| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| 0 | 11/2017 | PRIMA EMISSIONE | BERTERO | BERTERO | CASSANI |
| **Revisione** | **Data** | **Oggetto revisione** | **Redatto** | **Verificato** | **Approvato** |

REGIONE LIGURIA

#ItaliaSicura Presidenza del Consiglio dei Ministri

COMUNE DI GENOVA

# PIANO STRALCIO PER LE AREE METROPOLITANE E LE AREE URBANE CON ALTO LIVELLO DI POPOLAZIONE ESPOSTA AL RISCHIO DI ALLUVIONI

Presidenza del Consiglio dei Ministri

PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI
COMMISSARIO STRAORDINARIO
delegato per l'attuazione degli interventi inseriti nell'A.d.P. del 16.09.2010 e ss.ii.
(ex art. 10 del D.L. n. 91 del 24.06.2014)

Commissario straordinario

**Dott. Giovanni TOTI**

PROGETTISTI

CAPOGRUPPO MANDATARIA:

ROCKSOIL S.p.A.
CONSULENZA E ASSISTENZA TECNICA
nel campo della GEOINGEGNERIA

MANDANTI:

art ambiente risorse territorio

HYDRODATA INGEGNERIA DELLE RISORSE IDRICHE

**Ing. Mario CANGIANO**

**Ing. Paolo GALLO**

**Ing. Francesco DE SANCTIS**

**Dott.ssa Francesca GIOMI**

RESPONSABILE STRUTTURA COMMISSARIALE: **Ing. Luca BERRUTI**

RESPONSABILE UNICO PROCEDIMENTO: **Ing. Stefano PINASCO**

Progettista responsabile integrazioni prestazioni specialistiche e Direttore Tecnico della mandataria.
Rocksoil S.p.A.
Ing. Giovanna Cassani
Ord. Ingg. Milano N° 20997

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MILANO
DOTT. ING. CASSANI GIOVANNA
Sez. A Settori a) civile e ambientale b) industriale c) dell'informazione
n° A 20997

Progettista/Progettisti responsabili elaborato
Hydrodata S.p.A.
Ing. Roberto Bertero
Ord. Ingg. Torino N° 7570L

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI TORINO
Dott. Ing. ROBERTO BERTERO n. 7570 L

Intervento/Opera

## SECONDO LOTTO DEI LAVORI RELATIVI ALLA REALIZZAZIONE DELLA GALLERIA SCOLMATRICE DEL TORRENTE BISAGNO IN COMUNE DI GENOVA

PROGETTO ESECUTIVO

N° Progr. ----

Codice elaborato: BIS2E - H - ELM01 - RE01 - 0

Oggetto della tavola

## IMPIANTI ELETTRICI-ELETTROMECCANICI

Relazione tecnica impianto elettrico

Scala

Data: NOVEMBRE 2017

Codice FILE: BIS2E-H-ELM01-RE01-0.DWG

I DISEGNI E LE INFORMAZIONI IN ESSI CONTENUTE SONO PROPRIETA' ESCLUSIVA DELLA STRUTTURA COMMISSARIALE E NON POSSONO ESSERE MODIFICATI, RIPRODOTTI, RESI PUBBLICI O UTILIZZATI PER USI DIFFERENTI DA QUELLI PER CUI SONO STATI REDATTI, SALVO AUTORIZZAZIONE SCRITTA.

## INDICE

**1 COMMITTENTE ..... 3**
**2 OGGETTO ..... 3**
**3 DESCRIZIONE DELLE OPERE ..... 3**
**4 CORRENTE DI CORTOCIRCUITO PREVISTA NEL PUNTO CONSEGNA ..... 4**
**5 CATEGORIA IMPIANTO ..... 4**
**6 SISTEMA DI DISTRIBUZIONE IMPIANTO ELETTRICO ..... 4**
**7 IMPIANTO DISPERDENTE DI MESSA A TERRA ..... 4**
**8 IDENTIFICAZIONE DEL TIPO DI AMBIENTE ..... 4**
*8.1 CLASSIFICAZIONE DEI LOCALI ..... 4*
**9 RIFERIMENTO ALLA DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO ..... 4**
**10 ELENCO LEGGI, LEGGI E REGOLAMENTI APPLICABILI ..... 4**
**11 PRESCRIZIONI NECESSARIE PER LA SICUREZZA DEGLI IMPIANTI ELETTRICI (REGOLA GENERALE) 7**
*11.1 PROTEZIONE DAI CONTATTI DIRETTI ..... 7*
*11.2 PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI ..... 7*
11.2.1 Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione ..... 8
11.2.2 Protezione mediante componenti elettrici di classe II o con isolamento equivalente ..... 10
*11.3 PROTEZIONE DALLE CONDUTTURE DALLE SOVRACORRENTI (SOVRACCARICO E CORTOCIRCUITO) ..... 11*
11.3.1 Introduzione ..... 11
11.3.2 Protezione dai sovraccarichi ..... 11
11.3.3 Protezione dai cortocircuiti ..... 13
**12 PRESCRIZIONI TECNICHE GENERALI PER LA REALIZZAZIONE DEGLI IMPIANTI ..... 14**
*12.1 PRESCRIZIONI RIGUARDANTI I CIRCUITI ..... 15*
12.1.1 Caduta di tensione ..... 15
12.1.2 Cavi e conduttori ..... 15
*12.2 CANALIZZAZIONI ..... 17*
12.2.1 Suddivisione dei circuiti ..... 17
12.2.2 Tubi protettivi, percorso tubazioni, cassette di derivazione ..... 17
12.2.3 Canalette porta cavi ..... 18
12.2.4 Impianti a pavimento ..... 18
12.2.5 Impianti incassati in pareti ..... 18
12.2.6 Tubazioni per le costruzioni prefabbricate ..... 19
12.2.7 Posa di cavi elettrici, isolati, sotto guaina, interrati ..... 19
12.2.8 Posa di cavi elettrici, isolati, sotto guaina, in cunicoli praticabili ..... 20
12.2.9 Posa di cavi elettrici, isolati, sotto guaina, in tubazioni interrate o non interrate, o in cunicoli non praticabili ..... 21
12.2.10 Posizionamento scatole e cassette ..... 21
12.2.11 Integrità delle canalizzazioni ..... 21
12.2.12 Integrità delle cassette e delle scatole incassate ..... 21
12.2.13 Integrità delle placche e dei coperchi ..... 21
**13 QUALITÁ E CARATTERISTICHE DEI MATERIALI ..... 21**
**14 VERIFICHE ..... 22**
*14.1 ESAME A VISTA ..... 22*
*14.2 IDONEITÀ DELLE CONNESSIONI ..... 22*
*14.3 IDENTIFICAZIONE DEI CONDUTTORI DI NEUTRO E DI PROTEZIONE ..... 22*

*14.4 VERIFICA DEL TIPO E DIMENSIONAMENTO DEI COMPONENTI DELL'IMPIANTO E DELL'APPOSIZIONE DEI CONTRASSEGNI DI IDENTIFICAZIONE ..... 22*
*14.5 VERIFICA DELLA SFILABILITÀ DEI CAVI ..... 22*
*14.6 PROVE DI FUNZIONAMENTO ..... 23*
*14.7 MISURA DELLA RESISTENZA DI ISOLAMENTO ..... 23*
*14.8 MISURA DELLE CADUTE DI TENSIONE ..... 23*
*14.9 VERIFICA DELLE PROTEZIONI CONTRO I CORTOCIRCUITI ED I SOVRACCARICHI ..... 23*
*14.10 VERIFICA DELLE PROTEZIONI CONTRO I CONTATTI INDIRETTI ..... 24*
*14.11 VERIFICA DI FUNZIONAMENTO DEGLI INTERRUTTORI DIFFERENZIALI ..... 24*
*14.12 RAPPORTO DI VERIFICA ..... 24*
**15 DICHIARAZIONE DI CONFORMITÀ ..... 25**
**16 OMOLOGAZIONE IMPIANTO DI TERRA E VERIFICHE PERIODICHE ..... 25**
*16.1 OMOLOGAZIONE IMPIANTO SECONDO DPR 462/2001 ..... 25*
*16.2 VERIFICHE PERIODICHE SECONDO DPR 462/2001 ..... 25*

# 1 COMMITTENTE

REGIONE LIGURIA – COMUNE DI GENOVA

# 2 OGGETTO

SECONDO LOTTO DEI LAVORI RELATIVI ALLA REALIZZAZIONE DELLA GALLERIA SCOLMATRICE DEL TORRENTE BISAGNO IN COMUNE DI GENOVA

# 3 DESCRIZIONE DELLE OPERE

Il presente documento descrive il dimensionamento svolto per le componenti costituenti gli impianti elettrici annessi all'infrastruttura idraulica dello scolmatore del t. Bisagno.

Nello specifico il sistema in oggetto risulta costituito da:

- quadro distribuzione c.a. con alimentazione principale in B.T. (400 V c.a..trifase) con fornitura dal distributore locale e da n. 2 gruppi elettrogeni di emergenza;
- quadro automazione per controllo paratoie di sbarramento;
- impianto di illuminazione interno edificio di controllo, aree esterne e area esterna zona briglia selettiva;
- impianti ausiliari antintrusione, rilevazione incendi, videosorveglianza e telefonia.

L'alimentazione elettrica dell'area di pertinenza della briglia selettiva si origina dal quadro di distribuzione principale, attraverso specifico cavo di collegamento.

Il sistema di automazione sarà basato su tecnologia PLC in grado di consentire il comando manuale locale o remoto delle paratoie o il funzionamento in automatico.

Nel caso di funzionamento locale sarà possibile azionare singolarmente le paratoie dal touch screen posto nel quadro automazione o dai quadri di comando locali posti in prossimità delle paratoie o attraverso la postazione remota di telecontrollo.

La selezione della modalità di comando manuale avverrà previo inserimento di specifica password operatore o mediante selettore a chiave meccanica.

