

## Prove da eseguire sui quadri e sugli equipaggiamenti elettrici delle macchine

Sull'equipaggiamento elettrico delle macchine (quadro elettrico e relativi circuiti e dispositivi a bordo macchina), nella condizione di collegamento di ogni sua parte, devono essere effettuate delle prove, trattate dalla norma CEI EN 60204-1. Le prove devono essere ripetute, limitatamente alle parti interessate, in occasione di sostituzioni o modifiche all'impianto.

Le apparecchiature di misura, per poter essere utilizzate, devono rispondere ai requisiti indicati dalle norme. Il costruttore del quadro o dell'equipaggiamento elettrico della macchina è tenuto a redigere la dichiarazione CE di conformità alle direttive relative; in tal modo, il costruttore potrà apporre la marchiatura CE.

Tipo di prova	Metodo di esecuzione
1) Continuità del circuito di protezione equipotenziale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verifica a vista dell'integrità dei conduttori.</li> <li>• Verifica del grado di serraggio delle connessioni.</li> <li>• Verifica strumentale della caduta di tensione fra il morsetto PE e i vari punti del circuito di protezione equipotenziale (secondo quanto riportato nella tab. 2).</li> </ul>
2) Prova della resistenza d'isolamento	La resistenza $R$ deve essere maggiore o uguale a $1 \text{ M}\Omega$ tra il circuito di potenza e il circuito di protezione equipotenziale, con applicata una tensione di 500 V DC.
3) Prova di tensione	Deve essere applicata una tensione di 1000 V alla frequenza di 50 Hz (o un valore pari al doppio di $U_n$ , se risulta superiore a 1000 V), ottenuta tramite un trasformatore di almeno 500 VA e applicata per almeno 1 s fra i conduttori di tutti i circuiti (esclusi quelli elettronici e quelli dei sistemi PELV, SELV o FELV). Prima della prova, è necessario scollegare tutti i componenti non in grado di sopportare tali valori di tensione (per esempio, circuiti elettronici).
4) Protezione contro le tensioni residue	Verificare che sui condensatori non permangano, dopo 5 s dal venire meno della tensione, valori di potenziale residuo superiori a 60 V.
5) Compatibilità elettromagnetica (EMC)	Devono essere effettuate in conformità all'ambiente d'installazione, secondo le indicazioni riportate dalla Pubblicazione IEC 801.
6) Prove funzionali	Provare il ciclo automatico, manuale e, se presente, il ciclo a sicurezze escluse.

Tab. 1 - Prove sull'equipaggiamento elettrico secondo la norma CEI EN 60204-1.

Sezione massima del circuito in prova [ $\text{mm}^2$ ]	$\Delta U_{\text{max}}$ [V]
1,0	3,3
1,5	2,6
2,5	1,9
4,0	1,4
6,0	1,0

Tab. 2 - Caduta di tensione massima ammissibile sul circuito di protezione equipotenziale.

Le direttive applicabili sono la Direttiva macchine e la Direttiva bassa tensione. È possibile conferire la presunzione del soddisfacimento dei requisiti essenziali delle direttive utilizzando, per esempio per la progettazione e la costruzione, le norme tecniche relative. Le norme alle quali occorre fare riferimento sono la norma CEI 17-13/1 (CEI EN 60439-1) relativa ai quadri elettrici tipo AS e ANS, la norma CEI 23-51 relativa ai quadri elettrici per uso domestico e similari, la norma CEI 44-5 (CEI EN 60204-1) relativa agli equipaggiamenti elettrici delle macchine.

Per comprendere il campo di applicazione delle norme indicate precedentemente e individuare quali prove si devono eseguire in funzione dei tipi di apparecchiature che si vogliono realizzare, è importante conoscere le principali definizioni. I **quadri elettrici per uso domestico** e similare devono essere conformi alla **norma CEI 23-51**.

