. edifici destinati ad uso civile con altezza antincendio inferiore a 24 m, bar, ristoranti, uffici, studi medici, ecc.);
- **C_{ca} - $s1b$, $d1$, $a1$** da impiegare in ambienti con livello di rischio medio (per es. strutture sanitarie ospedaliere, case di riposo, alberghi, pensioni, motel, scuole, collegi, locali adibiti ad esposizione o vendita, fiere, aziende e uffici con oltre 300 persone, edifici civili oltre 24 m di altezza antincendio, ecc.);
- **$B2_{ca}$ - $s1a$, $d1$, $a1$** da impiegare in ambienti con livello di rischio elevato (per es. stazioni ferroviarie, marittime e metropolitane, aeroporti, gallerie stradali di lunghezza superiore a 500 m e ferroviarie superiori a 1000, ecc.).

L'elenco degli ambienti è riportato a titolo indicativo ed esemplificativo in quanto è necessario ed obbligatorio riferirsi costantemente al documento di valutazione dei rischi ed alle relative prescrizioni.

Per l'impianto in oggetto verranno impiegati conduttori in classe **C_{ca} - $s1b$, $d1$, $a1$** tipo

- unipolari flessibili con guaina **FG16M16** 0,6/1 kV;
- multipolari flessibili con guaina **FG16OM16** 0,6/1 kV;
- unipolari flessibili senza guaina **FG17** 450/750 V.

Si sottolinea che nelle voci del computo metrico a causa di un refuso sono indicate cordine FS17 in alternativa ai cavi FG16OM16; l'alternativa corretta è con cordine FG17 come sopra indicato.

I tipi di posa delle condutture in funzione del tipo di conduttore o di cavo utilizzato e delle varie situazioni ambientali, devono essere in accordo con quanto prescritto dalla CEI 64-8 Art. 521 (Tab. 52A, 52B e 52C).

Si sottolinea che per la posa all'esterno (protetta o meno) dovranno essere impiegati esclusivamente cavi con tensione di isolamento pari a 0,6/1 kV oppure dichiarati idonei alla posa dal costruttore.

I conduttori andranno dimensionati in funzione delle condizioni di posa e di impiego più gravose. Tutti i conduttori avranno colori tali da distinguere le fasi dei circuiti di illuminazione da quelli di forza motrice ed il tipo di utilizzo per i circuiti rimanenti.

I conduttori devono essere distinguibili per tutta la loro lunghezza tramite il colore dell'isolante o per mezzo di marcatori colorati. I cavi devono essere distinti tramite le seguenti colorazioni (CEI-UNEL 00722):

- giallo verde per il conduttore della terra;
- blu per il conduttore del neutro;
- marrone, nero, grigio, per le tre fasi di potenza;
- rosso per i conduttori positivi e nero per i conduttori negativi in c.c. (ovviamente posati in canalizzazioni differenti da quelle contenenti circuiti in c.a.).

Si annota che i cavi con tensione nominale 0,6/1 kV hanno la guaina di colore unico, pertanto qualora detti cavi vengano utilizzati come conduttori di protezione dovranno essere contrassegnati con fascetta di colore giallo-verde all'estremità e nei pozzetti rompitratta; analogamente se verranno utilizzati come conduttori di neutro dovranno essere contrassegnati con fascetta di colore blu chiaro all'estremità e nei pozzetti rompitratta. In assenza del conduttore di neutro nell'intero impianto l'anima di colore blu chiaro dei cavi multipolari può essere utilizzata come conduttore di fase.

Le condutture elettriche devono essere disposte o contrassegnate in modo tale da poter essere identificate per le ispezioni, le prove, le riparazioni o le modifiche dell'impianto.

La sezione dei conduttori deve essere calcolata tenendo presente i valori della portata degli interruttori, la caduta di tensione, il tipo di posa e la resistenza al corto circuito. Secondo la tabella 52E della norma CEI 64-8/5 le sezioni minime dei cavi (in Cu) devono essere:

- per i circuiti di potenza: 1,5 mm²;
- per i circuiti di comando: 0,5 mm².

Il conduttore di neutro deve avere la stessa sezione dei conduttori di fase:

- nei circuiti monofasi;
- nei circuiti polifasi, quando la sezione dei conduttori di fase (in Cu) è inferiore o uguale a 16 mm²;

Nei circuiti polifase, se la sezione dei conduttori di fase è superiore a 16 mm², il conduttore di neutro può avere una sezione inferiore a quella delle fasi a condizione però che vengano rispettate contemporaneamente le seguenti condizioni:

- la corrente massima, comprese le eventuali armoniche, che può percorrere il conduttore di neutro durante il servizio ordinario, non sia di valore superiore a quella ammessa dalla sua ridotta sezione.
- la sezione del conduttore (Cu) del neutro sia minimo pari a 16 mm².