Il funzionamento automatico consentirà il posizionamento delle paratoie secondo specifici gradi di apertura in ragione dei livelli rilevati a monte e a valle dello sbarramento e quello rilevato sullo sfioratore di alimentazione dello scolmatore. I parametri dell'algoritmo di posizionamento saranno impostabili nel PLC attraverso il touch screen o da postazione remota previo inserimento di una password di configurazione (differente dalla password operatore).

Sarà inoltre disponibile un funzionamento semiautomatico nel quale il sistema PLC suggerirà il corretto posizionamento delle paratoie, lasciando all'operatore locale o remoto l'effettivo azionamento delle stesse in ragione di ulteriori valutazioni di opportunità legate al contesto esterno di evoluzione dell'evento di piena.

L'accesso remoto avverrà attraverso l'interfaccia WEB del sistema di automazione, previa instaurazione di una commessione dati protetta su VPN.

Ciò consentirà l'impiego di qualsiasi postazione PC connessa in rete, senza necessità di fornitura di una postazione specifica dedicata.

Le informazioni di stati di emergenza relative ai sistemi antintrusione e rilevamento incendio saranno inviate tramite SMS attraverso uno specifico modem GSM, oltre che essere riportate sul sistema di automazione.

# 4 CORRENTE DI CORTOCIRCUITO PREVISTA NEL PUNTO CONSEGNA

La corrente di cortocircuito calcolata nel punto di alimentazione è pari a 15 kA. L'impianto elettrico a valle del punto di alimentazione è stato dimensionato in base a tale valore.

# 5 CATEGORIA IMPIANTO

L'impianto elettrico è classificato secondo le norme CEI 64-8 p. **2** art. **22.1** di prima categoria.

# 6 SISTEMA DI DISTRIBUZIONE IMPIANTO ELETTRICO

Il sistema di distribuzione è di tipo **TT**, ossia vi è un impianto di terra realizzato dall'utente elettricamente indipendente dall' impianto di terra dell'ente distributore (CEI 64-8 par. **3** sez. **312.2.2**).

# 7 IMPIANTO DISPERDENTE DI MESSA A TERRA

L'impianto disperdente di terra sarà realizzato tramite l'utilizzo di dispersori intenzionali (corda di rame nudo interrata) e dispersori naturali (ferri degli elementi di fondazione in CA). Il nuovo impianto disperdente sarà collegato all'impianto disperdente esistente dell'insediamento industriale è dovrà garantire un'adeguata protezione dai contatti diretti ed indiretti sia in caso di guasto.

# 8 IDENTIFICAZIONE DEL TIPO DI AMBIENTE

## 8.1 CLASSIFICAZIONE DEI LOCALI

La determinazione dell'ambiente è stata stabilita da molteplici parametri opportunamente valutati in sede di progetto, quali ad esempio:

- densità di affollamento;
- massimo affollamento ipotizzabile;
- tempo massimo per lo sfollamento in caso d'incendio;
- entità del danno per animali e/o cose;
- comportamento al fuoco delle strutture dell'edificio;
- presenza di materiali combustibili;
- tipo di utilizzazione dell'edificio;
- situazione organizzativa per quanto riguarda la protezione antincendio;

# 9 RIFERIMENTO ALLA DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO

La consistenza degli impianti da realizzare è illustrata e specificata sulla documentazione di progetto.

# 10 ELENCO LEGGI, LEGGI E REGOLAMENTI APPLICABILI

**DISPOSIZIONI DI LEGGE :**

| | |
|---|---|
| **Legge N° 186/68** | (inerente alla regola dell'arte) |
| **DM 37/08** | (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 di edifici) |

**D.P.R. 462/2001** (Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi)

**NORME:**

| |
|---|
| Norma It. CEI 0-14 - Class. CEI 0-14 - CT 0 - Fascicolo 7528 - Anno 2005 - Edizione Prima<br><br>Italiano DPR 22 ottobre 2001, n.462<br><br>Guida all'applicazione del DPR 462/01 relativo alla semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra degli impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi |
| Norma It. CEI-UNEL 35024/1 - Class. CEI 20 - CT 20 - Fascicolo 3516 - Anno 1997 - Edizione<br><br>Italiano Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua<br><br>Portate di corrente in regime permanente per posa in aria |
| Norma It. CEI-UNEL 35024/2 - Class. CEI 20 - CT 20 - Fascicolo 3517 - Anno 1997 - Edizione<br><br>Italiano Cavi elettrici ad isolamento minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua<br><br>Portate di corrente in regime permanente per posa in aria |
| Norma It. CEI-UNEL 35024/1;Ec - Class. CEI 20 - CT 20 - Fascicolo 4610 - Anno 1998 - Edizione<br><br>Italiano Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua Portate di corrente in regime permanente per posa in aria |
| Norma It. CEI-UNEL 35026 - Class. CEI 20 - CT 20 - Fascicolo 5777 - Anno 2000 - Edizione Seconda<br><br>Italiano Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata |
| Norma It. CEI 20-40 - Class. CEI 20-40 - CT 20 - Fascicolo 4831 - Anno 1998 - Edizione Seconda<br><br>Italiano Guida per l'uso di cavi a bassa tensione |
| Norma It. CEI 20-40;V1 - Class. CEI 20-40;V1 - CT 20 - Fascicolo 7402 - Anno 2004 - Edizione<br><br>Italiano Guida per l'uso di cavi a bassa tensione |
| Norma It. CEI 20-40;V2 - Class. CEI 20-40;V2 - CT 20 - Fascicolo 7403 - Anno 2004 - Edizione<br><br>Italiano Guida per l'uso di cavi a bassa tensione |
| Norma It. CEI 20-40;V3 - Class. CEI 20-40;V3 - CT 20 - Fascicolo 9629 - Anno 2009<br><br>Italiano Guida per l'uso di cavi armonizzati a bassa tensione |
| Norma It. CEI 20-40;V4 - Class. CEI 20-40;V4 - CT 20 - Fascicolo 10647 - Anno 2010<br><br>Italiano Guida per l'uso di cavi armonizzati a bassa tensione |
| Norma It. CEI 20-67 - Class. CEI 20-67 - CT 20 - Fascicolo 5915 - Anno 2001 - Edizione Prima<br><br>Italiano Guida per l'uso dei cavi 0,6/1 kV |
| Norma It. CEI 20-67;V1 - Class. CEI 20-67;V1 - CT 20 - Fascicolo 9741 - Anno 2009 |

| |
|---|
| Italiano Guida per l'uso dei cavi 0,6/1 kV |
| Norma It. CEI 64-8/1 - Class. CEI 64-8/1 - CT 64 - Fascicolo 11956 - Anno 2012<br>Italiano Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e a 1 500 V in corrente continua<br>Parte 1: Oggetto, scopo e principi fondamentali |
| Norma It. CEI 64-8/2 - Class. CEI 64-8/2 - CT 64 - Fascicolo 11957 - Anno 2012<br>Italiano Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e a 1 500 V in corrente continua<br>Parte 2: Definizioni |
| Norma It. CEI 64-8/3 - Class. CEI 64-8/3 - CT 64 - Fascicolo 11958 - Anno 2012<br>Italiano Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e a 1 500 V in corrente continua<br>Parte 3: Caratteristiche generali |
| Norma It. CEI 64-8/4 - Class. CEI 64-8/4 - CT 64 - Fascicolo 11959 - Anno 2012<br>Italiano Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e a 1 500 V in corrente continua<br>Parte 4: Prescrizioni per la sicurezza |
| Norma It. CEI 64-8/5 - Class. CEI 64-8/5 - CT 64 - Fascicolo 11960 - Anno 2012<br>Italiano Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e a 1 500 V in corrente continua<br>Parte 5: Scelta ed installazione dei componenti elettrici |
| Norma It. CEI 64-8/6 - Class. CEI 64-8/6 - CT 64 - Fascicolo 11961 - Anno 2012<br>Italiano Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e a 1 500 V in corrente continua<br>Parte 6: Verifiche |
| Norma It. CEI 64-8/7 - Class. CEI 64-8/7 - CT 64 - Fascicolo 11962 - Anno 2012<br>Italiano Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e a 1 500 V in corrente continua<br>Parte 7: Ambienti ed applicazioni particolari |
| Norma It. CEI 23-51 - Class. CEI 23-51 - CT 23 - Fascicolo 7204 - Anno 2004 - Edizione Seconda<br>Italiano Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare |
| Norma It. CEI 64-14 - Class. CEI 64-14 - CT 64 - Fascicolo 8706 - Anno 2007 - Edizione Seconda<br>Italiano Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori |

Prescrizioni del Comando dei Vigili del Fuoco competente

Disposizioni dell'Azienda Fornitrice

Prescrizioni e regolamenti di Enti Locali

# 11 PRESCRIZIONI NECESSARIE PER LA SICUREZZA DEGLI IMPIANTI ELETTRICI (REGOLA GENERALE)

L'impianto elettrico deve, in ogni caso, soddisfare le prescrizioni per la sicurezza riportate nella norma 64-8 Parte 4 (edizione settima). In particolare:

## 11.1 PROTEZIONE DAI CONTATTI DIRETTI

Per "contatto diretto" si intende "contatto di persone con parti attive". Le misure di protezione possono essere classificate nei seguenti modi:

- misure atte a conseguire la protezione totale: isolamento, involucri o barriere;
- misure atte a conseguire una protezione parziale: ostacoli, distanziamento;
- protezione addizionale: interruttore differenziale con corrente nominale differenziale non superiore a 30 mA.