Per rientrare nell'ambito di questa norma, il quadro deve presentare le seguenti caratteristiche:

- deve essere per uso domestico o similare, realizzato assemblando componenti che dissipano una potenza in involucri vuoti realizzati conformemente alla norma CEI;
- deve funzionare con una tensione nominale non superiore a 440 V AC;
- deve presentare una corrente totale in entrata non superiore a 125 A;

- deve avere una corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione non superiore a 10 kA;
- deve essere installato in un ambiente con una temperatura media non superiore a 25 °C.

La norma CEI 23-51 è di particolare importanza in quanto si applica a circa il 90% dei quadri elettrici installati.

Qualora il quadro sia realizzato secondo la norma CEI 17-13/1, è necessario distinguere se è del tipo AS o del tipo ANS. In pratica, quasi tutti i quadri elettrici realizzati in conformità alla norma CEI 17-13/1 sono del tipo ANS, poiché, generalmente, si utilizzano per la realizzazione di componenti di diversi costruttori (carpenteria metallica, interruttori, connettori, dispositivi di segnalazione e comando, ecc.) e, quindi, ben difficilmente il quadro può essere per tutti i suoi componenti riconducibile a un prototipo provato da un singolo costruttore o a un sistema costruttivo prestabilito (quadro tipo AS).

Quando il quadro elettrico, da solo o insieme ad altre apparecchiature o componenti, è montato su di una macchina, diventa parte integrante dell'equipaggiamento elettrico della macchina; in questo caso, esso deve essere conforme alla norma CEI 44-5.

Le prove devono essere eseguite dall'impresa o ditta che assembla il quadro elettrico alla fine della sua realizzazione e prima di essere messo in servizio. Quando lo stesso quadro è collegato a una macchina, essa deve essere provata successivamente dal suo costruttore, in conformità alle prescrizioni della norma CEI 44-5, insieme agli altri componenti dell'equipaggiamento elettrico che la compongono.



Funzioni disponibili.

- Continuità e caduta di tensione sul circuito di protezione con  $I > 10$  A,  $U < 12$  V AC.
- Continuità del circuito di protezione con  $I > 10$  A,  $U < 6$  V AC.
- Resistenza di isolamento con tensione di 500 V AC.
- Rigidità dielettrica con tensione di 1000 V, 2500 V AC.
- Rigidità dielettrica con tensione programmabile fino a 4000 V AC.
- Impedenza di Loop/Linea ad alta risoluzione (con accessorio opzionale IMP57).
- Timer programmabile e soglie limite impostabile sulle misure.
- Corrente di dispersione sulla spina della macchina.
- Prova funzionale misura corrente sulla spina.
- Display a LED rossi sul pannello frontale.
- Memoria interna e interfaccia seriale RS232.
- Sicurezza EN61010-1.
- Categoria di misura CAT III 240 V.
- Alimentazione 230 V/50 Hz.

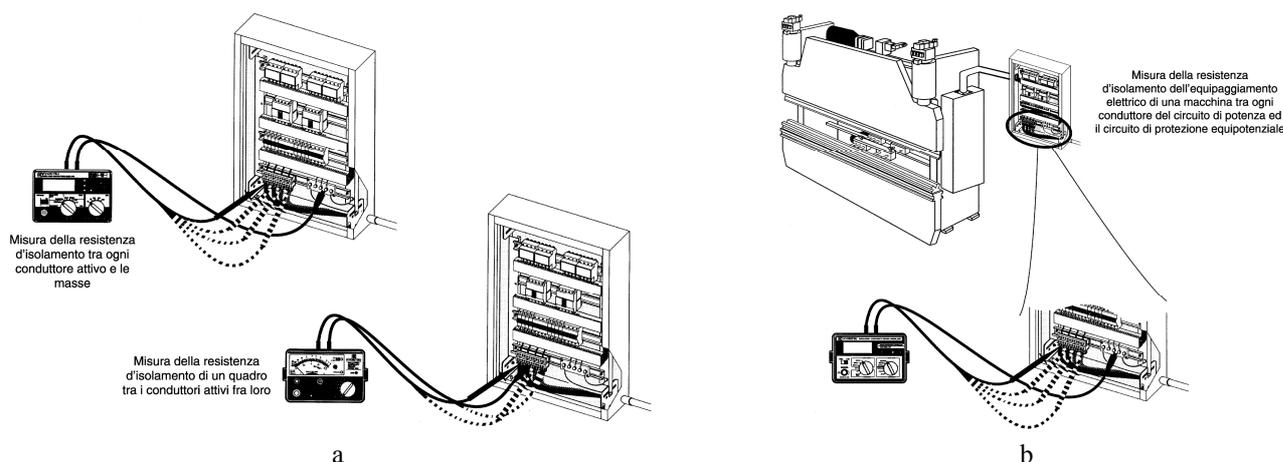
*Fig. 1 - Strumento multifunzione per le verifiche sulle macchine elettriche secondo le norme EN60204-1 e sui quadri elettrici secondo le norme EN60439-1 (CEI 17-13).*

