



CONFERENZA DELLE REGIONI E DELLE PROVINCE AUTONOME



COORDINAMENTO TECNICO INTERREGIONALE
DELLA PREVENZIONE NEI LUOGHI DI LAVORO



ISTITUTO PER L'INNOVAZIONE E TRASPARENZA
DEGLI APPALTI E LA COMPATIBILITA' AMBIENTALE

GUIDA OPERATIVA PER LA SICUREZZA DEGLI IMPIANTI

IMPIANTI ELETTRICI

N. 2 - CANTIERI



Roma, 27 gennaio 2010

GUIDA OPERATIVA PER LA SICUREZZA DEGLI IMPIANTI

IMPIANTI ELETTRICI

N. 2 - CANTIERI

Guida operativa per la sicurezza degli impianti Impianti elettrici – n. 2 Cantieri

Il documento è stato redatto da: ITACA - Istituto per l'innovazione e trasparenza degli appalti e la compatibilità ambientale

Gruppo di Lavoro “Sicurezza e Appalti”

Coordinatore: Ing. Marco Masi - Regione Toscana

La stesura della presente guida è stata elaborata dal SGdL 6 “Sicurezza Impianti” Itaca, coordinato dal Dott. Alberto Laretta (Regione Toscana) e Dott. Fabiano Crovetti (Assistal) e composto da: Ing. Giancarlo Teresi (Regione Sicilia), Ing. Pietro Ernesto De Felice (Consiglio Nazionale Ingegneri), Per. Ind. Giulio Pellegrini (Consiglio Nazionale Periti Industriali), Ing. Daniela Scaccia (Anaepa/Confartigianato), Dott. Guido Pesaro (Cna), Arch. Antonino Trupiano (Itaca)

Alcune figure e parti del testo sono tratti da:

- *Impianti elettrici nei cantieri – www.elektro.it*
- *La rivista “L'impianto elettrico”*

INDICE

1 Generalità	3
2 Alimentazione	4
3 Conduiture	6
4 Protezione contro i contatti diretti	9
5 Protezione contro i contatti indiretti	10
6 Protezione contro le sovracorrenti	11
7 Protezione differenziale	12
8 Protezioni in luoghi conduttori ristretti	12
9 Dispositivi di sezionamento, protezione e comando	13
10 Comando e arresto di emergenza	14
11 Presa a spina	14
12 Avvolgicavo e cordoni prolungatori	15
13 Quadri elettrici	16
14 Illuminazione di cantiere	21
15 Impianto di terra	22
16 Protezione contro i fulmini	26
17 Gestione dell'impianto elettrico	26

1 Generalità

Il cantiere è un luogo di lavoro molto particolare e le caratteristiche dell'impianto elettrico devono tenere conto del maggiore rischio elettrico: occorre infatti tenere presente le condizioni climatiche, variabili per tutta la durata del cantiere, il rischio di urti, la presenza di polveri ed acqua, la presenza più o meno elevata di persone, la presenza di eventuali ambienti a maggior rischio in caso d'incendio o con pericolo di esplosione.

La provvisorietà e la continua evoluzione tipica della struttura, che induce spesso a trascurare i problemi legati alla sicurezza, alle condizioni ambientali gravose e alla presenza di persone poco consapevoli del rischio elettrico rendono, come purtroppo confermano le statistiche sugli infortuni sul lavoro, particolarmente pericoloso questo ambiente di lavoro.

L'impianto elettrico di cantiere è l'insieme dei componenti elettrici, ubicati all'interno del recinto di cantiere, tra loro elettricamente associati in modo da rendere disponibile l'energia elettrica a tutti gli apparecchi utilizzatori del cantiere. L'impianto ha in genere una vita breve, appare con l'inizio dei lavori e scompare quando questi sono terminati con il recupero, per un successivo riutilizzo, di gran parte degli impianti e delle attrezzature.

La funzionalità e la consistenza dell'impianto elettrico sono funzione della durata e delle dimensioni del cantiere e pur non essendo richiesto dal DM n. 37/2008 nessun tipo di progetto, è sempre consigliabile, almeno per i cantieri di dimensioni considerevoli, approntare una documentazione completa (schemi dei quadri, dimensionamento protezione e posa delle condutture, misure di protezione dai contatti diretti e indiretti e schema dell'impianto di terra) delle principali caratteristiche dell'impianto.

L'impianto elettrico di cantiere deve essere realizzato nel rispetto delle Norme CEI, in particolare deve rispondere alla Norma CEI 64-8/7, alla Guida CEI 64-17, nonché alle prescrizioni delle Norme CEI applicabili ai singoli componenti dell'impianto. A riguardo si precisa che non va solo considerata la conformità dei singoli componenti alle Norme vigenti ma anche la loro idoneità al tipo alle condizioni di servizio e al loro stato di manutenzione.

Gli impianti elettrici da cantieri sono soggetti alle prescrizioni riportate nella sezione 704 della Norma CEI 64-8, e si applicano sia agli impianti fissi sia agli impianti movibili o trasportabili ad esclusione degli apparecchi utilizzatori, e si riferiscono ad impianti temporanei destinati a:

- lavori di costruzione nuovi edifici;
- lavori di riparazione, trasformazione, ampliamento o demolizione di edifici esistenti;
- costruzione di strade, viadotti, parchi, canali, teleferiche, ecc.;
- lavori di movimentazione o escavazione di inerti, pietre e ghiaie;

- interventi di manutenzione in banchina e di costruzione navale.

Nei cantieri gli impianti fissi sono limitati alle apparecchiature che comprendono gli apparecchi di comando, di protezione e di sezionamento principali. Gli impianti a valle sono considerati come impianti mobili o trasportabili.

Agli impianti elettrici dei locali di servizio di un cantiere quali uffici, spogliatoi, sale riunione, spacci, ristoranti, mense, dormitori, servizi igienici, officine meccaniche ecc.; si applicano le norme generali delle Parti da 1 a 6 della Norma CEI 64-8.

L'impianto di cantiere trae origine dal punto di allacciamento della linea di alimentazione del quadro generale di cantiere. Questo coincide con il punto di fornitura o, nei casi in cui l'alimentazione è derivata da un impianto esistente, con i morsetti dell'interruttore immediatamente a monte della linea di cantiere.

2 Alimentazione

L'impianto elettrico di cantiere può essere alimentato secondo varie modalità, sulla base in particolare dei carichi prevedibili e delle misure di protezione, soprattutto contro i contatti indiretti e contro le sovracorrenti.

Esso può essere alimentato sia da una rete di alimentazione a bassa tensione (sistema di I° categoria) o in alta tensione (sistema di II° categoria), sia mediante autoproduzione con gruppi elettrogeni o nei casi di piccoli cantieri l'alimentazione può avvenire direttamente dall'impianto esistente.

L'alimentazione viene inoltre definita in funzione del sistema di conduttori attivi (monofase o trifase) e del modo di collegamento a terra.

Alimentazione da rete pubblica a bassa tensione

Nella maggior parte dei cantieri l'alimentazione è fornita direttamente in bassa tensione dall'ente distributore con sistema TT per potenza fino a 50÷75 kW, figura 2.1):

- monofase (fase-neutro) 230 V, 50 Hz, oppure
- trifase con neutro 230/400 V, 50 Hz

Il tipo di sistema determina il modo di collegamento a terra che prevede, come in questo caso, le masse dell'impianto di cantiere collegate ad un impianto di terra elettricamente indipendente da quello della rete pubblica di alimentazione.

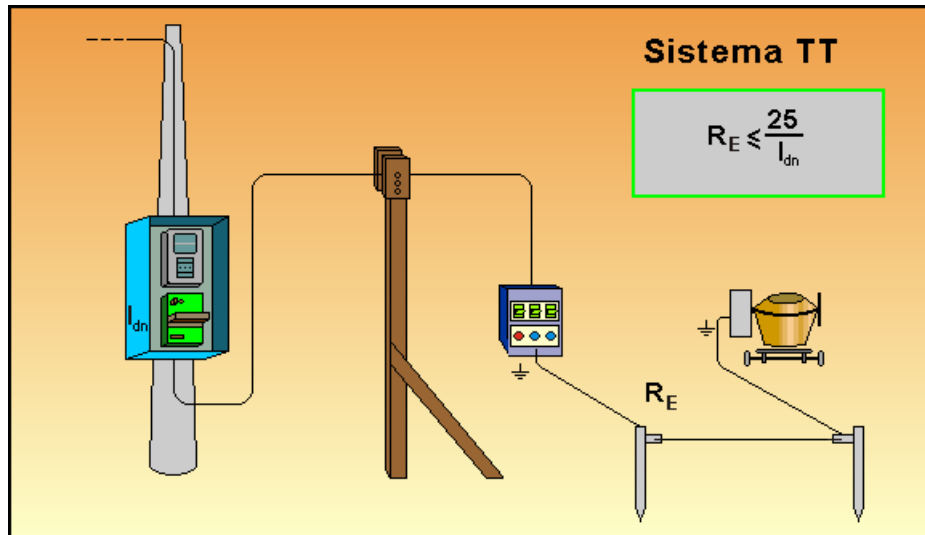


Figura 2.1 – Alimentazione da rete pubblica (sistema TT)

Alimentazione da rete pubblica in media tensione

Nel caso di cantieri di grandi dimensioni può essere necessario alimentare l'impianto elettrico in media tensione mediante una propria cabina di trasformazione; in questo caso il collegamento a terra viene effettuato secondo il sistema TN-S, che prevede un impianto di terra unico in modo che le masse dell'impianto di cantiere siano collegate, per mezzo di un conduttore di protezione, all'impianto di terra della cabina di trasformazione, figura 2.2