Per la protezione totale, le prescrizioni sono le seguenti:

- isolamento delle parti attive: detto isolamento deve poter essere rimosso solo tramite la sua distruzione; in genere vernici, lacche, smalti non sono considerati idonei ad assicurare la protezione dai contatti diretti;
- protezione mediante involucri o barriere. Le parti attive totalmente o a tratti non isolate si considerano protette dai contatti diretti quando sono poste in involucri o dietro barriere con grado di protezione pari almeno a IP2X o IPXXB; le superfici orizzontali di barriere o involucri che sono a portata di mano devono avere grado di protezione pari ad almeno IP4X o IPXXD; le barriere e gli involucri devono essere saldamente fissati e devono conservarsi nel tempo, tenendo conto delle reali condizioni ambientali nelle quali sono utilizzati; la rimozione delle barriere o l'apertura degli involucri deve essere possibile ad esempio con l'uso di una chiave o di un attrezzo.Una volta interrotta l'alimentazione per accedere all'interno degli involucri o per rimuovere le barriere, il ripristino dell'alimentazione è possibile solo dopo aver riposizionato le barriere o richiuso gli involucri. Inoltre, quando una barriera intermedia, con grado di protezione non inferiore a IP2X o IPXXB, protegge dal contatto con parti attive, può essere rimossa solo con l'uso di una chiave o di un attrezzo. La protezione parziale (Norma CEI 64-8 art. 21.8) è applicata in pratica solo nelle officine elettriche (centrali elettriche, stazioni di trasformazione o conversione, cabine); si rimanda alle trattazioni specifiche sull'argomento. Come protezione addizionale dai contatti diretti, è consentito l'utilizzo di un interruttore differenziale con corrente nominale differenziale non superiore a 30 mA. Infatti, a seguito di un contatto diretto, la conseguente corrente attraversa il corpo di chi è in contatto con parti attive e può essere rilevata da un interruttore differenziale. Per garantire la protezione delle persone, però, la corrente nominale differenziale del dispositivo deve essere opportunamente limitata: si considera 30 mA come limite massimo accettabile. L'interruttore differenziale così scelto deve sempre essere abbinato ad una delle misure di protezione sopra descritte e non è idoneo alla protezione contro tutti i contatti diretti che si possono presentare, ad esempio il contatto simultaneo con due parti attive.Tutto quanto sin qui indicato è trattato nell'art. 412 della già citata Norma CEI 64-8.

## 11.2 PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI

Per "contatto indiretto" si intende "contatto di persone con una massa in tensione per un guasto" (Norma CEI 64-8 all'art. 23.6). La definizione di massa è data nell'art. 23.2 della stessa Norma e nel relativo commento: massa è una parte conduttrice di un componente elettrico che può essere toccata, che non è in tensione in condizioni ordinarie, ma che può andare in tensione per un cedimento dell'isolamento principale. Si noti che la dicitura "che può essere toccata" non implica che sia a portata di mano: pertanto, l'involucro metallico di un apparecchio installato ad una altezza tale da non essere naturalmente raggiungibile, è

comunque una massa. Nella realizzazione di quadri si consideri il caso di una parte conduttrice, che può andare in tensione per guasto dell'isolamento fondamentale, posta dietro involucri o barriere rimovibili solo con un attrezzo:

- essa non è una massa se gli involucri e barriere sono rimovibili solo con l'ausilio di attrezzi e non è necessario rimuoverli nell'esercizio ordinario (ad esempio) per accedere ad un organo di manovra;
- essa è una massa se involucri e barriere sono asportabili senza l'uso di attrezzi o debbano essere asportati nell'esercizio ordinario.

Da quanto detto, scaturisce che la protezione dai contatti indiretti si traduce, praticamente, in una opportuna protezione delle masse. Le misure di protezione sono elencate nel seguito (Norma CEI 64-8 art. 413):

- protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione;
- protezione mediante componenti elettrici di classe II o con isolamento equivalente;
- protezione mediante luoghi non conduttori;
- protezione mediante collegamento equipotenziale locale non connesso a terra;
- protezione per separazione elettrica.

Qui di seguito vengono esposte solo le considerazioni generali, in particolare quelle inerenti la protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione e mediante componenti di classe II.

### *11.2.1 Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione*

Il principio fondamentale di questa misura di protezione è quello di creare un coordinamento tra l'impianto di terra e le protezioni di massima corrente o differenziali, mediante opportuni collegamenti a terra ed equipotenziali ed una via preferenziale alla corrente legata al guasto dell'isolamento fondamentale, in modo che:

- essa possa essere opportunamente rilevata e interrotta all'insorgere dell'evento;
- la stessa non sia pericolosa per una persona che può essere in contatto con la massa interessata dal guasto. I concetti che stanno alla base di quanto sinteticamente detto sono i seguenti:
- il guasto deve essere rilevato ed interrotto quando esso si verifica; questo per limitare la probabilità che una persona possa incorrere in un contatto indiretto;
- il valore di tensione assumibile dalle masse ed il tempo di permanenza della stessa deve essere opportunamente limitato, per evitare danni alle persone in caso di eventuale contatto indiretto; la determinazione del tipo di protezione deve essere effettuata in base al tipo di sistema di distribuzione, così come nel seguito descritto.

La protezione si consegue realizzando i collegamenti a terra e l'impianto di terra (compresi i collegamenti equipotenziali) e coordinando opportunamente il valore della resistenza di terra con le caratteristiche di intervento (corrente e tempo) dei dispositivi di protezione.

Tutte le masse devono essere collegate ad un conduttore di protezione; le masse simultaneamente accessibili devono essere collegate allo stesso impianto di terra.

Deve essere realizzato anche il collegamento equipotenziale principale collegando tra di loro il conduttore di protezione, il conduttore di terra, il collettore principale di terra e le seguenti masse estranee:

- i tubi che alimentano i servizi dell'edificio (gas, acqua, ecc.);
- le parti strutturali metalliche dell'edificio e le canalizzazioni del riscaldamento centrale e del condizionamento dell'aria;
- le armature principali del cemento armato, se possibile.

Se le masse estranee provengono dall'esterno dell'edificio, esse

devono essere collegate il più vicino possibile al loro punto di entrata nell'edificio.

Al conduttore equipotenziale principale, inoltre, devono essere collegati gli schermi metallici dei cavi di telecomunicazione, chiedendo il consenso dei proprietari e degli utilizzatori di detti cavi. È necessario rimarcare nel presente paragrafo l'importanza della scelta del dispositivo di protezione e il suo coordinamento con l'impianto di terra.

*11.2.1.1 Protezione nei sistemi TT*

Nei sistemi TT la protezione dai contatti indiretti è garantita quando:

$$R_A \times I_A \leq 50$$

dove:

$R_A$ - somma delle resistenze del dispersore e dei conduttori di protezione delle masse in ohm;

$I_A$ - corrente che provoca il funzionamento automatico del dispositivo di protezione.

Il concetto che sta alla base della protezione nei sistemi TT, espresso dalla precedente relazione, è quello di causare l'interruzione dell'alimentazione quando la tensione sulle masse raggiunge quel valore che, convenzionalmente, può essere sopportato per un tempo indefinito: detto valore, in condizioni ordinarie, è 50 V. Per le condizioni particolari, si rimanda alle trattazioni specifiche. In linea generale, la protezione può essere attuata da un dispositivo di protezione dalle sovracorrenti:

- se il dispositivo ha una caratteristica di funzionamento a tempo inverso, $I_A$ è la corrente che ne provoca il funzionamento automatico in 5 s.
- se il dispositivo ha una caratteristica a scatto istantaneo, $I_A$ è la corrente che ne provoca il funzionamento a scatto istantaneo.

Utilizzando detto tipo di dispositivo, però, la relazione precedente è difficilmente rispettabile; infatti la resistenza $R_A$ dovrebbe assumere valori sufficientemente piccoli, difficilmente ottenibili nei sistemi TT.

Il rispetto, invece, della relazione è molto più facilmente garantito quando per la protezione vengano utilizzati interruttori differenziali; in questo caso $I_A$ coincide con la corrente nominale differenziale del dispositivo $I_{dn}$ e la relazione precedente diviene:

$$R_A \times I_{dn} \leq 50$$

Così possono essere accettati valori di $R_A$ più elevati e quindi più facilmente ottenibili in pratica.

Nel rispetto della precedente relazione, è possibile utilizzare, per ragioni di selettività, differenziali di tipo S in serie a dispositivi differenziali di tipo generale. Le prescrizioni per ottenere la selettività tra interruttori differenziali sono date nell'art. 536.3 e relativo commento della Norma CEI 64-8; la selettività tra interruttori differenziali posti in cascata si ottiene quando:

- l'interruttore a monte è di tipo S, mentre quello a valle è di tipo generale;
- la corrente differenziale nominale del dispositivo a monte è adeguatamente superiore (di massima tre volte) a quella del dispositivo a valle.

Inoltre, sempre per ragioni di selettività, nei circuiti di distribuzione (tutti i circuiti di potenza che non siano circuiti terminali), è possibile utilizzare interruttori differenziali ritardati fino al massimo di 1 s. Se la relazione sopra riportata non dovesse essere rispettata a causa di un valore troppo elevato di $R_A$, è necessario realizzare un collegamento equipotenziale supplementare. Questo deve comprendere tutti gli elementi conduttori simultaneamente accessibili, quali: masse dei componenti, masse estranee, armature del

cemento armato (quando possibile). Il sistema equipotenziale così ottenuto deve essere connesso ai conduttori di protezione di tutti i componenti elettrici, inclusi quelli delle prese a spina. Il collegamento equipotenziale è efficace se la resistenza R, tra le masse e le masse estranee, simultaneamente accessibili soddisfa la seguente relazione:

$$R \leq 50 / I_{dn}$$

Tutto questo è indicato nell'art. 413.1.1 e 413.1.4 della Norma CEI 64-8.

### *11.2.2 Protezione mediante componenti elettrici di classe II o con isolamento equivalente*

In alternativa alle misure illustrate in precedenza, la protezione contro i contatti indiretti può essere ottenuta mediante l'uso di componenti che, in aggiunta all'isolamento principale, sono dotati di un ulteriore isolamento (isolamento supplementare). Questa misura di protezione è definita doppio isolamento.

