

NORMATIVE E PRESCRIZIONI
PER LA PROGETTAZIONE, LA REALIZZAZIONE
E LA VERIFICA DI UN IMPIANTO ELETTRICO

2023



DA 40 ANNI TRACCIAMO LINEE DI SUCCESSO

p.04	P	CEI 64-8: Prova di continuità dei conduttori di protezione
p.05	R	CEI 64-8: Misura della resistenza di isolamento
p.06	A	CEI 64-8: Verifica interruzione automatica dell'alimentazione
p.07	S	SISTEMI TT
p.09	S	SISTEMI TN
p.10	S	SISTEMI IT
p.11	R	CEI 64-8: Resistenza di terra con il metodo voltamperometrico
p.12	R	Resistenza di terra dei singoli dispersori
p.13	R	Categoria di sovratensione
p.14	F	IEC/EN 62446 Fotovoltaico
p.16	F	IEC/EN 62446 Fotovoltaico: continuità dei conduttori di protezione nei circuiti CC (categoria 1)
p.17	F	IEC/EN 62446 Fotovoltaico: Prova di polarità (categoria 1)
p.18	F	IEC/EN 62446 Fotovoltaico: Misura della tensione a vuoto Voc (categoria 1)
p.20	F	IEC/EN 62446 Fotovoltaico: Misura della corrente di corto circuito ISC (categoria 1)
p.22	F	IEC/EN 62446 Fotovoltaico: Prova funzionale (categoria 1)
p.23	F	IEC/EN 62446 Fotovoltaico: Prova della resistenza di isolamento di una stringa di moduli FV (categoria 1)
p.25	F	IEC/EN 62446 Fotovoltaico: Misura della curva IV (categoria 2)
p.27	F	IEC/EN 62446 Fotovoltaico: Verifiche termografiche (categoria 2)
p.28	Q	Quadri e macchine: CEI EN IEC 61439
p.39	Q	Quadri e macchine: CEI EN IEC 60204
p.50	E	EN50160 Qualità della fornitura dell'energia elettrica

NORMATIVE E PRESCRIZIONI PER LA PROGETTAZIONE, LA REALIZZAZIONE E LA VERIFICA DI UN IMPIANTO ELETTRICO

Perché una pubblicazione riguardante le normative?

Semplicemente perché sono la **traccia principale** che i progettisti e il gruppo di ricerca di HT Italia, seguono per **realizzare apparecchi sempre in linea con il dettato normativo e le sue evoluzioni**.

La parte più ponderante della nostra produzione ha un unico indirizzo: **realizzare** prima di tutto **apparecchiature** intrinsecamente **sicure**, destinate a loro volta a **garantire la sicurezza** e la **piena aderenza** alle disposizioni dei **Comitati Internazionali**.

Perché ci piace ritornare sull'argomento Norme?

Per due motivi.

Il **primo** perché le **conosciamo bene**, le abbiamo **studiate**, ci siamo confrontati, le abbiamo fatte nostre.

Il **secondo** motivo è molto più semplice, cerchiamo di **rendere più facile la loro interpretazione**, sforzandoci, per quanto sia possibile, di comunicare un concetto basilare: **realizzare impianti a NORME, significa realizzare impianti sicuri**.

La sicurezza non è una lampadina che si accende premendo un tasto, è **un fattore invisibile** che se **non rispettato**, può **causare danni** a cui poi è difficile porre rimedio.