Tra gli strumenti di misura fondamentali, il più diffuso e conosciuto è il **tester** o **multimetro**. Questo strumento è realizzato sia in versione portatile sia in versione da laboratorio e consente, generalmente, di eseguire almeno misure di **tensione**, di **corrente** e di **resistenza** in corrente continua (DC) e in corrente alternata (AC), con diverse portate per ogni funzione. Per questo motivo, il tester è definito uno strumento multifunzione o multimetro. I tester sono disponibili in versione sia analogica sia digitale e hanno diverse portate, ottenute mediante commutazione manuale o automatica. Un altro strumento molto diffuso del primo volume, è la **pinza amperometrica**, che consente di misurare correnti anche molto elevate, senza bisogno di interrompere il circuito di misura.

**Verifica della resistenza di isolamento (norme CEI 17-13/1, 23-51, 44-5).** Questa misura (v. fig. 2) deve essere eseguita utilizzando un misuratore della resistenza di isolamento con una tensione di prova di 500 V DC. Nei quadri elettrici, si deve accertare che il valore della resistenza di isolamento tra ogni conduttore attivo e le masse e tra i conduttori attivi fra loro, non sia inferiore a 230 kΩ per ciascun circuito, con una tensione nominale verso terra di 230 V, per i quadri di tipo ANS e per uso domestico e similare.

Per gli equipaggiamenti elettrici delle macchine, si deve accertare che il valore della resistenza di isolamento non sia inferiore a 1 M $\Omega$  tra ogni conduttore del circuito di potenza e il circuito di protezione equipotenziale. Si noti che, se sono presenti delle apparecchiature elettroniche, installate nel quadro o nell'equipaggiamento elettrico, che possono essere danneggiate, esse devono essere scollegate durante la prova; inoltre, si ricorda che la norma CEI 64-8 prescrive, con una tensione di 500 V di prova, una resistenza di isolamento minima di 500 k $\Omega$  per ogni circuito inteso nella sua completa estensione (quadro pi $\dot{u}$  impianto).

Di conseguenza, per evitare problemi dopo l'installazione del quadro,  $\grave{e}$  consigliabile utilizzare lo stesso valore di resistenza d'isolamento minima di 500 k $\Omega$  anche per i quadri elettrici.



**Fig. 2** - a) Misura della resistenza di isolamento in un quadro elettrico - b) Misura della resistenza di isolamento di una macchina.

Qualora si debba valutare la resistenza d'isolamento di un motore asincrono, occorre misurare la resistenza tra gli avvolgimenti e la massa, quindi, dopo aver aperto l'eventuale collegamento a triangolo o a stella, si deve misurare la resistenza tra ogni fase e la massa. La misura della resistenza d'isolamento non fornisce delle misure quantitative, ma solo qualitative. Generalmente, per motori nuovi e in condizioni climatiche normali, il valore della resistenza d'isolamento supera il valore di 100 M $\Omega$ .