Ai fini della sicurezza è equiparabile, ad un doppio isolamento, un unico isolamento opportunamente rinforzato, in modo che esso abbia proprietà equivalenti ad un doppio isolamento (isolamento rinforzato). Componenti con isolamento doppio o rinforzato sono denominati di classe II. Detti componenti non devono avere nessuna parte da collegare all'impianto di terra. Possono essere assimilati a componenti di classe II anche i quadri prefabbricati con isolamento completo (Norma CEI EN 60439-1). Si rimanda alla trattazione specifica sull'argomento per le prescrizioni inerenti a detti quadri. I componenti di classe II sono protetti dai contatti indiretti quando sono realizzati e provati secondo le relative Norme di prodotto e contrassegnati secondo le stesse Norme di prodotto; inoltre essi devono essere identificati mediante il simbolo tipico dei componenti di classe II.

Ad un componente munito di solo isolamento di base può essere aggiunto un isolamento supplementare, che deve presentare un grado di sicurezza equivalente ai componenti di classe II. Così facendo il componente è equiparato, al fine della protezione dai contatti indiretti, ad un componente di classe II. Questo vale anche per un isolamento rinforzato applicato sulle parti attive nude durante l'installazione. In questi casi (isolamento rinforzato realizzato dall'installatore), la Normativa consiglia di applicare il segno grafico relativo al divieto di collegamento a terra ben visibile.

Applicare un isolamento supplementare o rinforzato significa contenere le parti attive, isolate o no, in un involucro avente grado di protezione pari almeno a IP2X o IPXXB.

Detto involucro:

- deve poter sopportare tutte le sollecitazioni (meccaniche, termiche e elettriche) che si possono presentare; in genere non si ritiene che vernici e lacche siano idonee a creare un isolamento supplementare o rinforzato;
- non deve essere attraversato da parti conduttrici che possano propagare un potenziale;
- non deve avere viti in materiale isolante che possano essere sostituite con viti in materiale conduttore che potrebbero compromettere l'isolamento;
- se esso è dotato di porte o coperchi che possono essere asportati senza l'uso di una chiave o di un attrezzo, le parti conduttrici all'interno devono essere protette con barriere aventi grado di protezione almeno IP2X o IPXXB. Queste barriere devono poter essere rimosse solo con l'uso di una chiave o di un attrezzo.

Nell'uso di componenti di classe II, la Norma CEI 64-8 prescrive di curare l'installazione degli stessi in modo da non danneggiare la protezione assicurata. La Norma stessa fornisce, poi, le indicazioni per realizzare le condutture in classe II nei sistemi con tensione nominale fino a 690 V (Norma CEI 64-8, commento all'art. 413.2.1.1):

- cavi con guaina non metallica, aventi tensione nominale maggiore di un gradino rispetto a quella necessaria nell'impianto elettrico in studio;
- cavi unipolari senza guaina, installati in tubi protettivi o canali isolanti, rispondenti alle rispettive Norme di prodotto;
- cavi con guaina metallica, aventi isolamento idoneo per la tensione nominale dell'impianto in studio sia tra la parte attiva e la guaina metallica, sia tra la guaina e l'esterno.

Le parti metalliche in contatto con i cavi sopra elencati non sono da considerare come masse.

Nel citato commento all'art. 413.2.1.1 vengono date indicazioni per realizzare in classe II il circuito d'ingresso di un quadro metallico: viene infatti detto che "i tratti di cavo compresi tra l'ingresso dell'alimentazione di un quadro metallico ed il dispositivo di protezione destinato alla protezione contro i contatti indiretti, si considerano idonei a soddisfare le prescrizioni del" doppio isolamento "anche se sono sprovvisti di guaina non metallica o non sono installati in tubi protettivi o in canali isolanti, quando abbiano la lunghezza strettamente necessaria ad effettuare la connessione ai terminali del dispositivo di protezione".

## 11.3 PROTEZIONE DALLE CONDUTTURE DALLE SOVRACORRENTI (SOVRACCARICO E CORTOCIRCUITO)

### *11.3.1 Introduzione*

Le sovracorrenti si possono considerare associate a due fenomeni distinti:

- sovraccarico: tipico di un circuito elettricamente sano, nel quale la corrente assume un valore superiore alla corrente di impiego prevista;
- corto circuito: tipico di un guasto d'isolamento del circuito o degli utilizzatori, nel quale la corrente può assumere valori elevati.

La protezione da detti eventi deve essere attuata in modo che gli stessi non causino danni permanenti all'impianto: un corto circuito deve essere eliminato in tempi decisamente brevi, in quanto evento distruttivo e derivante da guasto solitamente permanente (almeno in bassa tensione). Un sovraccarico può, invece permanere per tempi più lunghi in quanto, non essendo associato ad un fenomeno di guasto, può estinguersi da sé; va eliminato (interruzione dell'alimentazione) solo quando il tempo di permanenza dell'evento può danneggiare l'impianto protetto. I criteri per attuare la protezione nei circuiti utilizzatori sono riportati nella Norma CEI 64-8. Una nota per la corretta comprensione della Norma è la seguente: la protezione da sovraccarico e corto circuito può essere affidata a due apparecchi distinti o ad un unico apparecchio. In pratica è generalmente l'ultima soluzione che viene adottata in quanto è prevalente l'impiego dell'interruttore magnetotermico che contiene uno sganciatore termico (protezione contro le sovracorrenti) ed uno magnetico (protezione contro i corto circuiti). Le funzioni dei due tipi di sganciatori sono indicate nel seguito. In alternativa, nel rispetto delle condizioni di seguito indicate, è possibile utilizzare altri dispositivi con adeguate caratteristiche di protezione da sovraccarichi e corto circuiti, ad esempio i fusibili.

Dato che l'uso di detti dispositivi in Italia è abbastanza limitato, nel seguito, per praticità, si farà riferimento all'utilizzo di interruttori magnetotermici, anche se le considerazioni di seguito

esposte possono essere applicate a tutti i tipi di apparecchi idonei alla protezione.

### *11.3.2 Protezione dai sovraccarichi*

L'effetto di un sovraccarico è un sovrariscaldamento che può portare al danneggiamento dei materiali isolanti se il sovraccarico non è eliminato. È poco opportuno interrompere rapidamente un circuito per sovraccarico in quanto, non essendo questo un evento di guasto, c'è la possibilità che le correnti rientrino naturalmente nell'ambito dei valori nominali. Per consentire questo, ma contemporaneamente non danneggiare le condutture e gli utilizzatori, l'interruzione dei sovraccarichi è solitamente affidata ad uno sganciatore termico, il quale, riscaldandosi, ricalca le condizioni di riscaldamento degli utilizzatori e

interviene prima che esse diventino dannose. Detto sganciatore ha una caratteristica detta "a tempo inverso", in quanto, all'aumentare dell'intensità della corrente di sovraccarico, diminuisce il tempo d'intervento. Con l'utilizzo di questo tipo di caratteristica, a seguito di un lieve sovraccarico, non si ha l'interruzione rapida dell'alimentazione, perché l'intensità della corrente assorbita può ridursi spontaneamente prima di divenire dannosa per l'impianto. D'altro canto all'aumentare dell'entità della corrente di sovraccarico diminuisce il tempo per cui detta corrente può non essere pericolosa e, pertanto, deve diminuire il tempo d'intervento dello sganciatore.

La protezione da sovraccarico dei conduttori si effettua ai sensi dell'art. 433.2 della già citata Norma CEI 64-8. Il dispositivo di protezione contro i sovraccarichi deve essere scelto in modo che siano rispettate le due seguenti condizioni:

$$(1)\ Ib \leq In \leq Iz$$

$$(2)\ If \leq 1{,}45 \times Iz$$

dove:

Ib - corrente di impiego del circuito

Iz - portata in regime permanente della conduttura

In - corrente nominale del dispositivo di protezione

If - corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione in condizioni definite

Il significato delle suddette relazioni è il seguente:

- la relazione (1): valutata la corrente d'impiego del circuito Ib, ovvero l'effettivo valore di corrente che fluisce nel circuito durante il suo funzionamento (effettiva corrente richiesta dai carichi) è necessario scegliere un apparecchio di protezione avente una corrente nominale In uguale o superiore alla suddetta corrente d'impiego; inoltre la conduttura di collegamento deve avere una portata Iz superiore, o al massimo uguale, alla corrente nominale del dispositivo di protezione;
- la relazione (2): il dispositivo di protezione, sopra determinato, deve avere una corrente di sicuro funzionamento su sovraccarico If non superiore alla portata della conduttura maggiorata del 45%.

La corrente Iz è la portata dei conduttori calcolata tenendo in considerazione le condizioni di posa e la temperatura di esercizio. Per quanto riguarda i cavi, il valore Iz in base ai criteri sopra esposti, si ricava dalla Norma CEI UNEL 35024/1 e /2.

Per i condotti sbarre occorre fare riferimento alle indicazioni dei costruttori.

Si noti che utilizzando per la protezione dei sovraccarichi interruttori magnetotermici, la relazione (2) sopra riportata è soddisfatta automaticamente a patto di applicare correttamente la relazione (1). Infatti:

• gli interruttori per uso domestico e similare (generalmente gli interruttori modulari) hanno una corrente convenzionale di funzionamento pari a 1,45 volte la corrente nominale del dispositivo: questo è indicato nella relativa Norma di prodotto (Norma CEI EN 60898 "Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari")

• gli interruttori ad uso industriale (interruttori scatolati o aperti) hanno una corrente convenzionale di intervento pari a 1,3 In; questo è indicato nella relativa Norma di prodotto (Norma CEI EN 60947-2 "Apparecchiature a bassa tensione. Parte 2: Interruttori automatici").