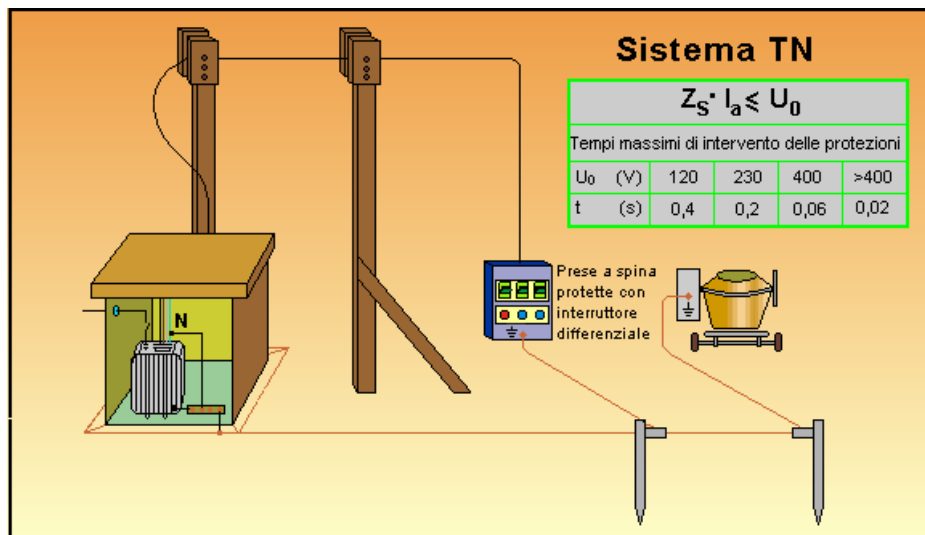


Figura 2.2 – Alimentazione da propria cabina di trasformazione con sistema TN

Alimentazione mediante gruppi elettrogeni

L'impianto elettrico di cantiere può essere alimentato da gruppo elettrogeno nei casi di zone non servite dal distributore pubblico, figura 2.3.

Per potenze medie o elevate, i gruppi elettrogeni trifase rendono disponibile il centro stella ed il relativo collegamento a terra viene in genere effettuato secondo i sistemi TN-S, come previsto per le cabine di trasformazione. Se i gruppi elettrogeni sono di potenza limitata, (in genere monofase) e alimentano un solo apparecchio utilizzatore, la protezione contro i contatti indiretti può essere ottenuta mediante separazione elettrica, cioè senza realizzare alcun collegamento intenzionale a terra delle masse.

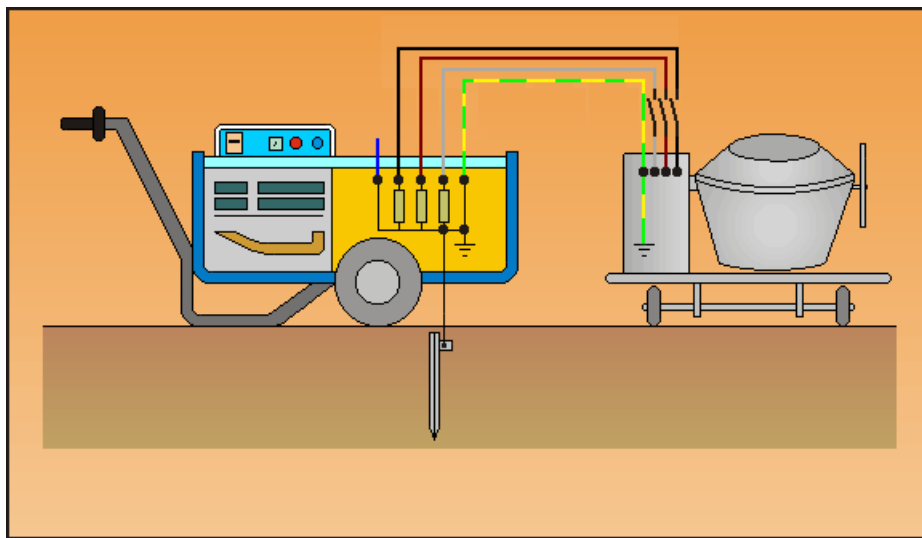


Figura 2.3 – Alimentazione tramite gruppo elettrogeno

3 Conduiture

La scelta delle condutture di cantiere deve essere effettuata, come del resto per tutti gli impianti tradizionali, a partire dalla modalità di posa tenendo presenti però le caratteristiche ambientali tipiche dei cantieri.

Il tipo di posa determina a quali sollecitazioni può andare incontro un cavo elettrico e quindi la corretta posa del cavo è fondamentale per evitarne il danneggiamento, è pertanto opportuno attenersi alle indicazioni date dal fabbricante sulle modalità di impiego del cavo stesso.

I fattori più importanti che possono danneggiare il cavo nella fase di posa sono la temperatura, il raggio di curvatura, le abrasioni e l'ancoraggio ai sostegni; quindi durante la posa di un cavo si devono usare precauzioni per evitare il danneggiamento della guaina, dell'isolante e del conduttore, che potrebbero compromettere il suo successivo funzionamento.

Tabella 3.1 - Tipologie di posa generalmente usate nei cantieri

Modalità di posa		Posa fissa				Posa mobile
		Tubi protettivi e canali	Passerelle e funi	Interrato		
				Tubi protettivi	Con protezione meccanica	
Tipo	Tensioni	3,34	11,12,13,17,34	61	63	
H07V-K	450/750V	SI	NO	NO	NO	NO
H07BQ-F	450/750V	SI	SI	NO	NO	SI
H07RN-F	450/750V	SI	SI	NO	NO	SI
FG7OR	0,6/1 kV	SI	SI	SI	SI	NO

Il tipo di posa scelto non deve essere di intralcio alle persone o ai mezzi di trasporto (anche per evitare danneggiamenti ai cavi stessi), i cavi devono essere opportunamente protetti meccanicamente contro i danneggiamenti e devono essere facilmente individuabili e rimovibili quando il cantiere sarà smantellato.

Nella scelta della tipologia di posa devono essere valutati essenzialmente gli aspetti delle esigenze di sicurezza, di funzionalità, di economicità, di possibilità di recupero e di eventuali spostamenti nel corso dei lavori di cantiere.

Tra le varie modalità di pose previste dalle norme CEI quella che maggiormente viene utilizzata, proprio per la sua economicità e versatilità nell'impiego in cantiere, è la posa aerea senza fune portante, figura 3.1.

I cavi su posa aerea all'interno del cantiere devono essere disposti, per quanto possibile, lungo la recinzione, in modo da non intralciare la circolazione dei mezzi e da non essere sottoposti ad urti meccanici. Il punto critico per questo tipo di posa sono gli ancoraggi che devono essere affidabili e fermare saldamente il cavo senza però danneggiarne la guaina esterna, di conseguenza è vietato sostenere i cavi a mezzo di legature in filo di ferro.

Devono invece essere sostenuti mediante selle in legno o di altro materiale, prive di spigoli o di altri elementi taglienti e aventi un raggio di curvatura adeguato ad evitare lo schiacciamento del cavo sulla sella a causa del proprio peso.

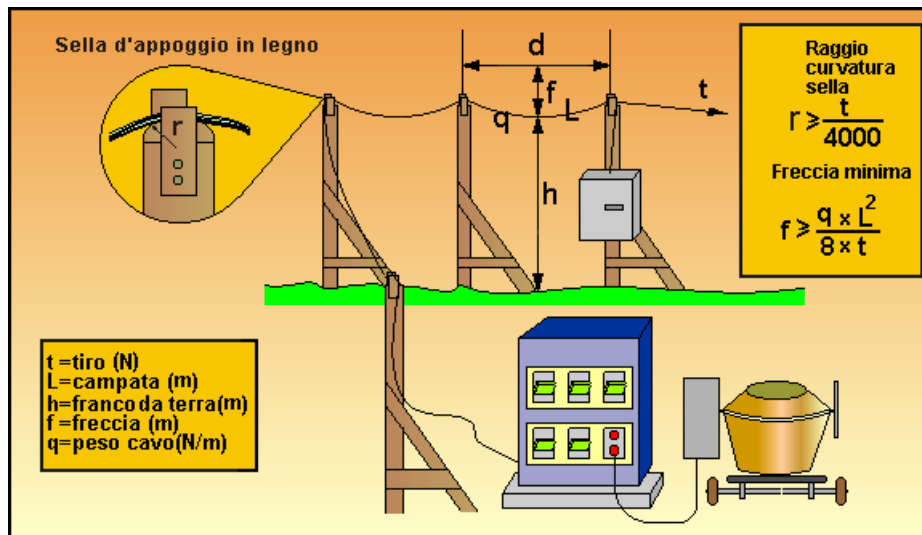


Figura 3.1 – Posa aerea su palo senza fune di sostegno

Quando un cavo non è autoportante e viene sospeso a funi metalliche, è bene che le fasciature siano tali da non danneggiare il cavo e disposte almeno ogni due metri. Nella figura 3.2 sono riportati alcuni esempi di posa fissa e mobile delle condutture in cantiere.