P

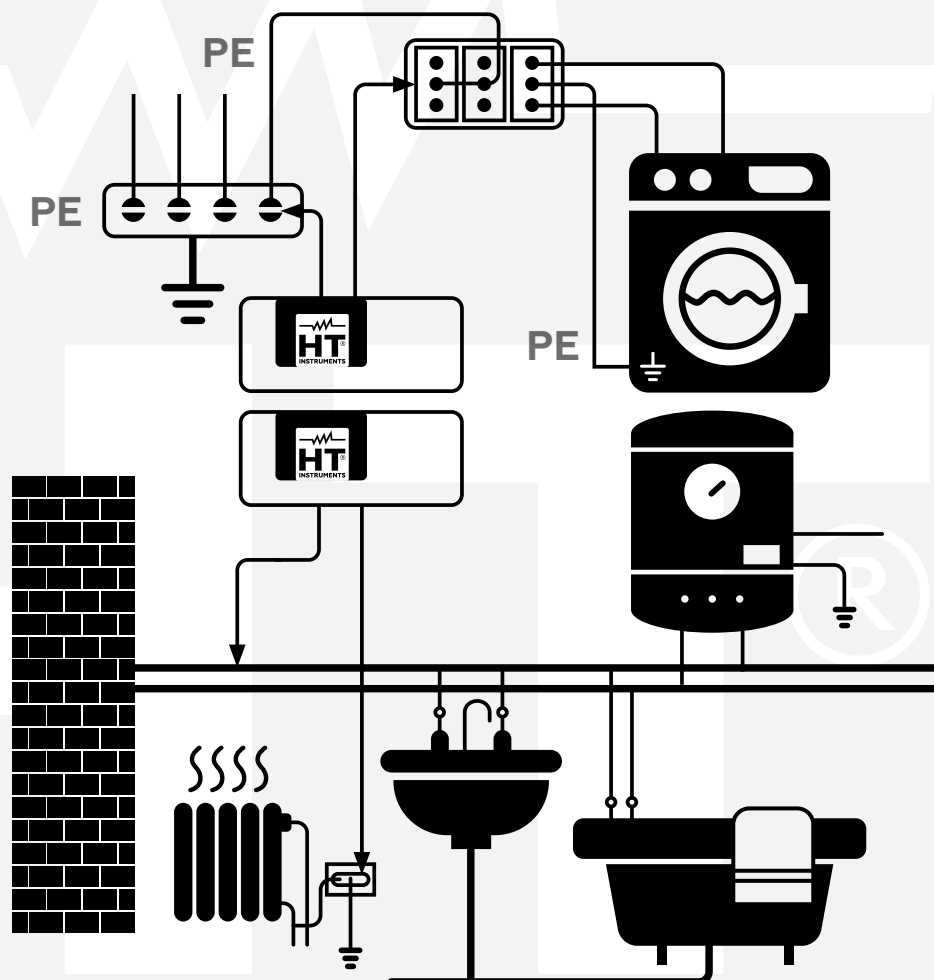
Prova di continuità dei conduttori di protezione

Al fine di verificare la continuità dei conduttori di protezione, la normativa CEI 64-8 richiede l'utilizzo di uno strumento di misura in grado di eseguire la prova con una corrente maggiore o uguale a 200mA. Lo scopo della prova, non è misurare la resistenza, bensì valutare l'esistenza o meno della continuità elettrica tra il nodo equipotenziale e tutti i punti dell'impianto ove presente una connessione di terra (prese a spina, morsetti di terra degli apparecchi di Classe I e masse estranee).

Perché è importante eseguirla?

In caso di guasto di un'apparecchiatura collegata ad una presa non adeguatamente connessa al nodo equipotenziale di terra, l'utente è esposto ad un rischio di folgorazione, semplicemente entrando in contatto con la carcassa che normalmente non è in tensione (contatto indiretto).

Parti dell'impianto da verificare



R

Misura della resistenza di isolamento

La verifica della resistenza di isolamento o del corretto isolamento di un impianto elettrico, consente di identificare eventuali errori di cablaggio o eventuali danneggiamenti di parti dell'impianto stesso. La prova va eseguita in assenza di tensione e con tutti i carichi ed eventuali scaricatori opportunamente scollegati. La tabella 6.1 della normativa CEI 64-8/6 indica la tensione di prova in CC in funzione della tensione nominale del circuito, indicando inoltre la resistenza di isolamento minima espressa in MOHM.

Tabella 6.1 - Valori minimi della resistenza di isolamento		
Tensione nominale del circuito V	Tensione di prova in c.c. V	Resistenza di isolamento minima MΩ
SELV e PELV	250	≥ 0,5
Fio a 500 V, compreso FELV	500	≥ 1
Oltre 500 V	1000	≥ 1

Perché è importante eseguirla?