Si nota che, dal punto di vista delle Norme di prodotto, il valore 1,3 In è legato al fatto che la temperatura di riferimento per la determinazione della If è maggiore per gli interruttori ad uso industriale: riadattando la If

alla stessa temperatura degli interruttori ad uso domestico, si ottiene un valore molto prossimo a 1,45 In e, pertanto, il rispetto della condizione (2).

### *11.3.3 Protezione dai cortocircuiti*

Gli effetti di un corto circuito consistono in un surriscaldamento e in sollecitazioni di natura elettrodinamica tra i conduttori: questi effetti possono portare al danneggiamento delle apparecchiature e dei conduttori attraversati dalla corrente di guasto, se corto circuito non è adeguatamente interrotto. L'interruzione è generalmente affidata ad uno sganciatore o relè magnetico, che è di tipo "a tempo indipendente", il cui intervento è approssimativamente indipendente dal valore della corrente di attivazione. Questo perché le correnti di corto circuito devono essere estinte in tempi molto brevi, indipendentemente dal valore di detta corrente, per evitare danni irreversibili sull'impianto. Inoltre, sempre nell'intento di ridurre gli effetti del corto circuito, sono stati realizzati dispositivi del tipo "limitatore" i quali interrompono la corrente prima che raggiunga il valore massimo: si riduce così sia l'intensità di corrente sia il tempo di circolazione della stessa, e quindi l'energia associata al guasto. I dispositivi limitatori per eccellenza sono i fusibili; gli interruttori automatici, invece, devono essere opportunamente progettati per assolvere la funzione di limitatore; essi devono essere concepiti in modo che l'interruzione avvenga non solo a causa dello sganciatore magnetico, ma sia resa ancor più rapida dalla stessa corrente di corto circuito: infatti, la parte mobile e fissa dei contatti è costruita in modo che gli sforzi elettrodinamici legati alla corrente di corto circuito causino rapidamente l'apertura dei contatti stessi. Gli interruttori limitatori agiscono diminuendo il valore di picco e la durata (e quindi l'energia specifica) della corrente di guasto; dal quadrato del valore di picco della corrente dipendono gli sforzi elettrodinamici tra le parti conduttrici, mentre dall'energia specifica dipendono le sollecitazioni termiche: pertanto gli interruttori limitatori riducono gli sforzi elettrodinamici e termici su conduttori e apparecchi da essi protetti. I criteri di protezione contro i corto circuiti sono indicati nella già citata Norma per gli impianti elettrici di bassa tensione (Norma CEI 64-8), in particolare nell'art. 434.3 di detta Norma. È necessario scegliere un dispositivo con potere d'interruzione maggiore o al limite uguale alla corrente di corto circuito nel punto d'installazione. In alternativa, è consentito utilizzare dispositivi con potere d'interruzione minore, a patto che a monte vi sia un dispositivo con adeguato potere d'interruzione, che sia coordinato secondo i criteri della protezione in serie ("back-up").

La scelta del potere d'interruzione dei vari tipi di interruttore va fatta tenendo presenti le definizioni delle Norme che ad essi si riferiscono.

Per gli interruttori ad uso industriale (solitamente interruttori scatolati e aperti), conformi alla Norma CEI EN 60947-2 ("Apparecchiature a bassa tensione. Parte 2: Interruttori automatici"), il potere d'interruzione è definito mediante due grandezze: il potere d'interruzione estremo (Icu) e il potere d'interruzione di servizio (Ics), generalmente espresso come percentuale di Icu. La differenza tra le due grandezze è legata alle condizioni di prova che le definiscono e alla capacità o meno di portare continuativamente la corrente nominale al termine della prova. Per gli interruttori ad uso domestico o similare (Norma CEI EN 60898 "Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari"), viene definito il potere d'interruzione nominale Icn al quale è associato il relativo valore di Ics . Fatta la scelta del potere d'interruzione, si analizza nel seguito il criterio di protezione delle condutture dal corto circuito. Il concetto che sta alla base della modalità di protezione è quello di "energia specifica" Esp, responsabile dei fenomeni termici distruttivi associati al corto circuito. Analiticamente detta energia specifica deriva dall'integrazione

del quadrato della corrente di corto circuito nel tempo, ovvero è data da:

$$Esp = \int_0^t i^2 dt$$

dove:

t - istante di tempo generico in secondi;
i - andamento della corrente nel tempo in ampere.

Affinché le condutture siano protette dal corto circuito, è necessario che l'energia specifica lasciata passare dai dispositivi di protezione sia inferiore a quella che esse possono sopportare, deve essere cioè soddisfatta la seguente relazione:

$$\int_0^t i^2 dt \leq K^2 S^2$$

dove:

S - sezione del conduttore in mmq

K - coefficiente che tiene conto del tipo di materiale conduttore e isolante, delle temperature iniziali e finali del conduttore durante il corto circuito: i valori di K dati dalla Norma all'art. 434.3.2.

L'operazione d'integrazione, data la difficoltà analitica del calcolo integrale e la difficoltà di determinazione dell'andamento della corrente i nel tempo, è estremamente complicata e poco utilizzabile agli effetti pratici. Inoltre, le ipotesi che stanno alla base della determinazione della precedente relazione sono giustificate se il riscaldamento dei conduttori è adiabatico, ovvero senza scambio di calore con l'esterno: ciò avviene se il tempo di passaggio della corrente è sufficientemente breve. Per questo le indicazioni sopra riportate valgono solo se la durata della corrente di corto circuito è inferiore a 5 s (così come detto dalla Norma CEI 64-8). Con queste ipotesi, è possibile valutare l'energia specifica passante degli apparecchi di protezione in un modo semplice e praticamente utilizzabile, e cioè:

• per interruttori aventi ritardo su corto circuito maggiore di 0,1 s (e minori di 5 s), è possibile approssimare il calcolo dell'energia specifica nella seguente maniera:

$$Esp = \int_0^t i^2 dt \cong I^2 t \leq K^2 S^2$$

dove:

I - valore efficace della corrente di corto circuito in ampere;

t - ritardo impostato del dispositivo in secondi;

S - sezione del conduttore in mmq ;

K - coefficiente che tiene conto del tipo di materiale conduttore e isolante, delle temperature iniziali e finali del conduttore durante il corto circuito:

• per interruttori non ritardabili o con ritardo inferiore a 0,1 s, oppure per i fusibili, il valore dell'energia specifica passante deve essere fornito dai costruttori; in particolare per gli interruttori automatici i costruttori forniscono curve caratteristiche che riportano, in funzione della corrente, il valore dell'energia specifica $I^2 t$ lasciata passare.

# 12 PRESCRIZIONI TECNICHE GENERALI PER LA REALIZZAZIONE DEGLI IMPIANTI

## 12.1 PRESCRIZIONI RIGUARDANTI I CIRCUITI

### *12.1.1 Caduta di tensione*

La caduta di tensione delle linee, nelle normali condizioni di funzionamento dell'impianto, non deve superare il 4% (CEI 64-8 par **5** sez. **525**). Il tipo di cavo, sarà calcolato e scelto in funzione del tipo di carico (induttivo o resistivo), della potenza del carico e della lunghezza della linea. La sezione e il tipo di posa sarà tale da non causare un innalzamento nella percentuale della c.d t..

### *12.1.2 Cavi e conduttori*

a) isolamento dei cavi:

i cavi utilizzati nei sistemi di prima categoria devono essere adatti a tensione nominale verso terra e tensione nominale (Uo/U) non inferiori a 450/750V (simbolo di designazione 07). Quelli utilizzati nei circuiti di segnalazione e comando devono essere adatti a tensioni nominali non inferiori a 300/500V (simbolo di designazione 05). Questi ultimi, se posati nello stesso tubo, condotto o canale con cavi previsti con tensioni nominali superiori, devono essere adatti alla tensione nominale maggiore;

b) colori distintivi dei cavi:

i conduttori impiegati nell'esecuzione degli impianti devono essere contraddistinti dalle colorazioni previste dalle vigenti tabelle di unificazione CEI-UNEL 00722-74 e 00712. In particolare, i conduttori di neutro e protezione devono essere contraddistinti, rispettivamente ed esclusivamente, con il colore blu chiaro e con il bicolore giallo-verde. Per quanto riguarda i conduttori di fase, essi devono essere contraddistinti in modo univoco per tutto l'impianto dai colori: nero, grigio (cenere) e marrone;

c) sezioni minime:

le sezioni dei conduttori, calcolate in funzione della potenza impegnata e della lunghezza dei circuiti, devono essere scelte tra quelle unificate. In ogni caso non devono essere superati i valori delle portate di corrente ammesse, per i diversi tipi di conduttori, dalle tabelle di unificazione CEI-UNEL 35024/1 e 35024/2.

Indipendentemente dai valori ricavati con le presenti indicazioni, le sezioni minime dei conduttori di rame ammesse sono:

- 0,75 mm² per circuiti di segnalazione e telecomando;
- 1,5 mm² per illuminazione di base, derivazione per prese a spina per altri apparecchi di illuminazione e per apparecchi con potenza unitaria inferiore o uguale a 2 kW;
- 2,5 mm² per derivazione con o senza prese a spina per utilizzatori con potenza unitaria superiore a 2 kW e inferiore o uguale a 3 kW;
- 4 mm² per montanti singoli o linee alimentanti singoli apparecchi utilizzatori con potenza nominale superiore a 3 kW;

d) sezione minima dei conduttori neutri:

la sezione dei conduttori di neutro non deve essere inferiore a quella dei corrispondenti conduttori di fase nei circuiti monofase, qualunque sia la sezione dei conduttori e, nei circuiti polifase, quando la sezione dei conduttori di fase sia inferiore o uguale a 16 mm². Per conduttori in circuiti polifasi, con sezione superiore a 16 mm², la sezione dei conduttori di neutro può essere ridotta alla metà di quella dei conduttori di fase, col minimo tuttavia di 16 mm² (per conduttori in rame), purché siano soddisfatte le condizioni dell'art. 524.3 delle norme CEI 64-8 ed. 1998.

e) sezione dei conduttori di terra e protezione:

la sezione dei conduttori di protezione non deve essere inferiore al valore ottenuto con la formula:

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

dove:

Sp = sezione del conduttore di protezione (mm²).

I = valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione per un guasto di impedenza trascurabile (A).

t = tempo di intervento del dispositivo di protezione (s).

K = coefficiente, il cui valore dipende dal materiale del conduttore di protezione, dall'isolamento e dalle temperature iniziali e finali.

I valori di K possono essere desunti dalle Tabelle 54B, 54C, 54D e 54E delle norme CEI 64-8/5 ed. 1998.

Le sezioni minime dei conduttori di protezione, in alternativa alla formula sopra riportata, possono essere ricavare seguendo le indicazioni dalla Tabella 54F della norma CEI 64-8/5 art. 543.1.2, con le prescrizioni riportate negli articoli successivi delle stesse norme CEI 64-8/5 relative ai conduttori di protezione.

La sezione del conduttore di terra deve essere non inferiore a quella del conduttore di protezione suddetta con i minimi di seguito indicati:

| | sezione minima (mm²) | |
|---|---|---|
| - protetto contro la corrosione ma non meccanicamente ..... | 16 (rame) | 16 (ferro, zinco) |
| - non protetto contro la corrosione ..... | 25 (rame) | 50 (ferro, zinco) |
| - protetto meccanicamente ..... | norme CEI 64-8/5 art. 543.1 | |

f) propagazione del fuoco lungo i cavi:

i cavi in aria, installati individualmente, cioè distanziati tra loro di almeno 250 mm, devono rispondere alla prova di non propagazione del fuoco di cui alle norme CEI 20-35.

Quando i cavi sono raggruppati in ambiente chiuso in cui sia da contenere il pericolo di propagazione di un eventuale incendio, essi devono avere i requisiti in conformità alle norme CEI 20-22;

g) provvedimenti contro il fumo:

allorché i cavi siano installati, in notevole quantità, in ambienti chiusi frequentati dal pubblico e di difficile e lenta evacuazione, si devono adottare sistemi di posa atti ad impedire il dilagare del fumo negli ambienti stessi o, in alternativa, si deve ricorrere all'impiego di cavi di bassa emissione di fumo secondo le norme CEI 20-37 e 20-38.

h) problemi connessi allo sviluppo di gas tossici e corrosivi:

qualora i cavi, in quantità rilevanti, siano installati in ambienti chiusi frequentati dal pubblico, oppure si trovino a coesistere in ambiente chiuso, con apparecchiature particolarmente vulnerabili da agenti corrosivi, deve essere tenuto presente il pericolo che i cavi stessi, bruciando, sviluppino gas tossici o corrosivi.

Ove tale pericolo sussista, occorre fare ricorso all'impiego di cavi aventi la caratteristica di non sviluppare gas tossici o corrosivi ad alte temperature, secondo le norme CEI 20-37 e 20-38.

## 12.2 CANALIZZAZIONI

A meno che non si tratti di installazioni volanti, i conduttori devono essere sempre protetti e salvaguardati meccanicamente.

Dette protezioni possono essere: tubazioni, canalette porta cavi, passerelle, condotti o cunicoli ricavati nella struttura edile, ecc.

Nella realizzazione e posa delle condutture dovranno sempre essere rispettate le seguenti disposizioni:

### *12.2.1 Suddivisione dei circuiti*

Al fine di consentire una facile individuazione e sfilabilità dei conduttori, nonché ispezionabilità delle giunzioni, è consigliabile che i diversi impianti, elettrico, citofonico, telefonico e di antenna TV, ecc. abbiano canalizzazioni separate. Questa separazione va tenuta anche per quanto riguarda le cassette di derivazione.

### *12.2.2 Tubi protettivi, percorso tubazioni, cassette di derivazione*

Nell'impianto previsto per la realizzazione sotto traccia, i tubi protettivi devono essere in materiale termoplastico serie leggera, per i percorsi sotto intonaco, in materiale termoplastico serie pesante, per gli attraversamenti a pavimento. Il diametro interno dei tubi deve essere pari ad almeno 1,3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio dei cavi in esso contenuti; il diametro del tubo deve essere sufficientemente grande da permettere di sfilare e reinfilare i cavi in esso contenuti con facilità e senza che ne risultino danneggiati i cavi stessi o i tubi. Comunque, il diametro interno non deve essere inferiore a 16 mm.

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 con piegature che non danneggino il tubo e non pregiudichino la sfilabilità dei cavi.

Ad ogni brusca deviazione resa necessaria dalla struttura muraria dei locali, ad ogni derivazione da linea principale a secondaria 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 o morsettiere. Dette cassette devono essere costruite in modo che, nelle condizioni di installazione, non sia possibile introdurre corpi estranei; inoltre, deve risultare agevole la dispersione del calore in esse prodotto. Il coperchio delle cassette deve offrire buone garanzie di fissaggio ed essere apribile solo con attrezzo.

I tubi protettivi dei montanti di impianti utilizzatori alimentati attraverso organi di misura centralizzati e le relative cassette di derivazione devono essere distinti per ogni montante.

Qualora si preveda l'esistenza, nello stesso locale, di circuiti appartenenti a sistemi elettrici diversi, questi devono essere protetti da tubi diversi e far capo a cassette separate. Tuttavia è ammesso collocare i cavi nello stesso tubo e far capo alle stesse cassette, purché essi siano isolati per la tensione più elevata e le singole cassette siano internamente munite di diaframmi, non amovibili, se non a mezzo di attrezzo, posti tra i morsetti destinati a serrare conduttori appartenenti a sistemi diversi.

I tubi protettivi dei conduttori elettrici collocati in cunicoli, che ospitano altre canalizzazioni, devono essere disposti in modo da non essere soggetti ad influenze dannose in relazione a sovrariscaldamenti, sgocciolamenti, formazione di condensa, ecc. È inoltre vietato collocare, nelle stesse incassature, montanti e colonne telefoniche o radiotelevisive. Nel vano degli ascensori o montacarichi non è consentita la messa

in opera di conduttori o tubazioni di qualsiasi genere che non appartengano all'impianto dell'ascensore o del montacarichi stesso.

### *12.2.3 Canalette porta cavi*

Per i sistemi di canali battiscopa e canali ausiliari si applicano le norme CEI 23-19.

Per gli altri sistemi di canalizzazione si applicano le norme CEI 23-32.

La sezione occupata dai cavi non deve superare la metà di quella disponibile e deve essere tale da consentire un'occupazione della sezione utile dei canali, secondo quanto prescritto dalle norme CEI 64-8/5 art. 522.8.1.1.

Per il grado di protezione contro i contatti diretti, si applica quanto richiesto dalle norme CEI 64-8, utilizzando i necessari accessori (angoli, derivazioni, ecc.); opportune barriere devono separare cavi a tensioni nominali differenti.

I cavi vanno utilizzati secondo le indicazioni delle norme CEI 20-20.

Per i canali metallici devono essere previsti i necessari collegamenti di terra ed equipotenziali, secondo quanto previsto dalle norme CEI 64-8.

Nei passaggi di parete devono essere previste opportune barriere tagliafiamma che non degradino i livelli di segregazione assicurati dalle pareti.

I materiali utilizzati devono avere caratteristiche di resistenza al calore anormale ed al fuoco che soddisfino quanto richiesto dalle norme CEI 64-8.

### *12.2.4 Impianti a pavimento*

Per l'esecuzione di impianti a pavimento in presenza di soluzioni costruttive di tipo tradizionale è sufficiente che il supporto del rivestimento del pavimento consenta l'alloggiamento delle condutture elettriche.

Per l'esecuzione degli impianti elettrici, ausiliari e telefonici, in sistema di costruzione tradizionale, si possono ritenere sufficienti 5 cm di sottofondo: tenendo conto delle esigenze degli altri impianti tecnici si richiedono quindi 7-8 cm di sottofondo.

Si ricorda che per l'installazione a pavimento i tubi protettivi sono in genere considerati adeguati se rispondenti alla Norma CEI EN 50086-1 e classificati di tipo medio, per la resistenza allo schiacciamento.

Per evitare danneggiamenti, tuttavia i tubi protettivi posati a pavimento vanno in ogni caso adeguatamente protetti immediatamente dopo la posa: è anche consigliabile che venga eseguito il sottofondo il più presto possibile.

Nelle soluzioni costruttive che impiegano elementi prefabbricati questa precauzione non è necessaria in quanto i tubi protettivi sono inseriti al momento dell'esecuzione dell'elemento o vengono collocati prima dell'esecuzione del getto.

### *12.2.5 Impianti incassati in pareti*

Per incassare le condutture nella muratura vanno eseguite apposite scanalature. Questo lavoro è abitualmente di pertinenza dell'impresa edile: in ogni caso l'installatore elettrico deve fornire le indicazioni dei percorsi e le dimensioni delle tracce, tenendo presente i suggerimenti forniti qui di seguito.

Per le scanalature da effettuare in muri di facciata ed in muri portanti è opportuno prendere accordi con il direttore lavori.

Mentre le condutture che siano fissate all'interno di pareti in modo rigido devono essere orizzontali o verticali o parallele agli spigoli delle pareti, le condutture che non siano fissate in modo rigido all'interno di pareti possono seguire il percorso che sia in pratica più corto (art. 522.8.1.7. della Norma CEI 64-8).

Percorsi obliqui per tratti molto brevi o curvature sono tuttavia ammessi per aggirare ostacoli.

Le condutture nei soffitti o nei pavimenti possono seguire il percorso che sia in pratica più corto.