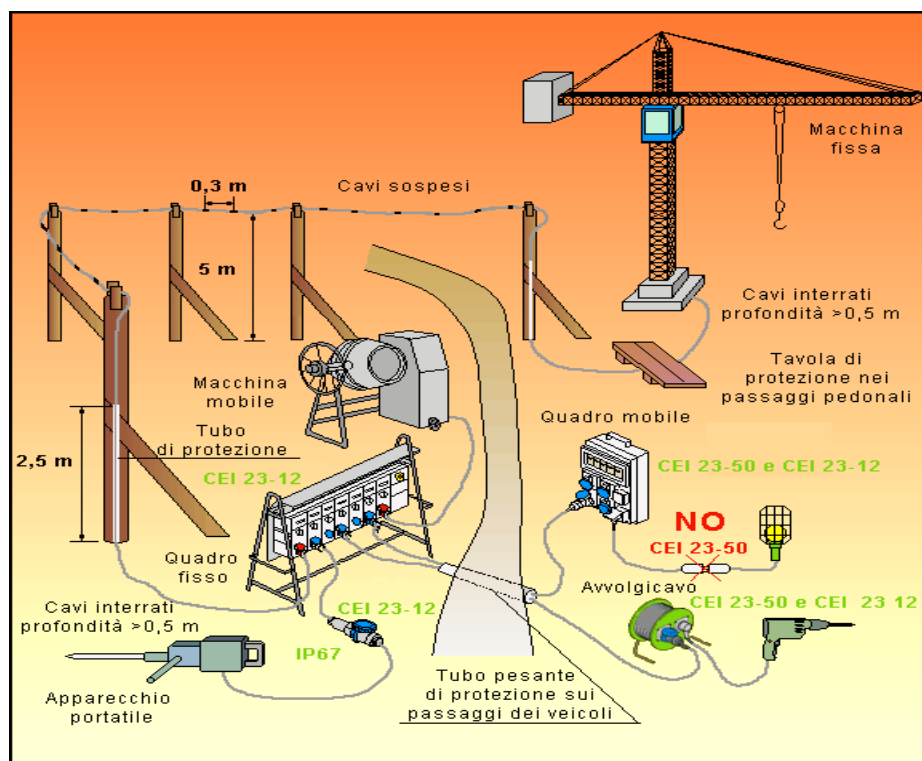


Figura 3.2 - Esempi di posa delle condutture

4 Protezione contro i contatti diretti

Le misure di protezione contro i contatti diretti possono essere ottenute tramite isolamento delle parti attive o mediante involucri e barriere.

La misura di protezione mediante ostacoli o mediante distanziamento non è ammessa nei cantieri di costruzione, come previsto dagli artt. 704.412.3 e 704.412.4 della Norma CEI 64-8 sesta edizione 2007.

I lavori in prossimità di linee elettriche aeree non protette non sono ammessi a distanze inferiori ai limiti indicati nella figura 4.1, salvo che vengano adottate disposizioni organizzative e procedurali idonee a proteggere i lavoratori dai conseguenti rischi, come previsto dall'art. 83 del D.Lgs. n. 81/2008.

Considerato che i cantieri sono allestiti generalmente all'aperto, l'art. 117 del D.Lgs. n. 81/2008 consente di eseguire lavori in prossimità di linee elettriche aeree non protette anche ad una distanza inferiore a quella prevista (figura 4.2), fermo restando l'obbligo delle norme di buona tecnica si provveda a rispettare almeno una delle seguenti precauzioni:

- mettere fuori tensione ed in sicurezza le parti attive per tutta la durata dei lavori;
- posizionare ostacoli rigidi che impediscano l'avvicinamento alle parti attive;
- tenere in permanenza, persone, macchine operatrici, apparecchi di sollevamento, ponteggi ed ogni altra attrezzatura a distanza di sicurezza.

La distanza di sicurezza deve essere tale che non possano avvenire contatti diretti o scariche pericolose per le persone tenendo conto del tipo di lavoro, delle attrezzature usate, del massimo ingombro del carico sospeso, del possibile movimento oscillatorio del carico nel corso della normale lavorazione e delle tensioni presenti.

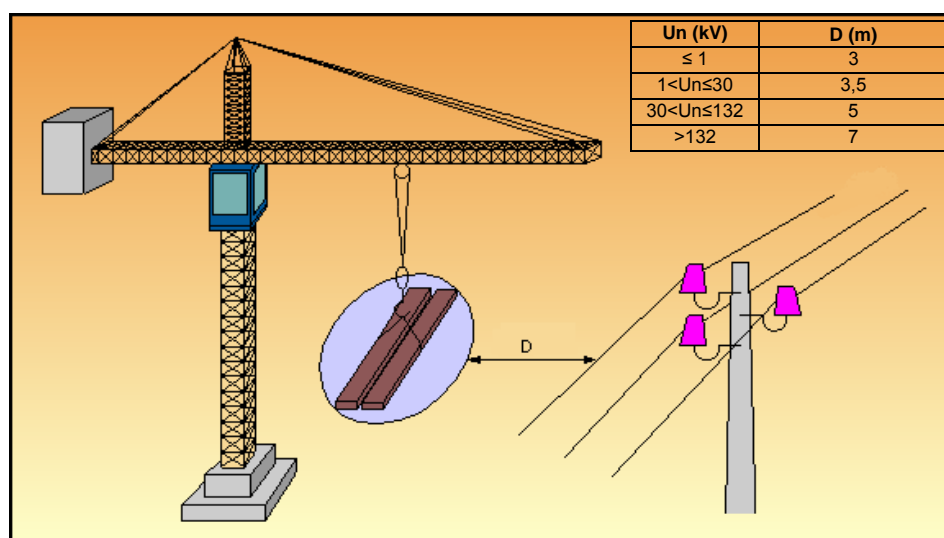


Figura 4.1 - Distanza minima da linee elettriche aeree non protette (Tab. 1 allegato IX D.Lgs. n. 81/2008)

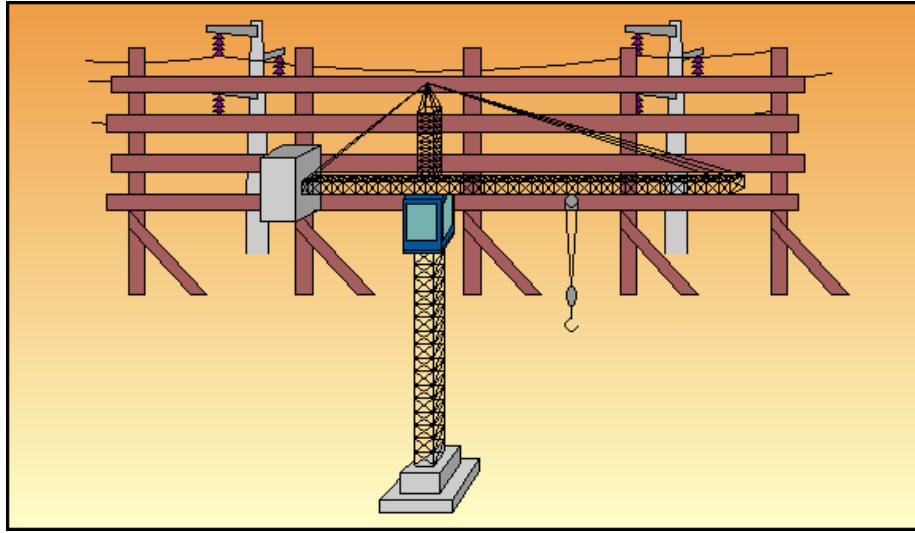


Figura 4.2 – Esempio di protezione nei confronti di una linea elettrica aerea non protetta in media tensione

5 Protezione contro i contatti indiretti

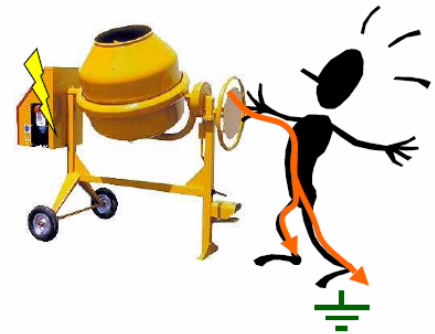
Per proteggere le persone nei confronti dei rischi da contatti indiretti possono essere utilizzate tre differenti tipologie di protezione.

Protezione mediante l'interruzione automatica dell'alimentazione

Nella protezione contro i contatti indiretti mediante interruzione automatica dell'alimentazione, la tensione di contatto limite convenzionale U_L deve essere limitata a 25 V c.a. o a 60 V c.c. non ondulata e si applicano le prescrizioni specificate in 481.3.1.1 della Norma CEI 64-8.

È opportuno ricordare che il rispetto di tali valori può essere ottenuto:

- in un sistema TT, solo mediante l'utilizzo di dispositivi differenziali;
- in un sistema TN anche con l'impiego del solo interruttore magnetotermico, previa verifica dell'impedenza dell'anello di guasto e del tempo di intervento della protezione, che non deve essere superiore a 5 s (circuiti di distribuzione o circuiti terminali che alimentano solo apparecchi fissi) o a 0,2 s (circuiti terminali che alimentano anche apparecchi non fissi a tensione 230 V verso terra). L'impiego di un dispositivo differenziale nei sistemi TN è comunque garanzia di maggiore sicurezza.



Protezione mediante componenti elettrici di Classe II o con isolamento equivalente

Questa soluzione è generalmente impiegata nella costruzione degli apparecchi utilizzatori; nei cantieri tale protezione può essere utilizzata per utensili portatili. Bisogna fare attenzione che questi apparecchi siano idonei per l'uso in luoghi soggetti a spruzzi d'acqua (IPX4).

Protezione per separazione elettrica

Nella protezione per separazione elettrica la sorgente di alimentazione del circuito deve essere un trasformatore di isolamento o una sorgente con caratteristiche di sicurezza equivalente a quella del trasformatore di isolamento (ad esempio un piccolo gruppo elettrogeno). Se vengono alimentati più apparecchi utilizzatori le loro masse devono essere collegate con un conduttore equipotenziale.

Questa protezione può essere applicata a circuiti con prese a spina solo se ciascun apparecchio utilizzatore è alimentato da un trasformatore di isolamento separato o da un avvolgimento secondario separato del trasformatore (per ogni avvolgimento secondario un solo utilizzatore).

6 Protezione contro le sovracorrenti

La protezione dalle sovracorrenti si realizza impiegando interruttori automatici magnetotermici o fusibili. Le condizioni di pericolosità che si possono verificare sono il sovraccarico ed il cortocircuito.