Nel caso di motori riavvolti o sottoposti a condizioni di funzionamento in ambienti umidi, il valore minimo della resistenza d'isolamento pu $\acute{o}$  essere calcolato con la seguente formula.

$$R_i = (U \cdot 10^2) / P_n \cdot 1000 \text{ [M}\Omega\text{]}$$

dove:

- $R_i$   $\acute{e}$  la resistenza di isolamento in megaohm [M $\Omega$ ];
- $U$   $\acute{e}$  la tensione nominale della macchina in volt [V];
- $P_n$   $\acute{e}$  la potenza nominale della macchina in kilowatt [kW].

Qualora la resistenza d'isolamento risulti inferiore al valore sopraindicato,  $\acute{e}$  necessario aumentarne il valore, essiccando il motore in un apposito forno, oppure, nel peggiore dei casi, pu $\acute{o}$  essere necessaria la sua sostituzione.

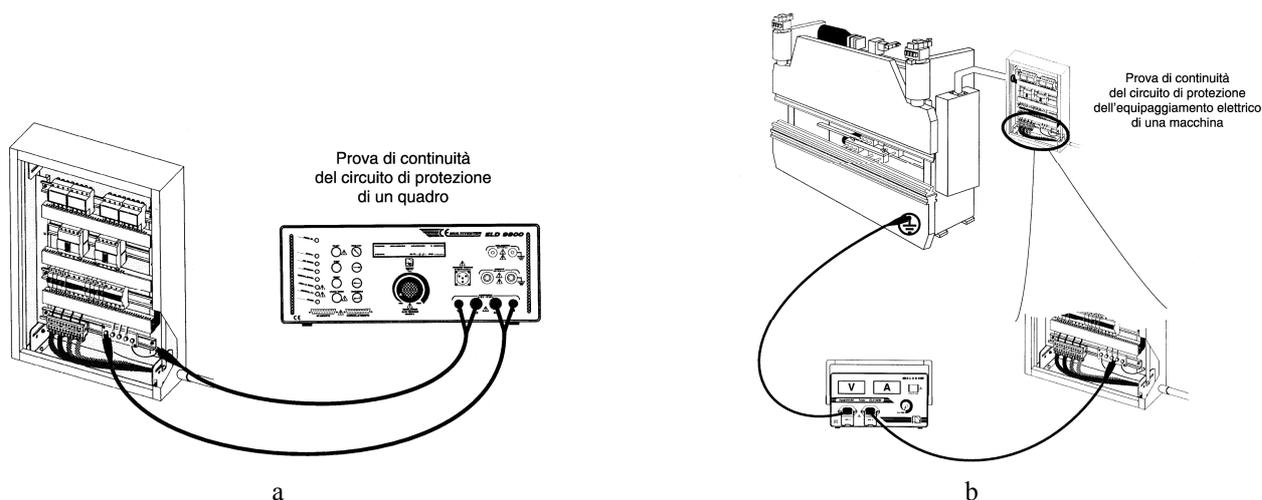
**Prova di continuit $\grave{a}$  del circuito di protezione (norme CEI 17-13/1, 23-51, 44-5).** Questa prova (v. fig. 3)  $\acute{e}$  effettuata solo sui quadri con involucri metallici, mediante uno strumento misuratore della resistenza o prova di continuit $\grave{a}$ . Essa deve verificare che la resistenza tra il terminale d'ingresso del conduttore di protezione e la massa a esso collegata sia sufficientemente bassa. Negli equipaggiamenti elettrici delle macchine,  $\acute{e}$  richiesto di misurare la caduta di tensione tra il morsetto PE (barra o nodo equipotenziale) e le masse a esso collegate, utilizzando una corrente di prova di 10 A AC a 50 Hz.