Il conduttore di neutro non deve essere comune a più circuiti.

Indipendentemente a quanto indicato negli schemi elettrici, la ditta installatrice dovrà segnalare tempestivamente e modificare di conseguenza, il tipo e/o sezione per ogni caso in cui, per modifiche sopravvenute, per aumento di carichi installati od anche per errore nell'elaborazione del progetto, un cavo si trovi ad operare in condizioni non conformi a quanto previsto dalle norme CEI vigenti.

Tubi protettivi

I tubi protettivi dovranno essere conformi alla Norma CEI EN 50086 e dovranno riportare (sulla documentazione o sul prodotto) i codici di classificazione nella sequenza prevista. La classificazione in funzione delle caratteristiche dei tubi in materiale isolante e in metallo si basa infatti su un codice di marcatura composto da 4 cifre obbligatorie (la resistenza alla compressione, la resistenza all'urto, la temperatura minima d'applicazione permanente e d'installazione e la temperatura massima d'applicazione permanente e d'installazione) e 8 cifre facoltative (la resistenza alla flessione, le proprietà dielettriche, la protezione contro la penetrazione di corpi solidi, la protezione contro la penetrazione di liquidi, la resistenza alla corrosione di tubi metallici e compositi, la resistenza alla trazione, la propagazione della fiamma e la resistenza al carico sospeso).

I tubi protettivi possono essere costituiti da materiali metallici e non metallici e da una combinazione degli stessi e possono essere:

- lisci = profilo longitudinale rettilineo;
- corrugati = profilo longitudinale ondulato;
- rigidi = non possono essere piegati o possono esserlo solo con l'aiuto di un mezzo meccanico con o senza trattamenti speciali;
- pieghevoli = possono essere piegati a mano con una forza ragionevole ma non è previsto per essere piegato frequentemente;
- flessibili = possono essere piegati a mano con una forza ragionevolmente debole ed è destinato ad essere piegato frequentemente nel suo impiego;
- autorinvenenti = tubo pieghevole che, deformato sotto l'azione di una forza trasversale per un breve periodo di tempo, riprende, dopo la cessazione di questa forza, la sua forma originale dopo un breve periodo di tempo;
- filettabili = prevedono filettature per la connessione oppure che possono essere filettati.

Il colore dei tubi è utilizzato esclusivamente per differenziare quelli propaganti la fiamma (che devono essere di colore arancione) da quelli non propaganti la fiamma (qualsiasi colore tranne l'arancione e per evitare errori di identificazione, il rosso ed il giallo). La distinzione del colore è utile per la distinzione del servizio.

La scelta del tipo di tubo dipende dalle sollecitazioni (compressione e urto) che possono verificarsi nella fase di messa in opera e durante l'utilizzo e dalle temperature massime e minime alle quali può essere soggetto. Le tubazioni installate sottopavimento devono essere di tipo medio relativamente alla resistenza allo schiacciamento (e devono essere protette immediatamente dopo la loro posa per evitare danneggiamenti), mentre possono essere di tipo leggero e pieghevole per posa sottotraccia ed infine di tipo leggero e rigido per posa a vista (di tipo medio o pesante qualora siano prevedibili urti). I tubi leggeri abbisognano di particolare cura soprattutto in fase di installazione per evitarne lo schiacciamento, pertanto è preferibile l'impiego di tubazioni di tipo medio. I tubi destinati a strutture prefabbricate devono essere in grado di resistere alle sollecitazioni meccaniche ed alle temperature massime e minime che possono verificarsi durante la predisposizione e la formazione della struttura stessa.

Scatole o cassette di derivazione

Le scatole o cassette di derivazione dovranno essere metalliche o isolanti del tipo non propagante l'incendio, essere installate in modo che giunzioni e cavi al loro interno non occupino più del 50% del volume interno alla cassetta stessa e dovranno avere coperchi saldamente fissati a mezzo di apposite viti. Le scatole o cassette di derivazione dovranno essere impiegate ogni volta in cui dovrà essere eseguita una derivazione o uno smistamento di conduttori e quando lo richiedano le dimensioni, la forma, la lunghezza di un tratto di tubazione affinché i conduttori risultino facilmente sfilabili. Tra una cassetta e la successiva non si dovranno avere più di tre curve per un totale di 270°.

