

# SICUREZZA DEGLI IMPIANTI ELETTRICI DI CANTIERE

a cura di Tobia Piccoli

tratto dal D.Lgs 81/01 ed integrato

# Generalità

**Definizione:** insieme dei componenti elettrici (condutture, apparecchiature di manovra etc.) fra loro elettricamente dipendenti, installate all'interno dell'area del cantiere

I fattori che incidono maggiormente sulla sicurezza del cantiere sono:

- provvisorietà della struttura, che porta a sottovalutare i pericoli derivanti dalla presenza dell'impianto
- condizioni ambientali gravose (elevate sollecitazioni termiche e meccaniche sugli elementi dell'impianto)
- presenza di persone spesso poco consapevoli del rischio elettrico
- reimpiego dei componenti in altri cantieri, una volta terminata la vita di un cantiere

Le responsabilità, in caso di incidente elettrico, ricadono in primis sull'installatore (che realizza l'impianto e rilascia la dichiarazione di conformità), ma non sono esenti il datore di lavoro, il capocantiere, l'RSPP ed anche i lavoratori stessi, oltre a montatori (responsabili dei collegamenti terminale delle macchine ai quadri) e costruttori dei quadri. Per tale motivo, anche se non richiesto dalla normativa, è sempre consigliabile approntare un progetto dell'impianto di cantiere contenente schemi dei quadri, e dell'impianto di terra, dimensionamento delle condutture e dei dispositivi di protezione. Come per qualsiasi altro impianto elettrico, si dovrà garantire:

- **protezione dai contatti diretti:** ossia i contatti con parti dell'impianti elettrico normalmente in tensione; si attua mediante isolamento delle parti attive, distanziamento, ostacoli (sconsigliata se non per breve tempo e necessità), involucri e barriere

- **protezione dai contatti indiretti:** ossia i contatti con masse metalliche o parti dell'impianto entrate in tensione a seguito di un guasto di isolamento; si attua mediante interruzione automatica dell'alimentazione, apparecchi di classe II, separazione elettrica. Fondamentale è che per tali impianti le tensioni di contatto ammissibili sono dimezzate rispetto ai casi ordinari: 25V CA e 60V CC

Il fattore principale che determina lo sviluppo dell'impianto (schema di principio, modi di protezione) è la dimensione del cantiere:

- **piccolissimi cantieri;** in cui si effettuano semplici operazioni di manutenzione o ristrutturazione (ad esempio l'intonacatura della facciata di una villetta), le potenze richieste non superano qualche kW. Molto probabilmente l'alimentazione degli apparecchi è ottenuta a partire dalle prese elettriche esistenti, dalle quali si alimenta un quadretto generale (non necessario ma raccomandabile nel caso non vi fosse coordinamento delle protezioni a causa della tensione di contatto ridotta) dotato di interruttore differenziale e trasformatore di isolamento.

- **piccoli e medi cantieri;** in cui le potenze impiegate non superano i 30kW. L'alimentazione è in BT e l'impianto prende origine dal punto di fornitura della tensione, a cui è allacciato il quadro principale di cantiere da cui si possono dipartir eventualmente altri sotto-quadri. Il sistema è di tipo TT, quindi tutte le masse del cantiere sono collegate ad un impianto di terra indipendente da quello dell'ente fornitore. Le protezioni e la resistenza di terra vengono coordinate secondo la relazione:

$$R_e \leq \frac{25}{I_{dn}}$$

dove  $I_{dn}$  è la corrente di intervento della protezione differenziale (volgarmente detto "salvavita") e  $R_e$  comprende la resistenza dei dispersori, del conduttore di terra (che collega i dispersori tra loro e al collettore principale) e dei conduttori di protezione.

- **grandi cantieri;** spesso è conveniente alimentare tali siti con una propria cabina di trasformazione MT/BT. In tal caso si realizza un impianto di tipo TN-S, in cui le apparecchiature sono "messe a terra" mediante un unico conduttore di protezione che è collegato direttamente all'impianto di terra della cabina. Bisogna allora coordinare le protezioni sia sul lato MT che sul lato BT. Per quanto riguarda il primo, deve essere rispettata la relazione:

$$U_e = I_f \cdot R_e \leq U_{TP}$$

dove  $U_e$  è la tensione totale di terra,  $I_f$  è la corrente di guasto a terra lato media tensione (valore fornito dall'ente fornitore),  $R_e$  è la resistenza di terra (da calcolare o misurare) e  $U_{TP}$  è la tensione di contatto ammissibile, tabulata in funzione del tempo di eliminazione del guasto  $t_f$  (fornito anch'esso dall'ente distributore)