La tensione misurata alla corrente di prova di 10 A, tra il morsetto PE e le masse, non deve superare i valori riportati nella tab. 2. Per evitare di commettere errori di valutazione, dovuti ai parallelismi fra i diversi

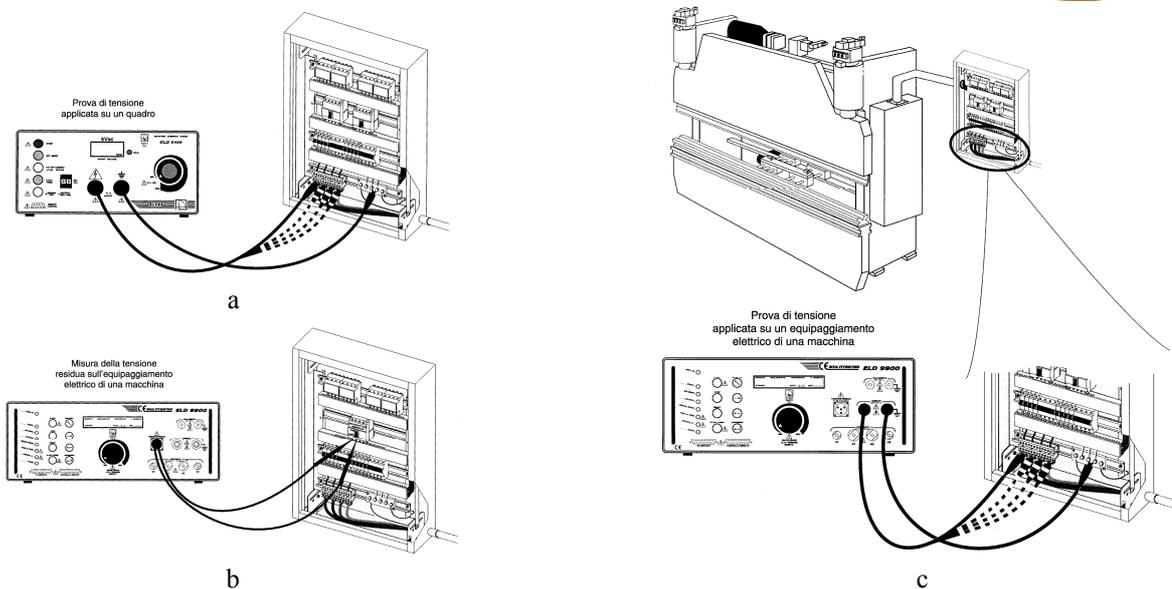
conduttori di protezione ed equipotenziali, è consigliabile eseguire la prova di continuità con una delle terminazioni dei conduttori (per esempio, alla barra o al nodo equipotenziale) scollegata.

**Prova di tensione applicata (rigidità dielettrica) (norme CEI 17-13/1, 44-5).** Questa prova (v. fig. 4a e fig. 4c) si realizza utilizzando un'apparecchiatura per la prova della rigidità dielettrica, in grado di fornire le tensioni di prova richieste alla frequenza di rete (50 Hz) mediante un trasformatore di potenza nominale minima di 500 VA. La prova deve accertare che, all'applicazione della tensione di prova, tra tutti i circuiti attivi e le masse non si verifichino scariche superficiali o in aria. Per i quadri elettrici di tipo AS, il valore della tensione di prova deve essere di 2500 V per un minuto. Per gli equipaggiamenti elettrici delle macchine, il valore della tensione di prova deve essere di 1000 V per un secondo. I componenti, in particolare quelli elettronici, che non sono dimensionati per sopportare tali tensioni devono essere scollegati durante la prova.

**Prova contro le tensioni residue (norma CEI 44-5).** Questa prova (v. fig. 4b) ha lo scopo di accertare che all'interno della macchina non permangano tensioni pericolose, dopo che è stata tolta l'alimentazione. Si deve accertare che la tensione residua sull'impianto elettrico della macchina sia inferiore a 60 V dopo 5 s dall'interruzione dell'alimentazione.



**Fig. 3 - a) Prova di continuità del circuito di protezione in un quadro - b) Prova di continuità del circuito di protezione negli equipaggiamenti elettrici delle macchine.**



**Fig. 4** - a) Prova di tensione applicata su un quadro elettrico - b) Prova per il controllo della presenza di tensioni pericolose all'interno della macchina - c) Prova di tensione applicata su un equipaggiamento elettrico di una macchina.