Il sovraccarico si realizza quando la corrente assorbita in un impianto è superiore a quella sopportabile dal cavo nel quale transita. Questo fenomeno deve essere interrotto in tempi brevi per evitare il rapido deterioramento dell'isolante del cavo.

Il cortocircuito si verifica quando due o più fasi (o neutro/terra) vengono incidentalmente in contatto tra loro. In questo caso le correnti in gioco possono assumere valori estremamente elevati e devono essere interrotte in tempi brevissimi.

Nei cantieri non è ammesso utilizzare come protezione contro i cortocircuiti, dalla linea di alimentazione al quadro generale, l'interruttore limitatore del distributore. Deve essere previsto, all'origine dell'impianto, un quadro che comprenda i dispositivi di protezione principali.

Il dispositivo di protezione contro le sovracorrenti deve avere caratteristica idonea alle condutture da lui protette e nello stesso tempo consentire l'avviamento di motori con corrente di spunto elevata. In quest'ultimo caso è consigliabile l'uso di interruttori con soglia di intervento magnetico da 10 a 20 volte la loro corrente nominale.

Protezione contro i sovraccarichi

Ogni circuito deve essere protetto contro i sovraccarichi con dispositivo incorporato nei quadri ASC. Tuttavia l'art. 473.1.4 della norma CEI 64-8 raccomanda di omettere la

protezione contro i sovraccarichi nei circuiti che alimentano apparecchi utilizzatori in cui l'apertura intempestiva del circuito potrebbe essere causa di pericolo.

Protezione contro il cortocircuito

Il dispositivo di protezione deve avere un potere di interruzione almeno uguale alle correnti di cortocircuito presunta nel punto di consegna dell'energia elettrica, se non viene calcolato per il punto di installazione.

7 Protezione differenziale

Qualunque siano le misure di protezione prese, in relazione al sistema di neutro utilizzato, è opportuno tenere conto delle maggiori situazioni di pericolo che si possono presentare in un cantiere edile:

- contatto diretto a seguito del guasto di isolamento di un conduttore che non comporta l'interruzione automatica dell'alimentazione (danneggiamento meccanico senza cortocircuito);
- contatto diretto per la rottura dell'involucro degli apparecchi utilizzatori portatili o per negligenza del personale;
- contatto indiretto causato dal guasto di isolamento di un apparecchio di classe I con massa non collegata a terra o per interruzione della continuità del conduttore di protezione.

In questi casi il dispositivo differenziale è da intendere come protezione addizionale. Qualora si utilizzi come interruttore generale un dispositivo privo di sganciatori contro le sovracorrenti e con la sola protezione differenziale (differenziale puro), tale interruttore deve essere protetto con uno o più dispositivi di protezione contro le sovracorrenti posti a monte o con tutti i dispositivi di protezione contro le sovracorrenti posti immediatamente a valle dello stesso.

8 Protezioni in luoghi conduttori ristretti

Per luoghi conduttori ristretti si intendono quei luoghi limitati essenzialmente da superfici metalliche o comunque conduttrici nel quale è probabile che una persona possa venire in contatto con tali superfici attraverso un'ampia parte del suo corpo, ed è limitata la possibilità di interrompere tale contatto.

Esempi di luoghi conduttori ristretti presenti nei cantieri sono piccole cisterne metalliche, interno di tubazioni metalliche, cunicoli umidi, scavi ristretti nel terreno e tralicci, figura 8.1. Non si considerano luoghi conduttori ristretti i piani di lavoro sui ponteggi metallici.

Il luogo conduttore ristretto può essere applicabile anche a situazioni in cui l'operatore è in ambiente ampio ma a stretto contatto, su larga parte del corpo, con superfici conduttrici, per esempio lavori con cinture di sicurezza su strutture metalliche.

Gli utensili portatili e gli apparecchi di misura trasportabili o mobili utilizzati in questi luoghi, devono essere alimentati a bassissima tensione di sicurezza (SELV) o devono essere protetti per separazione elettrica.

Per le lampade portatili è ammessa solo la alimentazione a bassissima tensione di sicurezza (SELV).

Sia il trasformatore di isolamento che il trasformatore di sicurezza dei sistemi SELV debbono essere tenuti all'esterno del luogo conduttore ristretto.

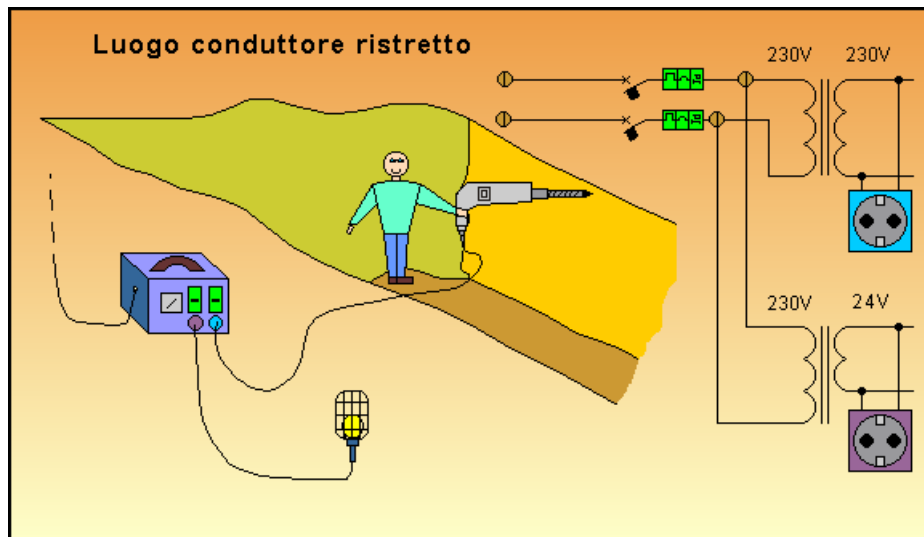


Figura 8.1 - Esempio di possibile luogo conduttore ristretto

9 Dispositivi di sezionamento, protezione e comando

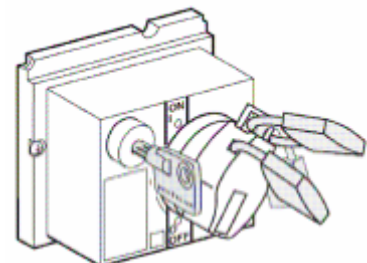
All'origine di un impianto elettrico da cantiere deve essere previsto un quadro che contenga i dispositivi di sezionamento, di comando e di protezione principali.

I quadri di alimentazione e di distribuzione devono essere dotati di uno o più dispositivi sul cavo d'ingresso, atti a garantire il comando e il sezionamento.

Il sezionamento deve comprendere tutti i conduttori attivi, in particolare, per i cantieri alimentati direttamente in bassa tensione dal Distributore anche il conduttore di neutro va considerato parte attiva in quanto, nonostante sia messo a terra nella cabina MT/BT potrebbe assumere tensioni pericolose in caso di guasto.

I dispositivi di sezionamento debbono essere dotati di blocco in posizione di aperto, che può essere realizzato direttamente sulla manovra dell'apparecchio con chiave o lucchetto, o essere collocato all'interno di un involucro chiudibile con chiave.

Un solo dispositivo può sezionare o comandare più circuiti, purché correttamente dimensionato per le condizioni di



servizio.

Il sezionamento può essere affidato ad interruttori, prese a spina, o altri dispositivi. L'idoneità al sezionamento deve essere dichiarata dal costruttore se non prevista dalla relativa norma.

10 Comando e arresto di emergenza

In un cantiere è opportuno predisporre un comando di emergenza, avente lo scopo di interrompere in modo istantaneo l'alimentazione dell'intero impianto o di una sua parte, come i soli apparecchi utilizzatori, in caso di pericolo improvviso.

A tal fine si può anche utilizzare l'interruttore generale del quadro, purché non chiudibile a chiave, che deve essere individuato mediante apposita targa posta in modo ben visibile sul quadro stesso.

In alternativa all'interruttore generale si può utilizzare come comando di emergenza un pulsante a fungo di colore rosso posto sul quadro in modo che sia facilmente accessibile e raggiungibile, e reso noto a tutte le maestranze coinvolte nel cantiere.

Tutte le macchine che possono causare pericolo quali ad esempio gru, betoniere e sistemi di pompaggio devono essere dotati singolarmente di dispositivi per l'arresto di emergenza installato dal relativo costruttore come prevede la Direttiva Macchine.



11 Presa a spina

Le prese a spina utilizzate in cantiere devono essere in grado di resistere alle condizioni di impiego prevedibili, in particolare devono essere protette contro le infiltrazioni d'acqua e polvere, contro gli urti e le altre sollecitazioni meccaniche specie alle basse temperature (fino a $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Nelle comuni condizioni di cantiere le prese a spina devono garantire un grado di protezione almeno IP44, sia con spina inserita che con spina disinserita. Molto spesso le prese a spina mobili possono trovarsi così in contatto con pozzanghere o condizioni simili, e per questo è preferibile che abbiano un grado di protezione IP67.

Queste prescrizioni fanno sì che le prese a spina utilizzate debbano essere del tipo industriale, conformi alle norme EN 60309 (CEI 23-12).

Per le attività di breve durata, di finitura o per piccoli cantieri di ristrutturazione, è frequente l'impiego di attrezzature portatili equipaggiate con spine di tipo domestico e similare. È quindi ammesso l'uso di prese per uso domestico e similare (CEI 23-5, CEI 23-16, CEI 23-50) quando l'ambiente di lavoro e l'attività in essere non presentano



particolari rischi nei confronti di presenza di acqua, di polveri ed urti. È ammesso l'uso di adattatori di sistema (secondo la Norma CEI EN 50250, parte spina industriale e parte presa per uso domestico e similare) per uso temporaneo, purché siano presi opportuni accorgimenti atti ad evitare di trovarsi accidentalmente immersi in pozze d'acqua.