Nelle cassette di derivazione i conduttori potranno anche solo transitare senza essere interrotti, ma se verranno interrotti, dovranno essere allacciati a morsettiere unipolari del tipo a serraggio indiretto, con viti imperdibili, corpo isolante in policarbonato autoestinguente aventi grado di protezione minimo IP20 e tensione nominale di 450 V. Dovranno essere scelte in funzione delle sezioni dei conduttori che vi faranno capo.

Non saranno quindi ammesse derivazioni e/o giunzioni eseguite con attorcigliamento o nastratura, entro tubi e nelle scatole porta-apparecchi o con morsetti del tipo a serraggio diretto.

L'ingresso e/o l'uscita dei cavi dalle cassette di derivazione (e dai canali portacavi) dovranno essere sempre eseguite con appositi raccordi pressacavo a tenuta. Si annota che le giunzioni entro pozzetti interrati dovranno essere eseguite con materiali idonei al fine di ripristinare l'isolamento del cavo; a tal fine potranno essere utilizzati giunti a resina colata, nastrature autoagglomeranti, vernici isolanti e tubo isolanti termorestringenti.

I conduttori dovranno essere legati all'interno delle cassette di derivazione e disposti in mazzetti ordinati circuito per circuito.

Le cassette di derivazione metalliche dovranno essere provviste di morsetto per la messa a terra della cassetta stessa.

Le scatole o cassette di derivazione installate su pareti cave (ad esempio pareti attrezzate, cartongesso, ecc.) dovranno aver superato la prova del filo incandescente a 850 °C.

Posa dei cavi

Generalità relative alla posa dei cavi

Le portate dei cavi indicate nello schema elettrico allegato alla presente sono riferite alla temperatura di 20 °C per la posa interrata e 30 °C per la posa non interrata. Condizioni diverse e peggiorative dovranno essere tempestivamente segnalate allo scrivente in modo da consentire le opportune verifiche ed eventualmente le modifiche del caso.

Durante la posa del cavo dovrà essere rispettato il limite di temperatura minima, in quanto temperature molto basse possono danneggiare l'isolante durante le operazioni di piegatura del cavo stesso. Si prescrivono i seguenti limiti di temperatura minima di posa:

- 1) 3 °C per i cavi isolati con carta impregnata;
- 2) 0 °C per i cavi con isolante o guaina in PVC;
- 3) -25 °C per i cavi con isolante o guaina a base di materiali elastomerici.

Al di sotto di queste temperature si vieta la posa del cavo.

La trasmissione del calore ai cavi da elementi vicini alla condotta (p.es. tubazioni di liquidi in temperatura, apparecchi illuminanti, elementi riscaldanti, ecc.) dovrà essere evitata mettendo in atto misure di protezione idonee, quali ad esempio:

- allontanamento della condotta o delle sorgenti di calore;
- interposizione di adeguati schermi di protezione;
- impiego di condotte realizzate con materiali isolanti in grado di sopportare le sovratemperature.

L'impiego di cavi con guaina in PVC o di canali, tubi, involucri, ecc. in PVC o PCP può essere ritenuto una misura di protezione sufficiente quando la presenza di sostanze corrosive od inquinanti di origine atmosferica o derivanti da processi chimici è intermittente od accidentale. Viceversa quando tali sostanze sono presenti permanentemente è necessario utilizzare cavi speciali protetti mediante guaine o canalizzazioni realizzate specificatamente con materiali in grado di resistere agli agenti aggressivi presenti nell'ambiente. Si fa obbligo all'installatore di segnalare tempestivamente allo scrivente la presenza di sostanze che possono produrre corrosione o di sostanze inquinanti, per permettere le opportune variazioni del caso.

Fra le fonti di corrosione si deve tener presente anche l'effetto elettrochimico che si manifesta nell'accoppiamento di metalli diversi. L'appendice K della norma CEI 74-2 riporta, per ognuno dei collegamenti possibili fra i metalli più utilizzati, i valori del potenziale elettrochimico: si dovranno scegliere accoppiamenti che presentino un valore non superiore a 0,6 V.

La posa delle condotte deve essere tale che le stesse non possano subire danneggiamenti in seguito ad urti, vibrazioni od altre sollecitazioni meccaniche. La protezione contro gli urti può essere realizzata mediante:

- impiego di condotte con caratteristiche meccaniche idonee a resistere alle sollecitazioni prevedibili per il luogo di installazione;
- scelta del luogo di transito della condotta tale che risulti impedito il contatto con la condotta stessa in caso di urto;
- uso di protezioni meccaniche, anche solo localizzate, sufficienti a proteggere la condotta.