$t_f$ (s)	$U_{TP}$ (V)
10	80
1	107
0.8	120
0.7	135
0.6	166
0.5	213
0.2	500

Per quanto riguarda il coordinamento sul lato di bassa tensione, la norma CEI 64-8 fornisce la relazione:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0$$

dove  $Z_s$  è l'impedenza dell'anello di guasto (da calcolare o misurare con loopmetro),  $U_0$  è la tensione nominale verso terra dell'impianto lato bassa tensione ed  $I_a$  è la corrente che provoca l'intervento delle protezioni; quest'ultimo, nel caso di luoghi particolari (i cantieri rientrano in questa categoria) deve essere di 0.2s per i circuiti terminali e 5s per i circuiti di distribuzione che alimentano apparecchi fissi quando la  $U_0$  è di 230V. In generale:

$U_0$ (V)	$t_s$ (s)
120	0.4
230	0.2
400	0.06
>400	0.02

In linea di principio un guasto a terra in un sistema TN è riconducibile ad un cortocircuito e si possono impiegare quindi come protezioni dal guasto, degli interruttori di massima corrente (volgarmente “magnetotermici”, anche se è la sola protezione magnetica ad intervenire). E’ prassi comune impiegare in ogni caso degli interruttori differenziali, che avendo delle correnti di intervento molto più basse garantiscono maggior sicurezza ed evitano di dover ricorrere a calcoli o misure della  $Z_s$ .

- **cantieri alimentati da gruppo elettrogeno;** sono un’eccezione dovuta al fatto che alcune zone possono non essere asservite dalla rete elettrica di distribuzione. In tal caso si ricorre appunto ad alimentazione mediante gruppi elettrogeni. Nel caso di cantieri di ridotte dimensioni si può omettere anche il quadro di cantiere e ricorrere ad alimentazione per separazione elettrica; se l’apparecchio è di classe I si deve adottare un conduttore equipotenziale che colleghi la massa dell’apparecchio a quella del gruppo elettrogeno. Se al contrario l’impianto è di grandi dimensioni, si dovrà necessariamente adottare un quadro generale di cantiere e adottare un sistema di tipo TN-S collegando a terra il centro stella del generatore. In tal caso bisogna tener conto che l’elevata reattanza interna del generatore riduce le correnti di cortocircuito, che potrebbero essere quindi di difficile rilevamento con le protezioni di massima corrente (si adottano quindi interruttori differenziali).



**Luoghi conduttori ristretti:** luoghi di ridotte dimensioni, racchiusi tra superfici conduttrici (non necessariamente metalliche, ad esempio scavi in profondità), nei quali un'ampia parte del corpo di un individuo possa entrare in contatto con tali superfici, e dove sia difficile interrompere questo contatto. Quest'ultima parte della definizione evidenzia come siano considerati tali, anche luoghi estesi come i ponteggi, ove un operatore si trovi a lavorare imbragato con cintura di sicurezza, o ancora i castelli metallici. Sono luoghi conduttori ristretti anche le cisterne o le tubazioni di grande diametro al cui interno si debbano svolgere lavorazioni. Per questi luoghi la normativa prescrive l'utilizzo di alimentazioni SELV con tensione massima di 50V o sistemi di separazione elettrica (trasformatori di isolamento) 230/230 abbinati ad utensili a doppio isolamento. In ogni caso le sorgenti di energia andranno tenute lontane dal luogo. I quadri speciali con più prese dovranno comunque essere dotati di un unico trasformatore di isolamento.



# Componenti

**Condutture:** la scelta ed il dimensionamento delle condutture, si effettua una volta definita la modalità di posa delle stesse: questa non deve essere di intralcio alle lavorazioni, ai mezzi ed al personale presente in cantiere. I cavi andranno protetti meccanicamente a seconda della sollecitazione presente, in modo da evitare danneggiamenti. Inoltre si dovrà favorire l'individuabilità e la rimozione dei cavi a cantiere terminato. In generale la modalità di posa più economica e versatile è quella aerea senza fune portante. In tal caso i cavi sono sospesi a mezzo di pali in legno (franco da terra standard di 5m) e sostenuti da selle semi-circolari e prive di spigoli che distribuiscono lo sforzo sulla curva della sella, di raggio adeguato per evitare lo schiacciamento del cavo a causa del peso proprio. Il raggio minimo della sella si può ricavare con la formula:

$$r \geq \frac{t}{4000}$$

dove  $t$  è il tiro in Newton e  $r$  il raggio. La freccia minima  $f$  si calcola invece come:

$$f \geq \frac{q \cdot L^2}{8t}$$

dove  $q$  è il peso del cavo in  $N/m$  e  $L$  la campata in metri. E' vietato sostenere il cavo per mezzo di ancoraggi in filo di ferro. La tipologia di cavi è quella per posa esterna in ambienti bagnati.