Le prese a spina aventi correnti nominali fino a 32 A, devono essere protetti da dispositivi differenziali aventi corrente differenziale nominale $I_{dn} \leq 30$ mA; in alternativa possono essere alimentate da sorgente SELV o per separazione elettrica. Le prese a spina per i circuiti SELV non devono essere intercambiabili con altri tipi di prese a spina in uso nel cantiere.

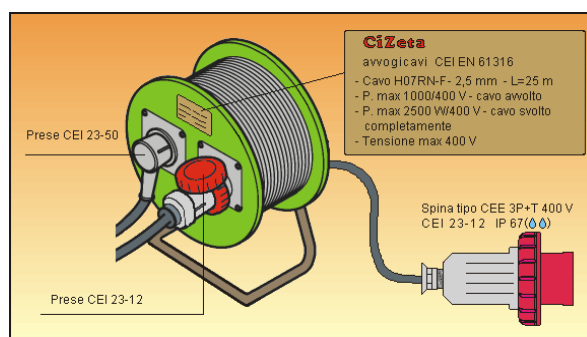
Nel montaggio delle prese a spina deve essere posta particolare cura soprattutto nel collegamento del conduttore giallo-verde di terra, al quale occorre fornire una certa abbondanza rispetto a quelli di fase e di neutro. Questo accorgimento viene adottato in quanto si vuole evitare che in caso di sforzi in trazione troppo elevati sul cavo il conduttore giallo-verde si possa interrompere prima di quello di fase.



12 Avvolgicavo e cordoni prolungatori

Gli avvolgicavo devono essere di tipo industriale conformi alla norma CEI EN 61316 con le seguenti caratteristiche minime:

- devono essere protetti mediante protettore termico di corrente incorporato in modo da impedire il surriscaldamento sia a cavo avvolto sia a cavo svolto;
- il cavo deve essere di tipo H07RN-F (o equivalente) con sezione non inferiore a 2,5 mm² se l'avvolgicavo è da 16 A, 6 mm² se è da 32 A e 16 mm² se è da 63 A.
- devono indicare il nome o il marchio del costruttore, la tensione nominale, e la massima potenza prelevabile sia a cavo svolto sia avvolto.



Oltre agli avvolgicavo possono essere utilizzati anche cavi prolungatori (prolunghe) che devono essere dotati di prese a spina di tipo per uso industriale (CEI 23-12) con grado di protezione minimo IP67. Il cavo deve essere di tipo H07RN-F (o equivalente) con sezione non inferiore a 2,5 mm² per prolunghe con prese da 16 A, 6 mm² per prolunghe con prese da 32 A e 16 mm² per prolunghe con prese da 63 A.



13 Quadri elettrici

I quadri elettrici utilizzati nei cantieri sono il cuore dell'impianto perché contengono tutti i necessari dispositivi di manovra e protezione, nonché le prese a spina e le necessarie connessioni elettriche e meccaniche che di fatto costituiscono le partenze delle varie linee elettriche del cantiere.

Tutti i quadri per cantiere devono essere di tipo AS e in particolare soddisfare i requisiti della norma europea CEI EN 60439-4 2^a edizione, la quale prevede che i quadri per cantiere abbiano tutti gli apparecchi posti all'interno di un involucro munito di pannelli asportabili, di pannelli di copertura o di portine tali da consentire la connessione dei cavi e la manutenzione, con la sola eccezione di eventuali prese a spina, manopole e pulsanti di comando che possono essere accessibili senza l'uso di una chiave o di un attrezzo.

Il grado minimo di protezione deve essere non inferiore a IP44 a quadro chiuso e non inferiore a IP21 a porta aperta, quando si accede ai comandi. I dispositivi per l'entrata dei cavi devono essere specificati dal costruttore e le uscite dei cavi devono essere ubicate a una distanza minima dal suolo compatibile con il raggio di curvatura del cavo più grande che possa essere collegato. I terminali per conduttori esterni devono consentire che tutte le connessioni siano effettuabili più volte oppure devono essere costituiti da prese a spina, con corrente nominale di almeno 16 A.

Le spine aventi valori di corrente o di tensione nominale diversi tra loro, non devono essere intercambiabili, onde evitare errori e le connessioni per le prese a spina trifase devono essere realizzate in modo da rispettare lo stesso ordine delle fasi.

Il quadro per cantiere può essere di tipo trasportabile o semifisso; in tal caso la sua collocazione può variare durante il lavoro nello stesso cantiere, spostamento che può essere effettuato solo dopo aver posto fuori tensione il quadro, oppure di tipo mobile, quando cioè può essere spostato in dipendenza dell'avanzamento del lavoro del cantiere senza essere posto fuori tensione.

Nello specifico, le tipologie di quadri ASC previste per l'installazione nei cantieri sono le seguenti:

- *quadro di alimentazione di entrata e di misura*: è destinato alla connessione alla rete pubblica e in esso sono contenuti gli strumenti per la misura dell'energia consumata;
- *quadro ASC di distribuzione principale*: la sua collocazione è immediatamente a valle del quadro di alimentazione ed è costituito da un'unità di entrata (provvista di un dispositivo di sezionamento) e da una o più unità di uscita che, a loro volta, possono essere costituite da uno o più circuiti;
- *quadro ASC di distribuzione*: può essere derivato sia direttamente dal quadro di alimentazione di entrata sia da quello di distribuzione principale. È destinato alla distribuzione dell'energia elettrica per l'illuminazione, per la forza motrice e per l'alimentazione di eventuali quadri secondari e/o macchine di cantiere;

- *quadro ASC di trasformazione:* è composto da un'unità contenente l'unità di trasformazione bassa/bassissima tensione (BT/FELV o BT/SELV) e da una o più unità di trasformazione bassa/bassa tensione. Tutte le prese a spina che fanno capo a questo quadro devono essere protette con interruttore differenziale con $I_{dn} \leq 30$ mA;
- *quadro ASC di distribuzione finale:* ad esso vanno collegati gli utensili elettrici portatili e le altre apparecchiature di cantiere. La protezione contro i contatti indiretti deve essere assicurata da un interruttore differenziale con $I_{dn} \leq 30$ mA;
- *quadro ASC di prese a spina:* può essere mobile o trasportabile e tutte le unità sono costituite da sole prese a spina. È necessario che ciascuna presa a spina sia protetta contro il sovraccarico e inoltre le prese a spina devono essere protette da un interruttore differenziale avente $I_{dn} \leq 30$ mA.

Le funzioni elettriche minime di un quadro di cantiere sono evidenziate in figura 13.1.

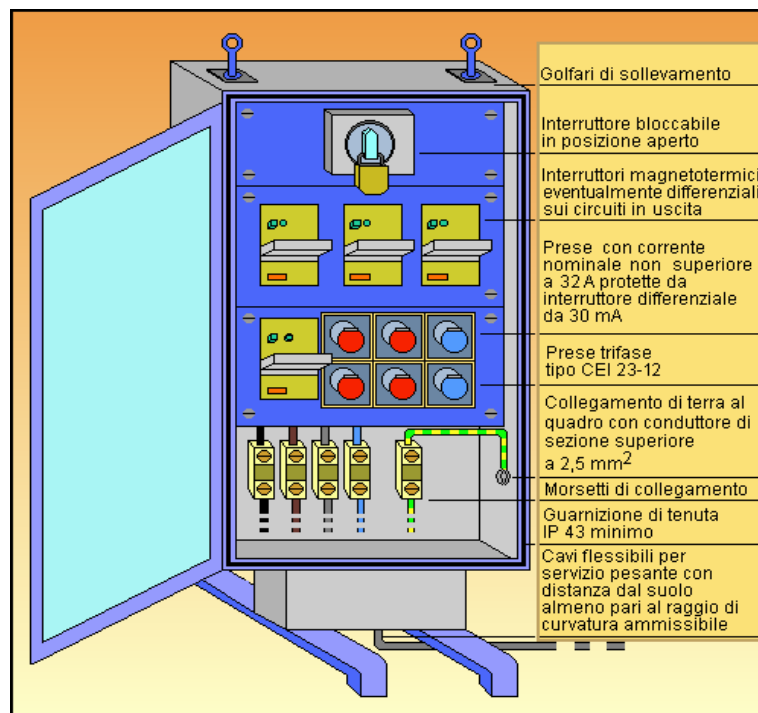


Figura 13.1 – Esempio di equipaggiamento elettrico tipico di un quadro ASC

I quadri ASC per cantiere, analogamente a tutte le altre tipologie di quadri elettrici, devono essere corredati da una targa indelebili e visibili a quadro in opera, sulla quale devono essere riportati almeno i dati richiamati in figura 13.2.

Bianchi F. & c Quadri elettrici					
Tipo QC 125/12		IEC 60439-4			
U_n 230/400 V		U_i = 660 V			
50 Hz		U_{imp} = 6 kV			
entrata	Uscite fisse		Prese		
I_n 125 A	3~	1~	3~	3~	1~
portello chiuso	32 A	16 A	32 A	16 A	16 A
IP54	Tenuta al cortocircuito				
portello aperto	Dispositivo incorporato				
(IP21)	I_{cc} 32 kA				
F	-30 + 45 °C				
65 kg	650 x 960 x 320				

a) Nome del costruttore o marchio di fabbrica
b) Designazione del tipo o numero di identificazione
c) Norma di riferimento (IEC 60439-4)
d) Valore nominale della corrente
e) Tensioni nominali e frequenza
f) Tenuta al cortocircuito
g) Gradi di protezione
h) Livello di isolamento e tensione di tenuta ad impulso
i) Condizioni di servizio (solo se speciali)
j) Tipologia dei collegamenti
l) Peso
m) Dimensioni

Figura 13.2 – Esempio di targa dei quadri ASC

I quadri preesistenti alla entrata in vigore della Norma CEI 17-13/4 (1 novembre 1992) si possono ritenere adeguati, ai fini della sicurezza, e riutilizzabili con riferimento alla Norma CEI 17-13/1 quando presentano almeno i requisiti di seguito riportati:

- per quanto riguarda l'integrità dell'involucro, assenza di danneggiamenti meccanici tali da rendere il quadro insicuro;
- per quanto riguarda i componenti elettrici usati, componenti elettrici idonei, provvisti di marchio o altro tipo di certificazione, secondo quanto previsto dalla legge n. 791/1977.