In presenza di vibrazioni, la condotta dovrà essere di tipo flessibile e particolare attenzione dovrà essere posta nell'esecuzione delle connessioni che possono essere soggette ad allentamento; in questi casi dovranno essere impiegati morsetti speciali e bulloni con rondelle antiallentamento.

In presenza di muffa e vegetazione, che possono limitare la dissipazione del calore ed eventualmente produrre effetti corrosivi, i cavi dovranno essere protetti con idonee canalizzazioni oppure dovranno avere la guaina in policloroprene; la posa dovrà inoltre consentire la semplice rimozione di muffe o vegetazione.

In presenza di piccoli animali (roditori, uccelli, ecc..) in grado di danneggiare il cavo, si prescrive l'impiego di cavi entro condotti inattaccabili oppure di cavi con armatura esterna.

Per quanto possibile dovrà essere evitato l'irraggiamento solare dell'isolante dei cavi in modo da evitare il precoce invecchiamento dello stesso. A tal fine si dovranno mettere in atto condizioni di posa tali che limitino il più possibile l'azione del sole mediante l'impiego, ad esempio, di diaframmi o coperture adeguatamente distanziate per non limitare la dissipazione del calore prodotto dal cavo oppure dovranno essere impiegati cavi con isolanti adatti allo scopo.

Posa mediante tubazioni

Le tubazioni potranno essere di tipo rigide o flessibile in materiale autoestinguente o in metallo. Se i tubi sono di tipo metallico dovranno contenere sia i conduttori di fase che il conduttore di neutro dello stesso circuito onde evitare fenomeni di induzione elettromagnetica inoltre i raccordi dovranno assicurare la continuità elettrica fra i vari tronchi di tubazione per consentire la messa a terra solo ad una estremità del tubo senza ricorrere a collegamenti equipotenziali.

Nell'impianto previsto per la realizzazione sotto traccia i tubi protettivi devono essere in materiale termoplastico serie leggera o media (pesante se a pavimento).

Il tracciato dei tubi protettivi deve consentire un andamento rettilineo orizzontale (con minima pendenza per favorire lo scarico di eventuale condensa) o verticale. Le curve devono essere effettuate con raccordi o piegature che non danneggino il tubo e non pregiudichino la sfilabilità dei cavi. A ogni brusca deviazione resa necessaria dalla struttura muraria dei locali, a ogni derivazione secondaria dalla linea principale e in ogni locale servito, la tubazione deve essere interrotta con cassette di derivazione. Le giunzioni dei conduttori devono essere eseguite nelle cassette di derivazione impiegando opportuni morsetti e morsettiere. Dette cassette devono essere costruite in modo che nelle condizioni ordinarie di installazione non sia possibile introdurre corpi estranei e risulti agevole la dispersione di calore in esse prodotte. Il coperchio delle cassette deve offrire buone garanzie di fissaggio ed essere apribile solo con attrezzo.

I tubi protettivi dei conduttori elettrici collocati in cunicoli che ospitano altre canalizzazioni, devono essere disposti in modo da non essere soggetti a influenze dannose in relazione a sovra riscaldamenti, sgocciolamenti, formazione di condensa, ecc.

Si raccomanda che:

- la distanza tra due scanalature sia almeno di 1,50 m;
- le scanalature siano effettuate ad una distanza almeno di 20 cm dall'intersezione di due pareti.

I tubi protettivi annegati nel calcestruzzo nella distribuzione ad incasso nelle strutture prefabbricate devono rispondere alle prescrizioni della norma CEI 23-55. Essi devono essere inseriti nelle scatole preferibilmente con l'uso di raccordi atti a garantire una perfetta tenuta. La posa dei raccordi deve essere eseguita con la massima cura, in modo che non si creino strozzature. Allo stesso modo, i tubi devono essere uniti tra loro per mezzo di appositi manicotti di giunzione. La predisposizione dei tubi deve essere eseguita con tutti gli accorgimenti della buona tecnica, in considerazione del fatto che alle pareti prefabbricate non è in genere possibile apportare sostanziali modifiche né in fabbrica né in cantiere. Le scatole da inserire nei getti di calcestruzzo devono avere caratteristiche tali da sopportare le sollecitazioni termiche e meccaniche che si presentano in tali condizioni. In particolare, le scatole rettangolari porta-apparecchi e le scatole per i quadretti elettrici devono essere costruite in modo che il loro fissaggio sui casseri avvenga con l'uso di rivetti, viti o magneti da inserire in apposite sedi ricavate sulla membrana anteriore della scatola stessa. La serie di scatole proposta deve essere completa di tutti gli elementi necessari per la realizzazione degli impianti, comprese le scatole di riserva conduttori necessarie per le discese alle tramezze che si monteranno in un secondo tempo a getti avvenuti.