**Quadri ASC di cantiere:** da "assiemati di serie per cantiere", devono ovviamente essere conformi a normativa (EN 60439-4). Sono sottoposti a gravose condizioni di esercizio, per questo devono:

- essere versatili, per potersi utilizzare nei più svariati cantieri
- avere elementi da sostituire facilmente reperibili
- essere di facile installazione ed immagazzinamento
- adeguatamente resistenti alle sollecitazioni (meccaniche, termiche, climatiche) a cui sono sottoposti in cantiere
- essere sicuri per l'impianto nelle condizioni previste di utilizzo
- essere in grado di mantenere la posizione verticale
- essere dotati di golfare o altri mezzi per trasporto e sollevamento
- essere dotati di morsettiere resistenti a numerose operazioni di collegamento/scollegamento
- avere grado di protezione minimo IP44 (se ciò è vero allora il pannello frontale interno può avere grado IP21
- garantire spazi, per curvare i cavi di entrata e uscita, di adeguato raggio

In base alle funzioni si distinguono l'ASC di distribuzione principale, gli ASC di trasformazione, di distribuzione, di distribuzione finale e di spine. Ogni ASC deve essere dotato in ingresso di un sezionatore con possibilità di bloccaggio in posizione aperto (ad esempio mediante chiave) ed un dispositivo di protezione dalle sovracorrenti (omissibile qualora la protezione sia già assicurata a monte).

In uscita dovranno invece essere presenti uno o più circuiti protetti singolarmente dalle sovracorrenti e dai contatti indiretti, ed una protezione dalle sovracorrenti omissibile qualora vi sia già un dispositivo con tale funzione a monte.



**Prese a spina:** ovviamente, date le condizioni di lavoro in cantiere, sono da utilizzare solo prese di tipo industriale e da escludersi le comuni prese a spina per uso civile (ammesse solo per brevi tempi e solo quando l'ambiente di lavoro lo permetta). I requisiti principali sono:

- grado minimo IP44, sia a spina inserita che disinserita; grado non inferiore a IP67 qualora siano utilizzate in luoghi in cui è possibile la presenza di getti d'acqua
- sufficiente protezione dagli urti
- all'interno dei quadri di distribuzione o sulle loro pareti
- le prese a spina con  $I_n \leq 32A$  devono essere protette a gruppi di massimo 6 prese, con differenziali di  $I_{dn} \leq 30mA$
- protette contro le sovracorrenti a gruppi, con fusibile o interruttore automatico di corrente nominale non superiore alla corrente nominale della presa

In fase di montaggio della presa, il conduttore giallo/verde di terra deve essere lasciato di qualche centimetro più lungo rispetto agli altri, per fare in modo che in caso di sfilamento l'ultimo conduttore a scollegarsi sia quello di protezione.



**Avvolgicavo e prolunghe:** devono essere di tipo industriale e protetti mediante interruttore di sovracorrente **termico**. Apposita targa deve recare il nome del costruttore, la tensione nominale e la potenza massima prelevabile a prolunga svolta e prolunga avvolta. Il cavo deve essere di tipo H07RN-F e le sezioni dei conduttori seguono la tabella:

$I_n (A)$	$\phi (mm^2)$
16	2.5
32	6
63	16

**Dispositivi di illuminazione del cantiere:** si rendono necessari qualora si svolgano lavorazioni in cantieri con illuminazione insufficiente, o durante il periodo notturno o ancora in cunicoli e gallerie sotterranee. In quest'ultimo caso si rende necessaria anche un'illuminazione di emergenza. Si distinguono quindi impianti fissi, trasportabili e portatili. Per portatili si intendono le lampade portatili adatte ad essere impugnate e spostate frequentemente, mentre per impianti trasportabili si intendono i proiettori alogeni dotati di supporto (eventualmente regolabile) che a fine lavorazione possono essere spostate in altro punto del cantiere. In ogni caso la normativa prevede che i componenti dell'impianto di illuminazione possiedano almeno grado IP44 e siano meccanicamente protetti contro gli urti accidentali. Inoltre le lampade portatili devono essere dotate di impugnatura in materiale isolante.