Per tali quadri non si ritiene necessaria la documentazione relativa alle prove.

Si evidenzia che i quadri elettrici installati in locali considerati locali di servizio del cantiere non sono considerati quadri per cantiere.

Dal punto di vista della distribuzione, in relazione alla dimensione dell'impianto e al tipo di alimentazione impiegata si possono evidenziare le seguenti situazioni.

Piccolissimi cantieri

Nei piccoli cantieri dove vengono effettuati semplici manutenzioni o modeste ristrutturazioni la potenza necessaria al funzionamento del cantiere stesso è dell'ordine di qualche kW, e quindi l'alimentazione delle varie apparecchiature può essere effettuata direttamente dalle prese esistenti utilizzabili anche per il comando e il sezionamento, senza dover realizzare un impianto specifico di cantiere, figura 13.3.

E' comunque necessario rispettare le condizioni di sicurezza prevedendo l'impiego di un piccolo quadro di prese a spina da cantiere con trasformatore di isolamento oppure protetto da interruttore differenziale con $I_{dn} \leq 30 \text{ mA}$. Potrebbe infatti non risultare verificato il coordinamento delle protezioni con il valore della resistenza dell'impianto di terra, perché come è noto la tensione di contatto limite negli ambienti ordinari è di 50V mentre nei cantieri è ridotta a 25V.

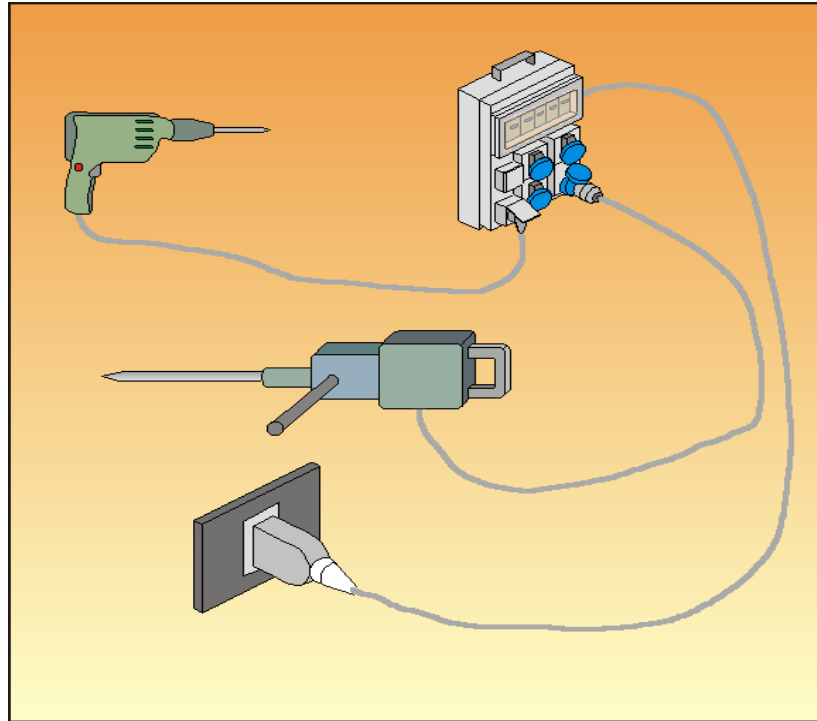


Figura 13.3 – Quadretto alimentato direttamente dall'impianto esistente

Piccoli e medi cantieri

Nei piccoli e medi cantieri la potenza installata solitamente è inferiore ai 30 kW. In questi cantieri si utilizzano macchine di tipo fisso o trasportabile, come piccole gru o betoniere e utensili portatili di vario genere.

La distribuzione principale di solito è ottenuta per mezzo di un singolo quadro di distribuzione principale, collegato al punto di fornitura dell'energia elettrica in bassa tensione, dotato di prese e morsettiere per il collegamento delle macchine fisse, figura 13.4. L'impianto può essere completato con quadri di prese a spina secondari allacciati al quadro di distribuzione principale per l'alimentazione di elettrodomestici portatili.

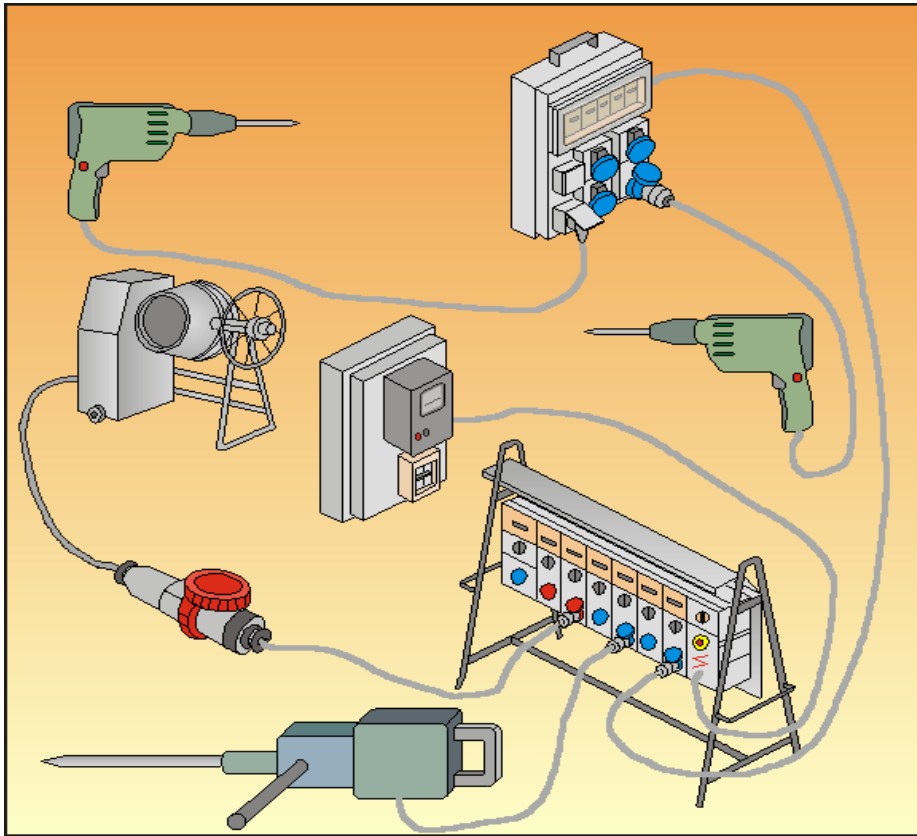


Figura 13.4 – Esempio di quadro di distribuzione principale con eventuali uno o più quadri mobili secondari per piccoli e medi cantieri

Grandi cantieri

Nei grandi cantieri la potenza impegnata supera generalmente i 30 kW. Per grandi cantieri che si sviluppano su vaste aree si rende indispensabile installare più quadri di distribuzione, alimentati da un quadro di distribuzione principale, per alimentare gli utilizzatori trifase di grande potenza tipici di questi tipi di cantieri (gru, betoniere, ecc..), figura 13.5. L'alimentazione può avvenire direttamente in bassa tensione ma, per i cantieri molto grandi, può essere necessaria una alimentazione in MT.

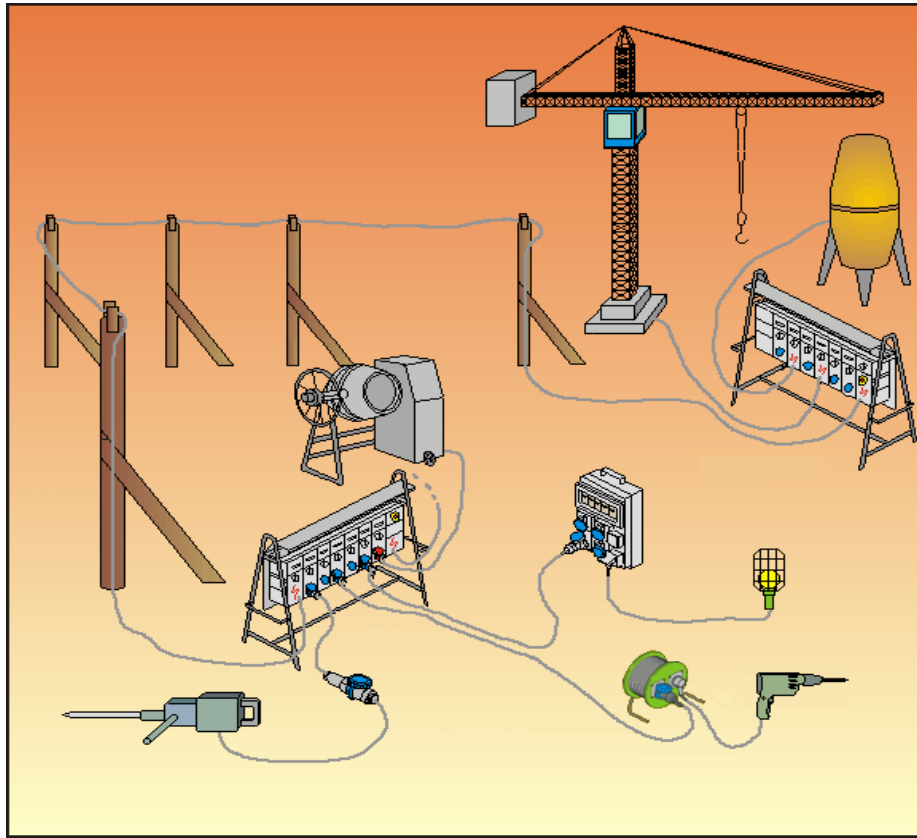


Figura 13.5 – Esempio di quadri di distribuzione derivati da un quadro di distribuzione principale per grandi cantieri

14 Illuminazione di cantiere

L'esigenza di illuminazione artificiale nasce solo per cantieri con cicli di lavorazione continui, o comunque di durata abitualmente superiore a quella diurna, o per attività in gallerie, locali interrati e altri ambienti generalmente bui.

