

E. FERRARI - L. RINALDI

FONDAMENTI *di*
**ELETTROTECNICA
ED ELETTRONICA**

3

Quaderno operativo di laboratorio



4 Verifiche sulle macchine

Per poter soddisfare la direttiva macchine (DPR 459/96, Regolamento per l'attuazione della "Direttiva macchine"), ogni costruttore (o venditore) è tenuto a dichiarare, anche tramite la marcatura CE, che la macchina rispetta la CEI EN 60204-1 (Sicurezza del macchinario - Equipaggiamento elettrico delle macchine - Parte 1: regole generali).

La macchina va quindi sottoposta ad alcune prove di sicurezza elettrica (art. 19, CEI EN 60204-1), da eseguire in sequenza:

- continuità del circuito equipotenziale di protezione (art. 19.2);
- prove di resistenza dell'isolamento (art. 19.3);
- prove di tensione (art. 19.4);
- protezione contro le tensioni residue (art. 19.5);
- prove funzionali (art. 19.6 e 19.7).

Mentre la verifica della continuità del circuito equipotenziale è sempre richiesta, le altre prove da effettuare dipendono dal particolare tipo di macchina e sono indicate nella norma specifica di prodotto.

4.1 Continuità del circuito equipotenziale di protezione

La prova di continuità intende verificare, in modo strumentale, l'efficienza dei collegamenti delle masse all'impianto di terra (protezione equipotenziale).

La norma (art. 19.2) prevede due possibilità:

- a) la misura dell'impedenza dell'anello di guasto, quando la macchina è completa e installata con collegamento fisso all'alimentazione;
- b) la misura della caduta di tensione fra il morsetto principale PE e i vari punti della macchina (fig. 4.1), per le macchine di piccole dimensioni o prefabbricate, il cui anello di guasto non superi 30 m circa e qualora la macchina stessa non possa essere collegata all'alimentazione di potenza per l'esecuzione dell'impedenza dell'anello di guasto.

Nel secondo caso, la continuità del circuito equipotenziale di protezione deve essere verificata facendo passare una corrente alternata di almeno 10 A, derivata da una sorgente PELV. La tensione

misurata tra il morsetto PE e i punti di prova non deve superare i valori riportati in tab. 4.1.

Per la misura dell'impedenza dell'anello di guasto serve uno strumento in grado di misurare entrambi i contributi all'impedenza totale del circuito, resistivo e induttivo.

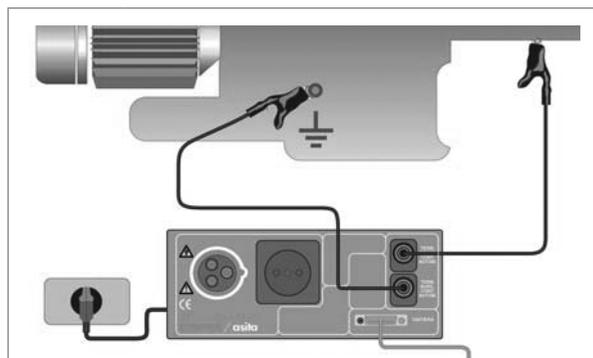


Fig. 4.1 Collegamento dello strumento di misura della caduta di tensione sui conduttori equipotenziali (ASITA).

Sezione minima del conduttore di protezione [mm ²]	Caduta di tensione massima [V]
1,0	3,3
1,5	2,6
2,5	1,9
4,0	1,4
> 6,0	1,0

Tab. 4.1 Caduta di tensione massima del circuito di protezione equipotenziale.

Per la misura della caduta di tensione sui conduttori equipotenziali, la sorgente PELV dello strumento deve invece garantire la circolazione di una corrente di almeno 10 A su un carico fino a 330 mΩ (caduta 3,3 V), per tutto il tempo necessario alla verifica. Trattandosi di bassi valori di resistenza, volendo annullare l'influenza dei cavi di collegamento, si può ricorrere ad una misura a 4 morsetti.

4.2 Prova di resistenza dell'isolamento

La prova di resistenza dell'isolamento serve ad accertare che gli isolamenti tra i conduttori del circuito di potenza e la massa siano efficienti e le dispersioni di corrente limitate.