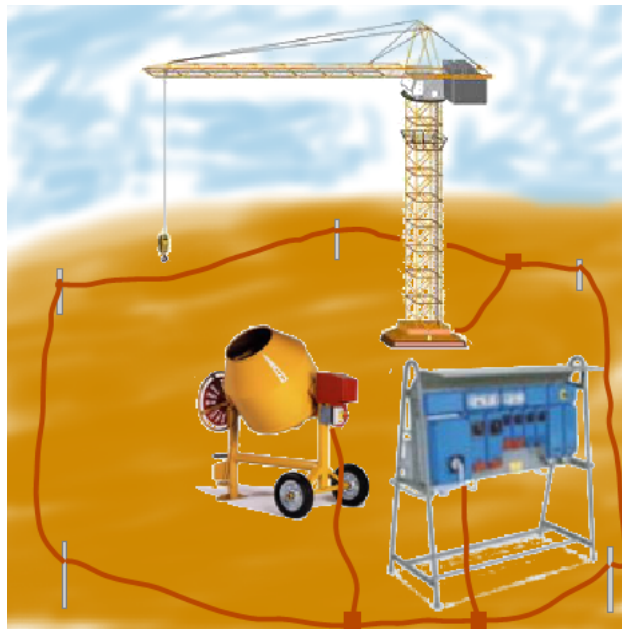


**Comandi di emergenza:** le macchine che possono creare situazioni di pericolo (come gru, pompe etc.) devono essere dotate di un dispositivo di arresto di emergenza (il classico "fungo rosso") in posizione accessibile. E' buona norma dotare anche i quadri di distribuzione, di tale pulsante.



# Impianto di terra di cantiere

Per quanto riguarda l'impianto di terra di cantiere, la regola fondamentale è che deve essere unico, per evitare che a causa di un doppio guasto a terra vi siano pericolose differenze di potenziale tra due masse. In linea di principio la norma permette che l'impianto non sia unico, ma solo nel caso in cui sia impossibile il contatto simultaneo di due masse connesse a impianti di terra diversi. A causa del frequente utilizzo in cantiere di prolunghe e avvolgicavo, tale situazione non è praticamente mai verificata, e si procede quindi con la realizzazione di un impianto unico. Un impianto di terra "tipo" è quello ottenuto con una corda nuda in rame che corre lungo il perimetro del cantiere, ed alla quale sono allacciati i dispersori e i conduttori di protezione dei quadri e dei dispositivi fissi (gru etc.). Nei piccoli cantieri l'impianto di terra si può omettere, a patto di adottare protezione per separazione elettrica.

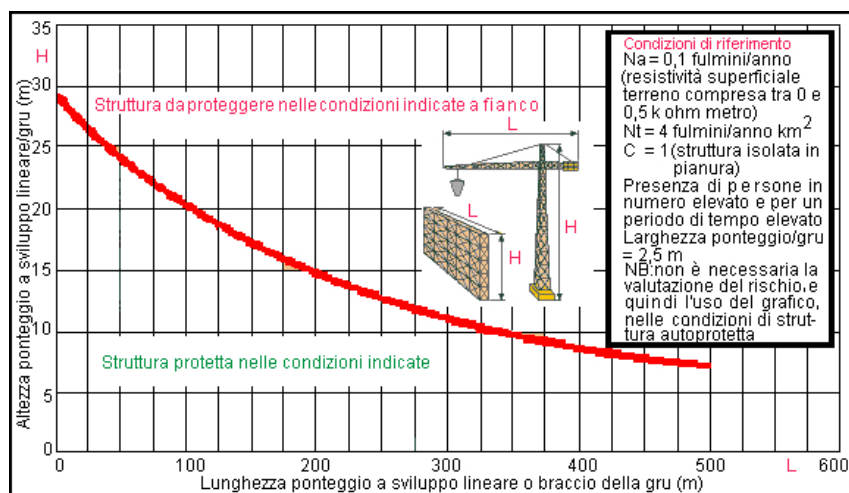


# Protezione contro dalle scariche atmosferiche

La necessità della protezione dalle scariche atmosferiche deve sempre essere presa in considerazione in sede di valutazione dei rischi. A tal fine, la normativa (CEI81-10, ex CEI 81-1) prevede 2 procedure: una completa, applicabile a tutte le strutture (e descritta nella norma CEI81-10 ex CEI 81-4) ed una semplificata (contenuta nella CEI 81-1). Si procede come di seguito:

- individuare tutte le strutture fisicamente separate
- distinguere queste strutture in:
  - strutture a servizio del cantiere (come baracche, capannoni etc.), per le quali si considerano come pericolose, in caso di scarica atmosferica le tensioni di passo e di contatto
  - strutture metalliche all'aperto (gru, ponteggi, tettoie etc.), per le quali si considerano solo le tensioni di passo

In generale le prime possono essere valutate come strutture ordinarie senza impianti interni sensibili, e si può adottare per queste la procedura semplificata. Se invece vi è la presenza di un elevato numero di individui, o la loro permanenza nell'area per un lungo tempo e non si può considerare isolante la pavimentazione, allora bisogna adottare la procedura completa. Per quanto riguarda invece le strutture all'aperto, queste possono essere sempre valutate con procedura semplificata, e considerate quindi autoprotette a condizione che il terreno circostante abbia pavimentazione isolante o non vi sia presenza di numerosi individui (o loro permanenza per lunghi periodi di tempo). Il seguente grafico aiuta a chiarire la necessità dell'adozione di protezioni dalle scariche atmosferiche per gru e ponteggi.



# Manutenzione, verifiche e denunce

**Manutenzione e gestione del cantiere:** come già detto, in un cantiere le apparecchiature e gli impianti sono sollecitati intensamente, sia dal punto di vista termico-climatico (forti escursioni di temperatura, temperature molto basse, presenza di neve e ghiaccio), sia dal punto di vista fisico (urti, trazioni, sfregamenti) sia da quello chimico (agenti aggressivi). Per tale motivo si rende necessaria una costante opera di verifica e manutenzione periodica, atta a garantire che le attrezzature e gli impianti, siano sempre efficienti e soprattutto sia possibile un loro utilizzo sicuro. Il datore di lavoro deve quindi garantire tali verifiche (sia con controlli a vista che con prove strumentali se necessario); da parte sua il lavoratore ha l'obbligo, prima di ogni utilizzo, di controllare l'integrità dell'apparecchio che andrà ad impiegare. Per quanto riguarda l'impianto di cantiere, sarebbe auspicabile un controllo giornaliero (eseguibile anche da personale non specializzato) che accerti:

- rispetto delle prescrizioni di sicurezza per lavori in condizioni particolari (come nei luoghi ristretti)
- integrità involucri quadri e guaine isolanti delle condutture
- assenza di attività pericolose per l'impianto elettrico
- corretto utilizzo delle attrezzature

Particolare cura va posta nel recupero delle condutture in fase di smantellamento del cantiere (evitando di maneggiarle con basse temperature), e prima del riutilizzo vanno controllati cavi, quadri, prolunghe e giunzioni di condutture.

**Denunce e verifiche:** per gli impianti di cantiere non sussiste l'obbligo di progettazione, mentre è cogente il rilascio della dichiarazione di conformità firmata dall'installatore, che deve presentare una descrizione dell'impianto, le norme di riferimento e l'indirizzo del luogo di installazione. Per tale rilascio è necessaria una verifica iniziale dell'impianto che comprende controlli a vista atti ad accertare:

- presenza di quadri ASC e involucri adeguati
  - corretto dimensionamento delle condutture
  - corretta taratura dei dispositivi di protezione
  - adozione di eventuale cartellonistica di segnalazione, adeguatezza colori dei cavi e corretta identificazione quadri
  - corretta scelta del grado di protezione IP
- e prove strumentali che verifichino:
- continuità conduttori protezione ed equipotenziali
  - resistenza di isolamento
  - resistenza di terra e coordinamento dell'impianto di protezione dai contatti indiretti
  - verifica protezione per separazione elettrica

- funzionamento dei dispositivi di protezione

Per cantieri di lunga durata è buona norma prevedere anche delle verifiche periodiche (a vista o strumentali, a discrezione) che accertino il mantenimento di adeguati livelli di sicurezza dell'impianto. Per quanto riguarda l'impianti di protezione dalle scariche atmosferiche, la norma obbliga alla denuncia in caso di:

- attività individuate dalla legge
- camini industriali pericolosi per altezza ed ubicazione
- strutture metalliche all'aperto di grande estensione

Tale obbligo non riguarda strutture quali ponti, gru etc., che risultino già autoprotette da quanto precedentemente detto. Potrebbe rendersi necessaria anche una periodica verifica da parte di ASL, ARPA o ente individuato dalla normativa (per cantieri di durata superiore a 2 anni ad esempio).