La distribuzione con tubi rigidi a parete dovrà essere realizzata utilizzando prodotti rispondenti alle normative CEI EN 50086-1 e CEI EN 50086-2-1 ed a marchio IMQ, completi di accessori quali collari, giunzioni, scatole di derivazione, raccordi ecc.

Il grado di protezione dovrà arrivare all'IP65 ed il sistema dovrà essere completo di giunzioni ad innesto rapido. Il sistema di montaggio, la distanza di fissaggio dei supporti ed il corretto utilizzo degli accessori dovrà essere indicato dal costruttore.

Il diametro interno dei tubi deve essere scelto tenendo conto che dovrà essere pari a 1,4 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio di cavi che dovrà contenere (con un minimo in ogni caso di 20 mm esterno). Il raggio di curvatura dei tubi deve essere tale da consentire un comodo infilaggio e sfilaggio dei conduttori e da non danneggiare l'isolamento. Si considera adeguato un raggio di curvatura pari a tre volte il diametro esterno del tubo (considerare in ogni caso i raggi di curvatura minimi suggeriti dai costruttori dei cavi).

Le condutture per gli impianti di energia, telefonici, trasmissione dati, televisione, tvcc, antifurto, diffusione sonora andranno tenute distinte in uno dei seguenti modi:

- tubi separati - scatole separate;
- tubi separati - scatola unica con setto isolante.

In ogni caso non è ammesso far transitare circuiti a tensione diversa nella stessa tubazione (a meno che i cavi non abbiano tutti lo stesso livello di isolamento).

Prese di energia appartenenti a circuiti diversi non potranno essere tenute nella stessa scatola.

Le condutture installate nella parete avranno percorso orizzontale, verticale o parallelo allo spigolo della parete; nel pavimento e nel soffitto (nella distribuzione sottotraccia) il percorso può essere qualsiasi. Nella distribuzione a vista le tubazioni dovranno essere installate in modo che ad opere ultimate si ottenga un gradevole risultato estetico.

Le normali attività di cantiere possono danneggiare i tubi corrugati posati a pavimento causando rotture, scheggiature o schiacciamenti che ne riducono l'altezza oppure ne inficiano la funzionalità. È pertanto buona regola, subito dopo la posa, ricoprire i suddetti tubi con malta tradizionale o altri sistemi protettivi equivalenti, che, tra l'altro, assicurano un efficace barriera protettiva anche contro possibili infiltrazioni di malta liquida in caso di accidentali rotture e/o scheggiature delle tubazioni già posate.

Art. 8 - Misure di protezione contro i contatti diretti ed indiretti

Misure di protezione contro i contatti diretti

Misure di protezione totale

La misura di protezione totale si riassume mediante l'isolamento delle parti attive e mediante l'utilizzo di involucri o barriere che dovranno soddisfare le seguenti condizioni:

- grado di protezione minimo IPXXB;
- le loro superfici orizzontali a portata di mano dovranno avere un grado di protezione minimo IPXXD.

Se risultasse necessario aprire un involucro o parte di esso o togliere una barriera, per ragioni di servizio, questa operazione potrà essere effettuata rispettando una delle seguenti condizioni:

- uso di chiave o attrezzo;
 - ripristino dell'alimentazione solo dopo la sostituzione o la richiusura della barriera o dell'involucro;
 - rimozione di barriera intermedia, con grado di protezione minimo IPXXB, solo con l'uso di chiave o attrezzo.
- I gradi di protezione IPXXB e IPXXD si riferiscono rispettivamente al fatto che il dito di prova e il filo di prova di 1 mm non possono toccare parti attive in tensione (CEI 70-1).

Misure di protezione parziale

La misura di protezione parziale si riassume mediante l'utilizzo di ostacoli e mediante il distanziamento; gli ostacoli potranno essere rimossi senza l'utilizzo di chiave od attrezzo ma dovranno essere fissati in modo tale da impedirne la rimozione accidentale, il distanziamento serve soltanto ad impedire il contatto accidentale con parti attive (parti attive simultaneamente accessibili che sono a tensioni diverse non devono essere a portata di mano).