I tubi protettivi destinati ad essere annegati in strutture prefabbricate devono essere del tipo in grado di resistere senza danneggiarsi alle sollecitazioni meccaniche (ed alle temperature massime e minime) che possono verificarsi durante la predisposizione e la formazione della struttura stessa. In particolare i tubi protettivi pieghevoli autorinvenenti di materiale termoplastico autoestinguente conformi alla Norma CEI 23-17 sono considerati adatti ad essere annegati in strutture prefabbricate.

In particolare per le scanalature da effettuare in muri divisori interni di spessore inferiore a 10 cm va tenuto presente quanto segue:

- non vanno eseguiti tracciati obliqui;
- non vanno eseguiti raccordi o curve, con l'eccezione per quelli necessari per il raccordo con soffitti o con pavimenti;
- nel caso di pareti realizzate con mattoni a due alveoli se ne occupa uno solo di essi;
- le dimensioni di ogni scanalatura vanno limitate a quelle necessarie per alloggiare il tubo protettivo (in genere di diametro sino a 20 mm), tenendo conto dello spazio richiesto per un agevole riempimento;
- le scanalature orizzontali non devono indebolire la parete; si consiglia di realizzare queste scanalature solo su una faccia della parete, scegliendo percorsi che riducano al minimo la loro lunghezza; è comunque opportuno che il loro sviluppo non superi il 60% della lunghezza della parete;
- si raccomanda che la distanza tra due scanalature non sia inferiore a 1,50 m;

si raccomanda che le scanalature siano eseguite ad almeno 20 cm dall'intersezione di due pareti.

### *12.2.6 Tubazioni per le costruzioni prefabbricate*

I tubi protettivi annegati nel calcestruzzo devono rispondere alle prescrizioni delle norme CEI 23-17.

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. Detta membrana dovrà garantire la non deformabilità delle scatole.

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.

### *12.2.7 Posa di cavi elettrici, isolati, sotto guaina, interrati*

Per l'interramento dei cavi elettrici, si dovrà procedere nel modo seguente:

- sul fondo dello scavo, sufficiente per la profondità di posa e privo di qualsiasi sporgenza o spigolo di roccia o di sassi, si dovrà costituire un letto di sabbia di fiume, vagliata e lavata, o di cava, vagliata dello spessore di almeno 10 cm, sul quale si dovrà distendere il cavo (o i cavi), senza premere e senza farlo affondare artificialmente nella sabbia;
- si dovrà, quindi, stendere un altro strato di sabbia come sopra, dello spessore di 5 cm, in corrispondenza della generatrice superiore del cavo (o dei cavi); pertanto, lo spessore finale complessivo della sabbia dovrà risultare di almeno 15 cm più il diametro del cavo (quello maggiore, avendo più cavi);
- sulla sabbia così posta in opera, si dovrà, infine, disporre una fila continua di mattoni pieni, bene accostati fra loro e con il lato maggiore disposto secondo l'andamento del cavo (o dei cavi), se questo avrà il diametro (o questi comporranno una striscia) non superiore a 5 cm o, al contrario, in senso trasversale (generalmente con più cavi);
- sistemati i mattoni, si dovrà procedere al reinterro dello scavo, pigiando sino al limite del possibile e trasportando a rifiuto il materiale eccedente dall'iniziale scavo.

Ovviamente, l'asse del cavo (o quello centrale di più cavi) dovrà, trovarsi in uno stesso piano verticale con l'asse della fila di mattoni.

Per la profondità di posa sarà seguito il concetto di avere il cavo (o i cavi) posti sufficientemente al sicuro da possibili scavi di superficie per riparazione ai manti stradali o cunette eventualmente soprastanti, o movimenti di terra nei tratti a prato o giardino.

La profondità di posa dovrà essere almeno 0,5 m, secondo le norme CEI 11-17 art. 2.3.11.

### *12.2.8 Posa di cavi elettrici, isolati, sotto guaina, in cunicoli praticabili*

I cavi saranno posati:

- entro scanalature esistenti sui piedritti dei cunicoli (appoggio continuo), all'uopo fatte predisporre dall'Amministrazione;
- entro canalette di materiale idoneo, come cemento, ecc. (appoggio egualmente continuo), tenute in sito da mensoline di calcestruzzo armato;
- direttamente sui ganci, grappe, staffe, o mensoline (appoggio discontinuo) in piatto o profilato di acciaio zincato, ovvero di materiali plastici resistenti all'umidità, ovvero ancora su mensoline di calcestruzzo armato.

Dovendo disporre i cavi in più strati, si assicurerà un distanziamento fra strato e strato pari ad almeno una volta e mezzo il diametro del cavo maggiore nello strato sottostante, con un minimo di 3 cm, onde assicurare la libera circolazione dell'aria.

A questo riguardo la Ditta dovrà tempestivamente indicare le caratteristiche secondo cui dovranno essere dimensionate e conformate le eventuali canalette di cui sopra, e sarà altresì di competenza della Ditta soddisfare a tutto il fabbisogno di mensole, staffe, grappe e ganci di ogni altro tipo, i quali potranno anche formare rastrelliere di conveniente altezza.

Per il dimensionamento e mezzi di fissaggio in opera (grappe murate, chiodi sparati, ecc.) dovrà essere tenuto conto del peso dei cavi da sostenere in rapporto al distanziamento dei supporti, che dovrà essere stabilito, di massima, intorno a 70 cm.

In particolare, le parti in acciaio debbono essere zincate a caldo.

Ogni 150÷200 m di percorso, i cavi dovranno essere provvisti di fascetta distintiva in materiale inossidabile.

### 12.2.9 *Posa di cavi elettrici, isolati, sotto guaina, in tubazioni interrate o non interrate, o in cunicoli non praticabili*

Per la posa in opera delle tubazioni a parete od a soffitto, ecc., in cunicoli, intercapedini, sotterranei, ecc., valgono le prescrizioni precedenti per la posa dei cavi in cunicoli praticabili con i dovuti adattamenti.

Per la posa interrata delle tubazioni non idonee a proteggere meccanicamente i cavi, valgono le prescrizioni precedenti circa l'interramento dei cavi elettrici, le modalità di scavo, la preparazione del fondo di posa, il reinterro, ecc. Per le tubazioni adatte a fornire protezione meccanica ai cavi, non è prescritta una profondità minima di posa.

Le tubazioni dovranno risultare coi singoli tratti uniti tra loro o stretti da collari o flange, onde evitare discontinuità nella loro superficie interna.

Il diametro interno della tubazione dovrà essere in rapporto non inferiore ad 1,3 rispetto al diametro del cavo o del cerchio circoscrivente i cavi, sistemati a fascia.

Per l'infilaggio dei cavi, si dovranno avere adeguati pozzetti sulle tubazioni interrate ed apposite cassette sulle tubazioni non interrate.

Il distanziamento fra tali pozzetti e cassette sarà da stabilirsi in rapporto alla natura ed alla grandezza dei cavi da infilare. Tuttavia, per cavi in condizioni medie di scorrimento e grandezza, il distanziamento resta stabilito di massima:

- ogni 30 m circa, se in rettilineo;
- ogni 15 m circa, se è interposta una curva.

I cavi non dovranno subire curvature di raggio inferiore a 15 volte il loro diametro.

### 12.2.10 *Posizionamento scatole e cassette*

Occorre preoccuparsi del corretto posizionamento delle condutture sulle pareti ed in particolare che scatole e cassette da incasso, siano riferite al piano finito, tenendo conto dello spessore del rivestimento.

### 12.2.11 *Integrità delle canalizzazioni*

Occorre prestare, o richiamare, la dovuta attenzione, onde evitare possibili rotture e/o schiacciamento delle condutture, dovute all'esecuzione di opere successive alla loro messa in opera, sia nelle curve di raccordo tra piani orizzontali e piani verticali, sia in corrispondenza delle asperità delle scanalature.

### 12.2.12 *Integrità delle cassette e delle scatole incassate*

Durante le varie fasi di esecuzione delle opere edili è necessario proteggere cassette e scatole incassate per impedire la penetrazione di materiali estranei.

### 12.2.13 *Integrità delle placche e dei coperchi*

Solitamente, placche, coperchi, sportelli ed i dispositivi ad essi fissati vanno montati dopo l'esecuzione delle tinteggiature o la posa dei parati, onde evitare il loro danneggiamento durante i lavori suddetti. I componenti interni alle cassette devono essere opportunamente protetti da colle, vernici e simili durante le operazioni di finitura delle pareti.

# 13 QUALITÁ E CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Tutti i materiali e gli apparecchi impiegati negli impianti elettrici devono essere adatti all'ambiente in cui sono installati e devono avere caratteristiche tali da resistere alle azioni meccaniche, corrosive, termiche o dovute all'umidità alle quali possono essere esposti durante l'esercizio.

Tutti i materiali e gli apparecchi devono essere rispondenti alle norme CEI ed alle Tabelle di unificazione CEI-UNEL, ove queste esistano.

Tutti gli apparecchi devono riportare dati di targa ed eventuali indicazioni d'uso utilizzando la simbologia del CEI e la lingua italiana.

# 14 VERIFICHE

L'impresa installatrice, sia in fase di realizzazione sia a lavori ultimati, dovrà provvedere all'esecuzione delle verifiche degli impianti elettrici come previsto dalla Norma 64-8 Parte 6 "Verifiche" (settima edizione).

## 14.1 ESAME A VISTA

Deve essere eseguita una ispezione visiva per accertarsi che gli impianti siano realizzati nel rispetto delle prescrizioni delle Norme generali, delle Norme degli impianti di terra e delle norme particolari riferitesi all'impianto installato.

Detto controllo deve accertare che il materiale elettrico, che costituisce l'impianto fisso, sia conforme alle relative Norme, sia scelto correttamente ed installato in modo conforme alle prescrizioni normative e non presenti danni visibili che possano compromettere la sicurezza.