Più spesso l'illuminazione artificiale è utilizzata per brevi periodi e in aggiunta a quella solare per rifiniture, oppure è di ausilio al presidio notturno del cantiere.

Per le attività in gallerie, locali interrati e altri ambienti generalmente bui, parallelamente alla esigenza di illuminazione artificiale, si pone anche l'esigenza di illuminazione di sicurezza

La realizzazione dell'impianto di illuminazione, e in particolare della illuminazione di sicurezza deve essere eseguita tenendo ben presente le specifiche richieste dal piano di sicurezza.

Gli impianti di illuminazione di cantiere si distinguono in tre tipi:

- impianti fissi;
- impianti trasportabili;
- impianti portatili.

Impianti fissi di illuminazione

Devono avere le stesse caratteristiche degli impianti elettrici fissi di cantiere, in particolare si deve porre attenzione:

- al grado di protezione (IP44 minimo consigliato);
- al posizionamento degli apparecchi di illuminazione che non devono essere di intralcio alle attività di cantiere;
- alla protezione contro gli urti accidentali;
- all'adeguata qualità dell'illuminazione evitando l'abbagliamento (soprattutto se si utilizzano proiettori).

Impianti di illuminazione trasportabili

Devono rispondere ai requisiti per gli impianti mobili, ovvero gli apparecchi devono essere robusti, facilmente trasportabili e realizzati con materiali che siano adatti al movimento continuo.

A causa delle lavorazioni in corso gli apparecchi di illuminazione possono risultare esposti a spruzzi, per cui è consigliabile un grado di protezione minimo IP44; inoltre è bene che abbiano un isolamento di Classe II. I cavi di alimentazione (essendo l'apparecchio mobile) devono essere adatti alla posa mobile, quindi di tipo H07RN-F o equivalenti.



Lampade portatili

Le lampade portatili devono essere conformi alla Norma CEI EN 60598-2-8, ed avere almeno le seguenti caratteristiche:

- impugnatura in materiale isolante;
- parti in tensione, o che possono entrare in tensione, completamente protette;
- protezione meccanica della lampadina;
- grado di protezione (IP44 minimo consigliato).

Se utilizzate in luoghi conduttori ristretti devono essere alimentate mediante circuiti a bassissima tensione di sicurezza SELV.



15 Impianto di terra

L'impianto di terra è finalizzato al collegamento alla stessa terra di tutte le parti metalliche conduttrici e accessibili dell'impianto elettrico (collegamento o messa a terra di protezione).

La messa a terra di protezione, coordinata con un adeguato dispositivo di protezione, ad esempio il relè differenziale, realizza il metodo di "protezione mediante interruzione

automatica dell'alimentazione" che è il metodo correntemente utilizzato contro i contatti indiretti.

La funzione dell'impianto di terra, negli impianti utilizzatori alimentati in bassa tensione, è di convogliare verso terra la corrente di guasto, provocando l'intervento del dispositivo di protezione che provvede all'automatica interruzione della corrente di guasto, evitando il permanere di tensioni pericolose sulle masse.

Negli impianti di media tensione con cabina di trasformazione di proprietà dell'utente, il conduttore di protezione viene solitamente collegato al centro stella del secondario del trasformatore, affinché in presenza di un guasto su una massa del circuito di bassa tensione, la corrente si possa chiudere attraverso il conduttore di protezione, senza interessare il dispersore; quest'ultimo deve essere dimensionato in funzione di guasti che si possono verificare sul circuito di alimentazione di media tensione.

L'impianto di terra deve possibilmente essere unico per evitare, in presenza di impianti di terra separati per ogni singolo utilizzatore, che in caso di un doppio guasto a terra ininterrotto si possano stabilire differenze di potenziale pericolose, fino a 400 V, a causa di due guasti su fasi diverse non tempestivamente interrotti, figura 15.1.

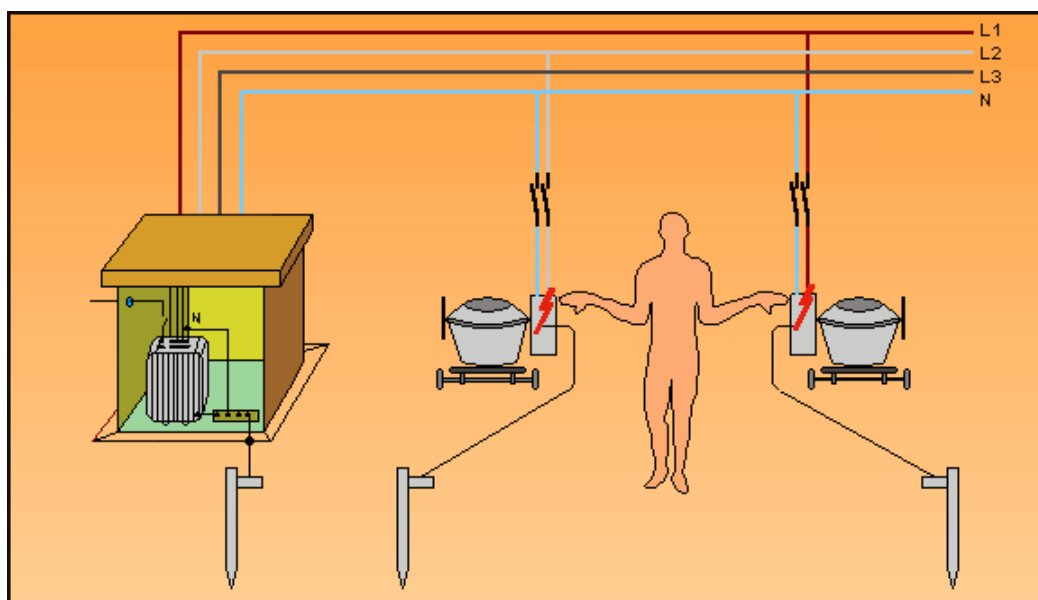


Figura 15.1 – Impianti di terra separati con due guasti su fasi diverse

La Norma consente di tenere separati i dispersori allorché sia impossibile toccare simultaneamente le due masse, ma l'abituale impiego nei cantieri di prolunghe per l'alimentazione di utensili portatili impedisce di fatto una tale soluzione.

Fra le due masse con impianti di terra separati potrebbero infatti stabilirsi differenze di potenziale comunque superiori a 25 V, anche in condizioni di corretto coordinamento e tempestivo intervento dei dispositivi di protezione.

Un impianto di terra da solo protegge solo occasionalmente contro i contatti indiretti: la protezione viene ottenuta solamente se si realizza un adeguato coordinamento con il dispositivo di protezione.

L'impianto di terra deve essere progettato in modo da soddisfare le seguenti prescrizioni:

- avere sufficiente resistenza meccanica e resistenza alla corrosione;
- essere in grado di sopportare, da un punto di vista termico, le più elevati correnti di guasto prevedibili;
- evitare danni a componenti elettrici ed a beni;
- garantire la sicurezza delle persone contro le tensioni che si manifestano sugli impianti di terra per effetto delle correnti di guasto a terra.

I vari elementi che costituiscono l'impianto di terra e che svolgono funzioni diverse sono:

- dispersore;
- conduttore di terra;
- collettore (o nodo) principale di terra;
- conduttori di protezione;
- conduttori equipotenziali principali.

I *dispersori*, costituiti da elementi metallici posati nel terreno, sono caratterizzati da un proprio valore di resistenza ed il loro dimensionamento dipende dal tipo di guasto che devono disperdere a terra; possono essere intenzionali (tubi, profilati, corde metalliche, ecc.) e di fatto (armature di fondazione, tubazioni metalliche dell'acqua, ecc.).

Il *conduttore di terra* è il conduttore che collega il dispersore al collettore (o nodo) principale di terra ed eventualmente i vari dispersori tra loro, e deve essere in grado di resistere alla corrosione e di sopportare eventuali sforzi meccanici. La continuità elettrica deve pertanto essere sempre garantita per assicurare l'efficacia della protezione.

Il *collettore (o nodo) principale di terra* ha la funzione di realizzare il collegamento fra conduttori di terra, conduttori di protezione e conduttori equipotenziali principali. Una interruzione dei collegamenti può rendere inefficace tutto il sistema di protezione: per tale motivo il collettore principale di terra deve essere facilmente ispezionabile ed i collegamenti verificabili con semplicità.

Il *conduttore di protezione* ha lo scopo di convogliare la corrente di guasto dalle masse al collettore principale di terra e quindi al dispersore. Una interruzione del conduttore di protezione rende inefficace il sistema di protezione, con la conseguenza di fare permanere in tensione la massa del componente elettrico guasto.

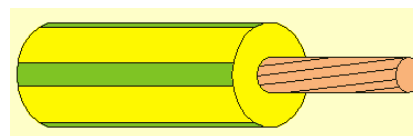
I *conduttori equipotenziali principali* sono quei conduttori che collegano il collettore principale di terra alle principali masse estranee; dove per massa estranea si intende

una parte metallica, non facente parte dell'impianto elettrico, che presenta una bassa resistenza verso terra.