Misure di protezione aggiuntive con interruttori automatici differenziali

Gli interruttori automatici differenziali con corrente nominale differenziale ($I_{dn} \leq 30 \text{ mA}$) sono da considerare come protezione aggiuntiva contro i contatti diretti in caso di insuccesso delle altre misure di protezione sopracitate; tali dispositivi quindi non le sostituiscono ma le integrano.

Misure di protezione contro i contatti indiretti

Protezione contro i contatti indiretti senza interruzione automatica del circuito

Tale tipo di protezione si riassume nell'utilizzo di componenti di classe II o con isolamento equivalente. Quindi la protezione dovrà essere assicurata con i seguenti mezzi:

- uso di materiale avente un isolamento doppio (segno grafico doppio quadrato) o rinforzato (classe II), quadri prefabbricati aventi un isolamento completo;
- isolamento supplementare idoneo applicato durante l'installazione a componenti aventi solo l'isolamento principale;
- isolamento rinforzato applicato alle parti attive nude durante l'installazione, solo quando ragioni costruttive non permettono l'uso di materiali con doppio isolamento;
- cavi con guaina non metallica isolati per una tensione nominale maggiore di un gradino rispetto a quella del sistema elettrico servito.

I requisiti di installazione e costruttivi principali sono:

- l'installazione deve essere effettuata in modo tale da non nuocere alla protezione assicurata;
- le parti conduttrici racchiuse entro involucro isolante non devono essere collegate ad un conduttore di protezione;

- l'involucro isolante non deve essere attraversato da parti conduttrici che possano comprometterne la protezione dai contatti indiretti;
- gli involucri isolanti devono essere in grado di sopportare sollecitazioni meccaniche, elettriche e termiche che possono prodursi.

La protezione contro i contatti indiretti senza l'interruzione automatica del circuito si può concretizzare anche mediante la protezione per separazione elettrica; tale misura di protezione si attua mediante un trasformatore di isolamento che abbia requisiti costruttivi tali da rendere improbabile un guasto tra gli avvolgimenti.

Il principio protettivo è valido nei limiti in cui:

- il sistema elettrico, ovvero il circuito secondario del trasformatore di isolamento, abbia un buon isolamento verso terra;
- le correnti capacitive siano trascurabili, pertanto il circuito a valle del trasformatore di isolamento sia poco esteso.

La condizione ideale sarebbe che il trasformatore di isolamento alimenti un solo apparecchio; tuttavia per ragioni economiche e pratiche è ammesso alimentare mediante lo stesso trasformatore più apparecchi raggruppati assieme. La norma CEI 64-8 pone il limite di 100000 Vm al prodotto della tensione nominale per la lunghezza dei circuiti alimentati dal trasformatore di isolamento. In questo caso si dovrà però considerare che un primo guasto di isolamento potrà permanere per un tempo indefinito ed un secondo guasto su un'altra fase di un altro apparecchio determinerebbe condizioni di pericolo mortale per la persona in contatto con entrambe gli apparecchi. L'interconnessione delle masse mediante un conduttore di protezione converte il doppio guasto in un cortocircuito.

Il trasformatore che assicura la separazione dei circuiti deve presentare tra gli avvolgimenti un isolamento doppio o rinforzato, o uno schermo metallico connesso a terra in modo da scongiurare un contatto tra primario e secondario (separazione di protezione). Tale separazione di protezione deve essere attuata anche tra i circuiti alimentati dal trasformatore e i circuiti di altri sistemi elettrici eventualmente presenti. È proibito il collegamento a terra delle masse in quanto si considera più pericolosa l'introduzione di tensioni pericolose mediante l'impianto di terra per guasti su altri apparecchi alimentati dalla rete.

Protezione contro i contatti indiretti con interruzione automatica del circuito

Il dispositivo di protezione deve interrompere il circuito di alimentazione in modo da evitare che tra parti simultaneamente accessibili da una persona o da un animale, possa persistere una tensione di contatto pericolosa ($U_L = 50$ V) e per un tempo sufficiente a produrre effetti fisiologici pericolosi.