Con la macchina non alimentata e con eventuali condensatori presenti scarichi, si applica una tensione di 500 V DC tra i conduttori di potenza e i circuiti equipotenziali, e si verifica che la resistenza

di isolamento non risulti minore di $1\text{ M}\Omega$. Si raccomanda pertanto, prima di eseguire la misura, di sezionare eventuali apparecchiature elettroniche che possano essere danneggiate dalla tensione di prova.

Lo strumento da utilizzare è un MegaOhmetro, in grado di generare una tensione di prova elevata su alti valori di resistenza (fondo scala $> 1\text{ M}\Omega$), collegato tra il morsetto PE (morsetto principale di terra) e i conduttori di fase L1, L2, L3 e neutro, interconnessi tra loro (fig. 4.2).

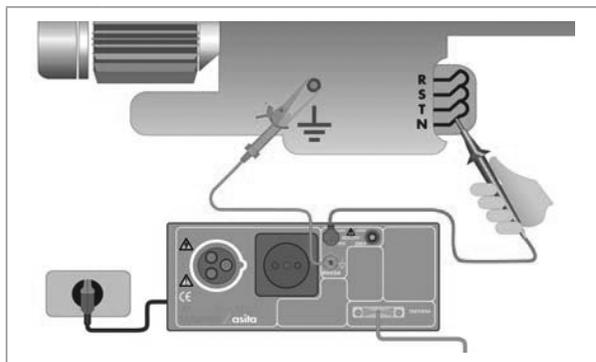


Fig. 4.2 Misura della resistenza di isolamento mediante strumento multifunzione (ASITA).

4.3 Prova di tensione

La prova di tensione è in pratica una prova di rigidità dielettrica. Essa infatti è volta a verificare che gli isolamenti verso massa dell'equipaggiamento elettrico della macchina (esclusi i circuiti PELV o SELV) siano in grado di sopportare una scarica di tensione AC per almeno un secondo.

Secondo la norma (art. 19.4), la tensione alternata di prova deve avere un valore pari al massimo tra 1.000 V e il doppio della tensione nominale di alimentazione dell'equipaggiamento, e deve essere fornita da un trasformatore con potenza nominale minima di 500 VA .

Anche questa prova, come la precedente, va eseguita con la macchina non alimentata, con eventuali condensatori presenti scarichi e con gli eventuali componenti della macchina con caratteristiche nominali non compatibili con i valori di prova preventivamente scollegati.

Poiché durante il test possono formarsi correnti di dispersione capacitiva di valore significativo, soprattutto in caso di circuiti molto estesi, è utile che lo strumento in uso permetta la regolazione della massima corrente erogabile.

Tipicamente, lo strumento fornisce i valori del-

la tensione e della corrente erogata, ma l'esito della prova è semplicemente un SI/NO ed è da ritenersi positivo quando tra i circuiti esaminati non si verificano scariche superficiali o in aria. In tal caso difatti la corrente di scarica verso terra supera il limite impostato e lo strumento segnala l'esito negativo della prova, accompagnandolo con una indicazione acustica o luminosa.

Considerati i valori delle tensioni in gioco, è opportuno che la prova sia condotta da personale esperto, dotato degli appositi dispositivi di protezione, con la situazione di pericolo potenziale opportunamente segnalata.

4.4 Prova di protezione contro le tensioni residue

La prova contro le tensioni residue serve a verificare se l'operatore può accedere alla macchina e ai suoi componenti elettrici, dopo avere tolto l'alimentazione, senza il rischio di subire scosse elettriche.

La norma (art. 19.5) richiede di accertare che all'interno della macchina non siano presenti tensioni residue superiori a 60 V trascorsi 5 secondi dall'apertura dell'interruttore di alimentazione. Per le macchine alimentate tramite spina o dispositivi simili, con i poli della spina di alimentazione o parti conduttrici esposte, questo tempo scende a 1 s .

Tale prescrizione non si applica ai componenti con carica immagazzinata minore o uguale a $60\text{ }\mu\text{C}$ (pari in termini di capacità a circa $0,19\text{ }\mu\text{F}$ in reti a 230 V efficaci e $0,11\text{ }\mu\text{F}$ a 400 V).