Nel caso di una persona che entra in contatto con una massa in tensione per un guasto di isolamento e, contemporaneamente, con una massa estranea non collegata all'impianto di terra, questa viene sottoposta ad una differenza di potenziale pericolosa, da qui l'obbligo normativo di collegare a terra le masse estranee.

Si tenga presente, che nei cantieri, dove la tensione che può permanere sulle masse per un tempo indefinito non può superare 25 V, una parte metallica è da considerare una massa estranea quando ha una resistenza verso terra inferiore a 200 Ω e quindi deve essere collegata equipotenzialmente all'impianto di terra.

I conduttori di terra, di protezione ed equipotenziali principali devono avere una sezione minima non inferiore a quella prevista dalla Norma CEI 64-8, e devono essere identificati dalla combinazione bicolore giallo/verde



In fase di realizzazione dell'impianto elettrico di cantiere si deve definire la configurazione del dispersore di terra in funzione delle esigenze del cantiere e, ove possibile, dell'impianto elettrico necessario alla costruzione ed utilizzazione finale dell'opera.

In genere, nella fase di allestimento del cantiere, non sono ancora disponibili i dispersori di fatto (ferri della fondazione in cemento armato) e quindi è necessario realizzare in sistema disperdente intenzionale, che può essere ottenuto mediante una corda di rame o di acciaio interrata a non meno di 0,5 m di profondità attorno al cantiere e integrato con dei picchetti, figura 15.2.

Un dispersore di questo tipo può essere utile non solo come impianto di terra di cantiere, ma anche come impianto di terra dell'edificio in costruzione.

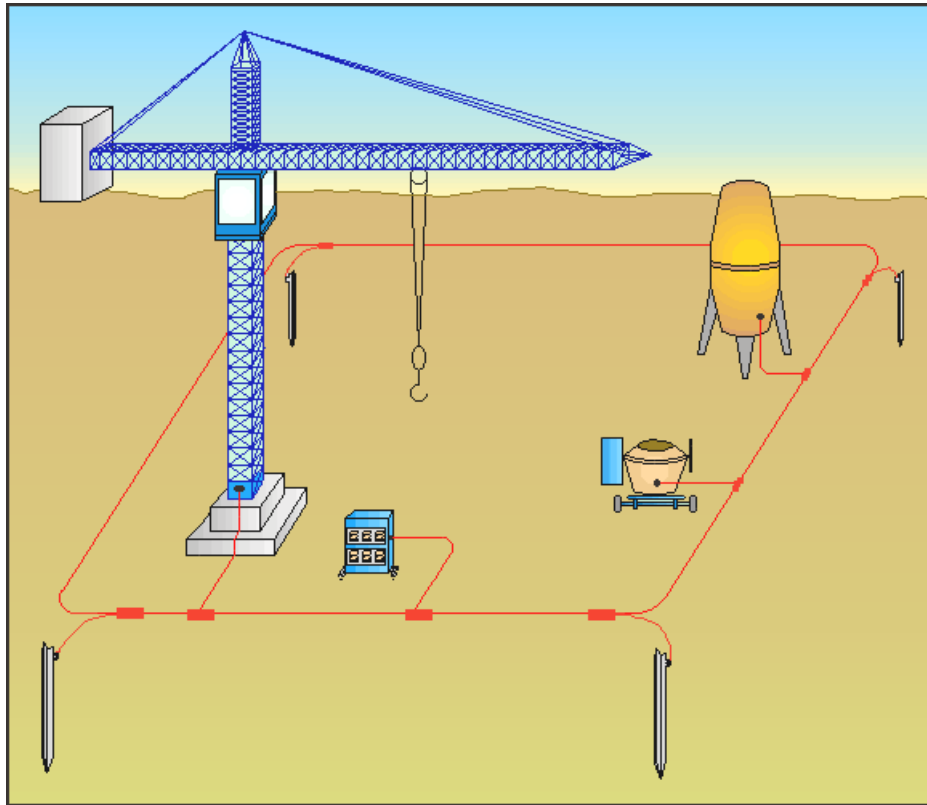


Figura 15.2 – Esempio di impianto di terra ad anello integrato con picchetti per cantieri edili

16 Protezione contro i fulmini

La necessità o meno di proteggere le strutture del cantiere contro i fulmini deve essere stabilita mediante una corretta valutazione del rischio, come richiesto dalla Norma CEI 81-10.

E' opportuno quindi, in fase di valutazione del rischio, individuare preventivamente tutte le strutture esistenti nel cantiere, ubicate sia nell'area interna operativa di cantiere (es.: strutture metalliche all'aperto quali ponteggi, gru, ecc.), sia nell'area esterna al cantiere e non operativa (es.: baracche adibite ad uffici, spogliatoi, mensa, depositi, ecc.).

17 Gestione dell'impianto elettrico

La gestione dell'impianto elettrico da cantieri può ricondursi alle seguenti fasi:

- verifiche iniziali;
- supervisione e verifiche periodiche;
- manutenzione, riparazioni e modifiche;
- recuperi per fine utilizzo;
- trasporti e immagazzinamento;

- riparazione e verifica per riutilizzo.

Verifiche iniziali

Le verifiche iniziali dell'impianto elettrico sono a carico della ditta installatrice come richiesto dal DM n. 37/2008, e devono essere effettuati prima del rilascio della dichiarazione di conformità.

Supervisione e verifiche periodiche

Ferme restando le disposizioni normative che prevedono le verifiche iniziali, è opportuno, per il fatto della presenza di utenti diversi e con scarsa conoscenza dell'impianto, provvedere a dei controlli giornalieri dell'impianto elettrico di cantiere, allo scopo di verificare lo stato di conservazione e di efficienza ai fini della sicurezza.

Si evidenzia come l'installazione elettrica di cantiere, fissa e mobile (cordoni prolungatori compresi) è soggetta a gravose condizioni ambientali ed a rapide mutazioni delle aree operative.

I controlli giornalieri non hanno la caratteristica di una attività di impiantistica, e quindi possono essere svolti dal capocantiere o dall'addetto alla sicurezza. A tal fine è necessario verificare:

- la compatibilità delle attività in corso nel cantiere con la presenza dell'impianto elettrico, per esempio in particolare la compatibilità di scavi con la presenza di linee interrate, trasporti di elementi ingombranti con le linee aeree;
- il rispetto delle prescrizioni di sicurezza per gli eventuali ambienti particolari, per esempio per le attività in luoghi conduttori ristretti;
- lo stato di conservazione dei contenitori dei quadri elettrici, delle prese e delle condutture, con particolare riferimento ai cordoni prolungatori e alle condutture a posa mobile e la qualità delle attrezzature in uso in relazione all'ambiente, con particolare riferimento alla presenza d'acqua.

Per i cantieri di lunga durata, al fine di garantire la sicurezza nel tempo, è bene prevedere con cadenza semestrale delle verifiche periodiche per gli impianti elettrici da parte di ditte installatrice abilitate, che comprendano:

- la funzionalità degli organi di sezionamento e arresti di emergenza;
- la funzionalità delle protezioni differenziali;
- l'integrità e tenuta delle custodie e pressacavi;
- l'integrità delle guaine dei cavi con posa a vista;
- l'integrità dei cordoni prolungatori, guaina cavi, pressacavo;
- la continuità dei conduttori di protezione;
- l'integrità dell'impianto di terra;
- il coordinamento delle protezioni con le condutture.

Manutenzione, riparazione e modifica

Questi tipi di interventi devono essere eseguiti solo da personale addestrato, e ove la modifica risulti consistente, è bene che questa venga riportata sugli elaborati di competenza, quali schemi di quadri elettrici o percorsi delle condutture.

Particolare attenzione deve essere posta all'impianto di terra e ai relativi conduttori di protezione ed equipotenziali, in quanto in caso di danneggiamenti questi devono essere immediatamente riparati per ripristinare il regolare funzionamento.

Recuperi per fine utilizzo

Il concetto di riutilizzo dei componenti elettrici di un impianto, anche se estremamente diffuso, spesso è scarsamente valutato e quindi non permette il loro riutilizzo per l'installazione in altri cantieri.

Una attenzione del tutto particolare nel recupero la meritano le condutture; infatti se l'operazione di recupero è eseguita male si rischia di compromettere la loro affidabilità.

Per questo motivo è opportuno evitare di procedere al recupero delle cavi in presenza di temperature ambiente troppo basse. Un altro punto critico da non sotto valutare è lo sforzo da trazione a causa della cattiva abitudine di sfilare i cavi dal cavidotto con l'uso di trattori.

Pertanto è opportuno che anche per le operazioni di recupero dei materiali siano effettuati da personale addestrato e capace.

Trasporti e immagazzinamento

Nelle operazioni di trasporto i componenti che richiedono particolari attenzioni sono in genere i quadri elettrici e gli apparecchi di illuminazione.

Per il deposito dei materiali è opportuno evitare le esposizioni a condizioni troppo gravose di umidità, temperatura e polveri.

Riparazione e verifica per riutilizzo

Il materiale se è stato recuperato in modo corretto e ben conservato, di solito non richiede particolari attenzioni, comunque è utile prima di essere riutilizzato procedere alle seguenti verifiche:

- stato di conservazione delle guaine dei cavi per ricercare eventuali abrasioni o deformazioni che possano denunciare la presenza di rotture interne sul conduttore o sull'isolante, e lo stato di eventuali giunzioni presenti;
- efficienza e stato di conservazione dei pressacavi, delle spine e delle prese;
- stato di conservazione dei quadri elettrici con particolare riguardo alle custodie, alla pulizia al loro interno da polvere o tane di insetti o di roditori, al serraggio dei vari morsetti, agli organi di comando e di protezione e alla presenza dei dati di targa.

Si evidenzia come queste operazioni richiedono perizia ed esperienza, e sono quindi destinate a personale addestrato.