Per quanto attiene a questo tipo di protezione si prescrivono le seguenti condizioni:

- tutte le masse metalliche protette dai contatti indiretti dallo stesso dispositivo dovranno essere collegate allo stesso impianto di messa a terra;
- le masse estranee e i sistemi di tubazioni metalliche accessibili devono essere collegate con l'impianto di messa a terra;
- tutte le prese a spina devono avere il contatto di terra che dovrà essere collegato con conduttore di

protezione;

- deve essere realizzato il coordinamento dei dispositivi di protezione con l'impianto di messa a terra generale in modo che risulti soddisfatta la relazione già citata:

$$R_E \times I_a \leq 50 \text{ V}$$

Interruttori differenziali

In relazione alla forma d'onda delle correnti verso terra alle quali sono sensibili, gli interruttori differenziali sono classificati in:

- tipo AC: interviene per correnti sinusoidali;
- tipo A: interviene per correnti sinusoidali e per correnti pulsanti unidirezionali sovrapposte ad una componente continua;
- tipo F: interviene per correnti sinusoidali, per correnti pulsanti unidirezionali sovrapposte ad una componente continua e per corrente multifrequenza verso terra;
- tipo B: interviene per correnti sinusoidali, fino a 1 kHz, per correnti pulsanti unidirezionali sovrapposte ad una componente continua e per componenti continue.

Per le correnti sinusoidali a 50 Hz la soglia di intervento del dispositivo differenziale è pari a I_{dn} , per le componenti pulsanti unidirezionali la soglia di intervento aumenta a $1,4 I_{dn}$ per gli interruttori differenziali di tipo A e a $2 I_{dn}$ per gli interruttori differenziali di tipo B.

Qualora sia necessario l'utilizzo di interruttori differenziali di tipo B, è opportuno dimezzare il valore della tensione di contatto limite $U_L = 25 \text{ V}$, il che equivale a dimezzare il valore di resistenza di terra R_E .

Non è consentito installare interruttori differenziali di tipo AC, A, o F a monte di interruttori differenziali di tipo B (CEI EN 62477-1 art. 4.4.8 e CEI EN 50178 art. 5.3.2.3).

Nella seguente tabella sono riportati gli obblighi normativi vigenti.

Tipo di differenziale	Circuito da proteggere	Note e riferimenti
Tipo A o tipo B	Circuiti prese fino a 32 A nei locali medici di Gruppo 1	CEI 64-8, art. 710.413.1.3
	Tutti i circuiti non alimentati dal sistema IT-M nei locali medici di Gruppo 2	
Tipo B	Impianti fotovoltaici qualora l'inverter per costruzione non sia in grado di evitare l'immissione in rete di componenti continue verso terra	CEI 64-8, art. 712.413.3.1.1.1.1
Tipo A	Ogni punto monofase di ricarica di veicoli elettrici	CEI 64-8, art. 722.531.1
Tipo B	Ogni punto trifase di ricarica di veicoli elettrici	

Tipo A	Linee UPS monofasi	CEI EN 62040-1 Il differenziale può essere di tipo AC se i componenti interni all'UPS che possono produrre correnti unidirezionali hanno isolamento doppio o rinforzato
Tipo B	Linee UPS trifasi e tri-monofasi	
	Linee per apparecchiature di saldatura ad arco	CEI EN 60974-9, art. 7.10 (l'interruttore differenziale "deve essere sensibile a tutti i tipi di corrente")
Tipo A (solo consigliato)	Linee per lavatrici e condizionatori in ambito domestico	CEI 64-8, art. 37.4.1
Tipo F	Linee per inverter azionamento motori su circuito monofase	Necessari per garantire la sicurezza
Tipo B	Linee per inverter azionamento motori su circuito trifase o fase-fase	

Le indicazioni della tabella sopra riportata sono vincolanti e sarà cura dell'impiantista garantire il loro rispetto sia in caso di ampliamenti non previsti sia in caso di difformità, nello schema elettrico, con indicazione di differenziale di categoria inferiore rispetto a quella prevista normativamente; in quest'ultimo caso dovrà essere avvisato il progettista.

Art. 9 - Protezione dei conduttori dalle sovracorrenti

Tutte le condutture saranno protette da uno o più dispositivi che interrompano automaticamente l'alimentazione quando si produce un sovraccarico o un cortocircuito.

Sovraccarichi

Le caratteristiche di funzionamento di un dispositivo di protezione contro i sovraccarichi, generalmente realizzate con interruttori di tipo automatico, devono soddisfare le seguenti due condizioni:

$$1) I_b \leq I_n \leq I_z \quad (0,9 \times I_z \text{ se con fusibile})$$

$$2) I_f \leq 1,45 I_z$$

dove:

- I_b = corrente nominale del circuito;
- I_z = portata in regime permanente della conduttura;
- I_n = corrente nominale del dispositivo di protezione (per i dispositivi di protezione regolabili I_n è la corrente di regolazione scelta);
- I_f = corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale in condizioni definite.