Se ciò non è garantito, deve essere posto in modo durevole e in posizione facilmente visibile sul contenitore un avviso del pericolo, che indichi il ritardo richiesto prima che l'involucro possa essere aperto.

In caso di spine, o dispositivi simili, con tempo di scarica superiore a 1 s , la cui estrazione comporta l'esposizione al contatto di parti conduttrici (spinnotti, ecc.), queste devono essere protette contro i contatti diretti con un grado di protezione pari almeno a IP2X o IPXXB.

Per avere conferma che la tensione residua risulta inferiore ai 60 V prescritti entro il tempo di 5 (o 1) secondi dallo spegnimento della macchina, serve uno strumento che comprenda un voltmetro e un cronometro sincronizzato con il dispositivo di interruzione dell'alimentazione, applicato a valle

dell'interruttore generale (fig. 4.3, o sugli spinotti dei conduttori attivi in caso di collegamento mediante spina).

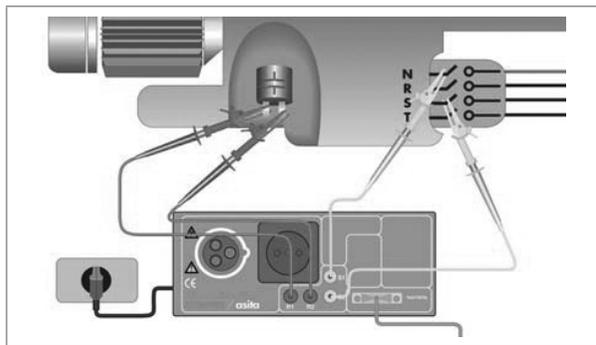


Fig. 4.3 Strumento multifunzione per la misura delle tensioni residue (ASITA).

4.5 Prove funzionali

Le prove funzionali sono intese ad accertare il corretto funzionamento dell'equipaggiamento elettrico della macchina, in particolare dei componenti che svolgono funzioni relative alla sicurezza della macchina e alla protezione, per esempio:

- verifica dell'intervento dei finecorsa di sicurezza;
- verifica del funzionamento delle barriere elettrosensibili;
- verifica del circuito di emergenza;
- prove di intervento per lo sgancio di minima tensione;
- prove di intervento della protezione di un inverter per superamento dei limiti impostati.

L'articolo 19.7 della norma impone inoltre che, se una parte della macchina o suoi equipaggiamenti associati vengono sostituiti o modificati, tale parte venga verificata e riprovata.

Ciò significa che la ripetizione delle prove è richiesta anche per le macchine assemblate sul posto, comprese quelle già provate interamente nella officina del costruttore/venditore, smontate per il trasporto e riassemblate a destinazione.

È quindi importante che i montatori siano dotati di strumentazione adeguata, possibilmente portatile.

4.6 Strumentazione

Per eseguire le prove di sicurezza elettrica sulle macchine (CEI EN 60204-1, CEI 44-5) sono dispo-

nibili strumenti multifunzione in contenitore tipo valigia (fig. 4.4) o portatili (fig. 4.5), completi delle diverse funzioni di misura, tra le quali:

- prova di continuità del conduttore equipotenziale di protezione (10 A), anche con il metodo a quattro conduttori, per non influenzare il valore misurato con la resistenza dei cavi di prova;
- resistenza di isolamento (500 V DC);
- tensione di prova selezionabile (1.000 V AC o 2.500 V AC), con potenza del trasformatore interno pari a 500 VA e soglia di intervento della protezione programmabile, per poter eseguire prove distruttive o non distruttive;
- misura della tensione residua a bordo dello strumento o tramite sonde esterne direttamente dalla presa monofase;
- prova di dispersione.



Fig. 4.4 Strumento multifunzione per prove sulle macchine e sui quadri, Mark II (ASITA).



Fig. 4.5 Strumento multifunzione portatile AS/5100 Sicurmac (ASITA).

Questi strumenti sono adatti anche per le prove individuali sui quadri di tipo AS e ANS (CEI EN 60439, CEI 17-13/1).