Tra i controlli a vista devono essere effettuati i controlli relativi a protezioni, misura di distanze nel caso di protezione con barriere, presenza di adeguati dispositivi di sezionamento e di interruzione, polarità, scelta del tipo di apparecchi e misure di protezione adeguate alle influenze esterne identificazione dei conduttori di neutro e di protezione, fornitura di schemi cartelli monitori, identificazione di comandi e protezioni, collegamenti dei conduttori.

Inoltre è opportuno che questi esami inizino durante il corso dei lavori.

## 14.2 IDONEITÀ DELLE CONNESSIONI

In genere l'idoneità delle connessioni viene giudicata a vista, in caso di dubbio, si dovrà procedere alla misura della resistenza elettrica della connessione che non deve superare la resistenza di un metro del conduttore di più piccola sezione facente capo alla connessione stessa.

## 14.3 IDENTIFICAZIONE DEI CONDUTTORI DI NEUTRO E DI PROTEZIONE

Si dovrà provvedere alla identificazione dei conduttori di neutro e di protezione e controllare che gli interruttori siano inseriti sulle fasi.

## 14.4 VERIFICA DEL TIPO E DIMENSIONAMENTO DEI COMPONENTI DELL'IMPIANTO E DELL'APPOSIZIONE DEI CONTRASSEGNI DI IDENTIFICAZIONE

Si deve verificare che tutti i componenti dei circuiti messi in opera nell'impianto utilizzatore siano del tipo adatto alle condizioni di posa ed alle caratteristiche dell'ambiente, nonché correttamente dimensionati in relazione ai carichi reali di funzionamento contemporaneo, o in mancanza di questi, in relazione a quelli convenzionali.

Per cavi e conduttori si deve controllare che il dimensionamento sia fatto in base alle portate indicate nelle tabelle CEI-UNEL; inoltre si deve verificare che i componenti siano dotati dei dovuti contrassegni di identificazione, ove prescritti.

## 14.5 VERIFICA DELLA SFILABILITÀ DEI CAVI

Si devono estrarre uno o più cavi dal tratto di tubo o di condotto compreso tra due cassette o scatole successive e controllare che quest'operazione non abbia provocato danneggiamento agli stessi.

La verifica va eseguita su tratti di tubo o di condotto per una lunghezza pari complessivamente ad una percentuale tra l'1% ed il 5% della lunghezza totale.

A questa verifica si aggiungono, per gli impianti elettrici negli edifici prefabbricati e costruzioni modulari, anche quelle relative al rapporto tra il diametro interno del tubo o del condotto e quello del cerchio circoscritto al fascio di cavi in questi contenuto ed al dimensionamento dei tubi o dei condotti.

## 14.6 PROVE DI FUNZIONAMENTO

Le apparecchiature, i motori e i relativi ausiliari, i comandi e i blocchi devono essere sottoposti a una prova di funzionamento per controllare che siano montati, regolati e installati in conformità alle Norme CEI.

## 14.7 MISURA DELLA RESISTENZA DI ISOLAMENTO

Si deve eseguire con l'impiego di un ohmetro la cui tensione continua sia circa 125 V nel caso di misura su parti di impianto di categoria O, oppure su parti di impianto alimentate a bassissima tensione di sicurezza; circa 500 V in caso di misura su parti di impianto di1a categoria.

La misura si deve effettuare tra l'impianto (collegando insieme tutti i conduttori attivi) e il circuito di terra, e fra ogni coppia di conduttori tra loro. Durante la misura gli apparecchi utilizzatori devono essere disinseriti; la misura è relativa a ogni circuito, intendendosi per tale la parte di impianto elettrico protetto dallo stesso dispositivo di protezione.

I valori minimi ammessi per costruzioni tradizionali sono:

- 400.000 ohm per sistemi a tensione nominale superiore a 50 V;
- 250.000 ohm per sistemi a tensione nominale inferiore o uguale a 50V.

I valori minimi ammessi per costruzioni prefabbricate sono:

- 250.000 ohm per sistemi a tensione nominale superiore a 50 V;
- 150.000 ohm per sistemi a tensione nominale inferiore o uguale a 50V.

## 14.8 MISURA DELLE CADUTE DI TENSIONE

La misura delle cadute di tensione deve essere eseguita tra il punto di inizio dell'impianto ed il punto scelto per la prova; si inseriscono un voltmetro nel punto iniziale ed un altro nel secondo punto (i due strumenti devono avere la stessa classe di precisione).

Devono essere alimentati tutti gli apparecchi utilizzatori che possono funzionare contemporaneamente; nel caso di apparecchiature con assorbimento istantaneo, di corrente si fa riferimento al carico convenzionale scelto come base per la determinazione della sezione delle condutture.

Le letture dei due voltmetri si devono eseguire contemporaneamente e si deve procedere poi alla determinazione della caduta di tensione percentuale.

## 14.9 VERIFICA DELLE PROTEZIONI CONTRO I CORTOCIRCUITI ED I SOVRACCARICHI

Si deve controllare che:

- il potere di interruzione degli apparecchi di protezione contro i cortocircuiti sia adeguato alle condizioni dell'impianto e della sua alimentazione;
- la taratura degli apparecchi di protezione contro sovraccarichi sia correlata alla portata dei conduttori protetti dagli stessi.

## 14.10 VERIFICA DELLE PROTEZIONI CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

Devono essere eseguite le verifiche dell'impianto di terra descritte nelle norme per gli impianti di messa a terra (norme CEI 64-8).

Si devono effettuare le seguenti verifiche:

a) esame a vista dei conduttori di terra e protezione. Si intende che andranno controllate sezioni, materiali e modalità di posa, nonché lo stato di conservazione, sia dei conduttori stessi, sia delle giunzioni. Si devono inoltre controllare i conduttori di terra, il morsetto di terra degli utilizzatori fissi ed il contatto di terra delle prese a spina;

b) si deve eseguire la misura del valore di resistenza di terra dell'impianto, utilizzando un dispersore ausiliario e una sonda di tensione con appositi strumenti di misura o con il metodo voltamperometrico. La sonda di tensione e il dispersore ausiliario vanno posti ad una sufficiente distanza dall'impianto di terra e tra di loro; si possono ritenere ubicati in modo corretto quando siano sistemati ad una distanza dal loro contorno pari a 5 volte la dimensione massima dell'impianto stesso; quest'ultima, nel caso di semplice dispersore a picchetto, può assumersi pari alla sua lunghezza. Una pari distanza va mantenuta tra la sonda di tensione ed il dispersore ausiliario;

c) deve essere controllato in base ai valori misurati, il coordinamento degli stessi con l'intervento nei tempi previsti dei dispositivi di massima corrente o differenziali; per gli impianti con fornitura in media tensione, detto valore va controllato in base a quello della corrente convenzionale di terra, da richiedersi al distributore di energia elettrica;

d) quando occorre, sono da effettuare le misure delle tensioni di contatto e di passo. Queste sono di regola eseguite da professionisti, ditte o enti specializzati.

Le norme CEI 64-8 forniscono le istruzioni per le suddette misure;

e) nei locali da bagno deve essere eseguita la verifica delle continuità del collegamento equipotenziale tra le tubazioni metalliche di adduzione e di scarico delle acque, tra le tubazioni e gli apparecchi sanitari, tra il collegamento equipotenziale ed il conduttore di protezione. Detto controllo è da eseguirsi prima della muratura degli apparecchi sanitari.

## 14.11 VERIFICA DI FUNZIONAMENTO DEGLI INTERRUTTORI DIFFERENZIALI

Si dovrà verificare la funzionalità del sistema di protezione con interruzione automatica del circuito (dispositivi differenziali) per mezzo di apposita strumentazione che indichi:

- Il non intervento dell'interruttore differenziale con una corrente di dispersione pari a 1/2 di quella nominale.
- L' intervento alla corrente nominale con semionda a 0°.
- L' intervento alla corrente nominale con semionda a 180°.
- L' intervento entro 40 ms con una corrente di dispersione di 250 mA per i dispositivi differenziali con Idn $\leq$ 30 mA

## 14.12 RAPPORTO DI VERIFICA

Alla fine di tutte le verifiche di collaudo dovrà essere steso un rapporto di verifica dell'impianto elettrico, contenente gli accertamenti riscontrati durante l'esame a vista, i risultati delle prove realizzate, la data di stesura ed infine il timbro e la firma dell'installatore.

# 15 DICHIARAZIONE DI CONFORMITÀ

Al termine dei lavori la ditta appaltatrice è tenuta a rilasciare al committente la dichiarazione di conformità relativa agli impianti realizzati come previsto dal Decreto 22/01/08 n°37.

# 16 OMOLOGAZIONE IMPIANTO DI TERRA E VERIFICHE PERIODICHE

## 16.1 OMOLOGAZIONE IMPIANTO SECONDO DPR 462/2001

Entro trenta giorni dalla messa in esercizio dell'impianto il datore di lavoro deve inviare una copia della dichiarazione di conformità all'ISPESL e una copia all'ASL/ARPA territorialmente competenti. Nei comuni in cui sia stato attivato lo Sportello Unico per le attività produttive, le due copie vanno inviate ad esso, che provvederà all'inoltro ai soggetti precedenti (ISPESL e ASL/ARPA). Non è necessario inviare, insieme alla dichiarazione di conformità, anche gli allegati obbligatori e facoltativi previsti dal DM 37/08. Questi allegati, conservati presso il luogo dell'impianto, devono essere resi disponibili in occasione delle visite periodiche del verificatore. Il datore di lavoro, pertanto, invia insieme alla dichiarazione (senza allegati, come detto) un modulo in cui si descrive localizzazione, tipologia e dimensioni dell'impianto.

## 16.2 VERIFICHE PERIODICHE SECONDO DPR 462/2001

Il datore di lavoro è tenuto a far sottoporre gli impianti a verifica periodica. La richiesta di verifica (tramite un apposito modulo) può essere fatta all'ASL/ARPA oppure ad organismi individuati dal Ministero delle attività produttive.

Anche queste verifiche sono a carico del datore di lavoro.