La protezione contro i sovraccarichi può essere omessa per:

- condutture poste a valle di variazioni di sezione già protette contro i sovraccarichi da dispositivi di protezione posti a monte;
- condutture che alimentano apparecchi utilizzatori che per natura non possono dar luogo a sovraccarichi (per es. apparecchi di illuminazione, apparecchi termici quali scaldacqua o caloriferi e motori con corrente a rotore bloccato inferiore alla portata della conduttura) a condizione che tali condutture siano protette dai cortocircuiti;
- gli impianti di telecomunicazione, comando, segnalazione e simili.

La protezione contro i sovraccarichi è vietata per tutti quei circuiti che alimentano utilizzatori in cui l'improvvisa interruzione dell'alimentazione potrebbe dar luogo a situazioni pericolose, a titolo d'esempio:

- i circuiti di eccitazione delle macchine rotanti;
- i circuiti di alimentazione degli elettromagneti di sollevamento;
- i circuiti secondari dei trasformatori di corrente;
- i circuiti che alimentano i servizi di sicurezza (dispositivi di estinzione dell'incendio, ecc.).

Cortocircuiti

Le protezioni contro il cortocircuito devono soddisfare le seguenti condizioni:

$$1) \int I^2 dt \leq K^2 \times S^2$$

dove:

- $\int I^2 dt$ è l'integrale di Joule o energia specifica lasciata passare, per la durata del cortocircuito, dal dispositivo di protezione; in particolare I rappresenta il valore efficace della componente simmetrica della corrente di cortocircuito e t rappresenta il tempo di intervento del dispositivo di protezione assunto inferiore o uguale a 5 s.
- K è il valore del coefficiente tipico del cavo (115 per i conduttori in rame isolati in PVC, 135 per i conduttori in rame isolati con gomma ordinaria o gomma butilica e 143 per i conduttori in rame isolati con gomma etilenpropilenica e propilene reticolato);
- S è il valore in mm² della sezione del cavo in esame.

La formula descritta è valida per i cortocircuiti di durata massima di 5 s e deve essere verificata per un cortocircuito che si produca in un punto qualsiasi della conduttura protetta.

I dispositivi di protezione contro il cortocircuito devono essere installati nei punti del circuito ove avviene una variazione delle caratteristiche del cavo (S , K) tali da non soddisfare la disequazione suddetta eccetto nel caso in cui il tratto di conduttura tra il punto di variazione appena citato e il dispositivo soddisfi contemporaneamente le seguenti condizioni:

- lunghezza tratto massimo 3 m;
- realizzato in modo che la probabilità che avvenga un cortocircuito sia bassissima;
- non sia disposto nelle vicinanze di materiale combustibile o in luoghi a maggior rischio in caso di incendio o di esplosione.

2) avere un potere di interruzione superiore alla corrente presunta di cortocircuito presente nel punto di

installazione;

3) il valore minimo della corrente di cortocircuito produrrà l'apertura del dispositivo entro 5 secondi;

4) essere installate all'inizio della condotta.

È ammessa l'omissione dei dispositivi di protezione contro i cortocircuiti per:

- condutture che collegano generatori, trasformatori, raddrizzatori, batterie di accumulatori ai rispettivi quadri di comando, quando i dispositivi di protezione siano posti su questi quadri;
- tutti quei circuiti la cui apertura potrebbe comportare pericoli per il funzionamento degli impianti (come indicato per i sovraccarichi);
- alcuni circuiti di misura;

a condizione che siano contemporaneamente soddisfatte le seguenti condizioni:

- a) la condotta sia realizzata in modo da ridurre al minimo il rischio di cortocircuito;
- b) la condotta non sia posta in vicinanza di materiali combustibili.

Il coordinamento tra la protezione contro i sovraccarichi e la protezione contro i cortocircuiti può essere ottenuta tramite:

- un dispositivo di protezione contro i sovraccarichi (se rispetta le prescrizioni contenute nella Norma CEI 64-8 Sez. 433 ed ha un potere di interruzione maggiore o uguale al valore della corrente di cortocircuito presunta nel suo punto di installazione);
- dispositivi distinti, coordinati in modo che l'energia lasciata passare dal dispositivo di protezione dal cortocircuito sia inferiore o uguale a quella massima sopportabile dal dispositivo di protezione dal sovraccarico.

Il Tecnico