Per garantire una barriera di isolamento tra il conduttore di protezione ed i conduttori attivi, non vi deve essere contatto tra i due. Il misuratore di isolamento genera una tensione di prova, volta a verificare in sicurezza l'eventuale presenza di un guasto.

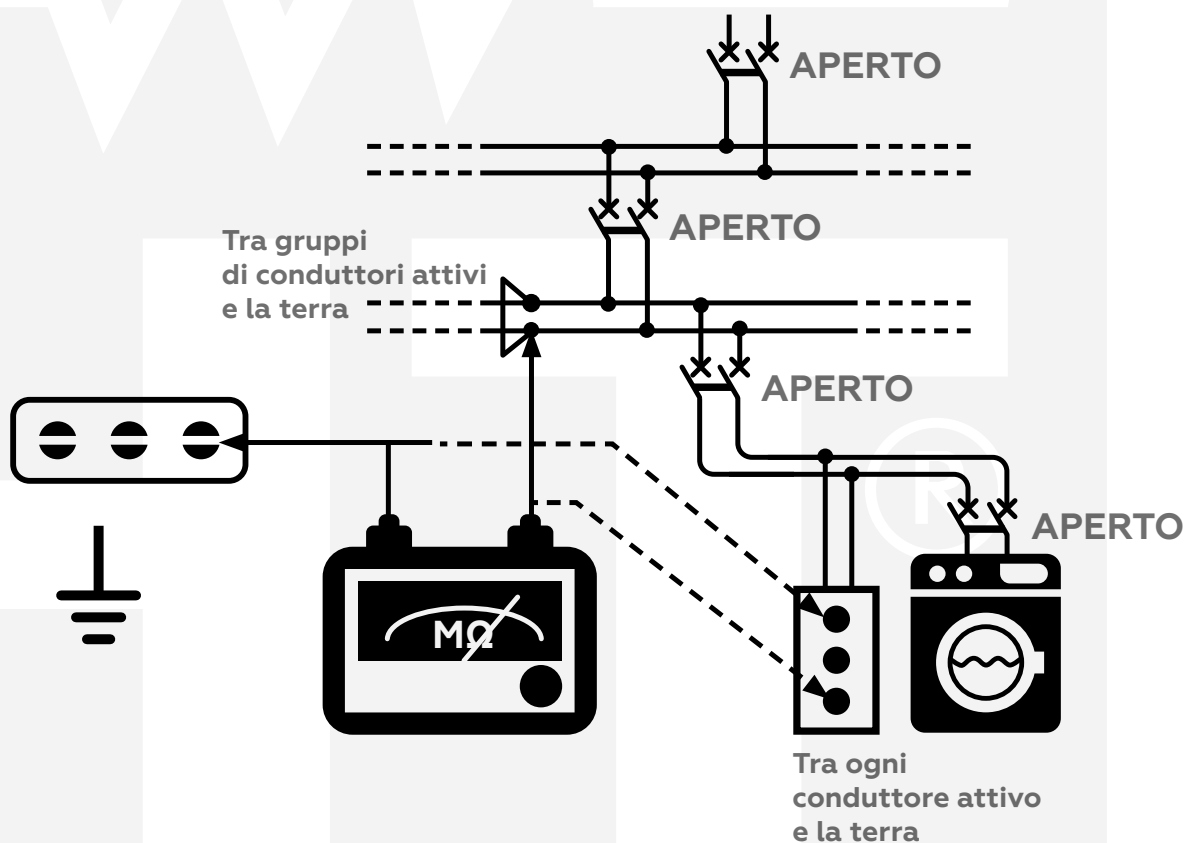


Fig. 1.2.13: Misura della resistenza d'isolamento dell'impianto.

A

Verifica interruzione automatica dell'alimentazione

Lo scopo di questa misura è verificare il coordinamento delle protezioni differenziali nei **sistemi TT**, verificare le protezioni magnetotermiche o fusibili **nei sistemi TN** e verificare la corrente di primo guasto **nei sistemi IT**.



S

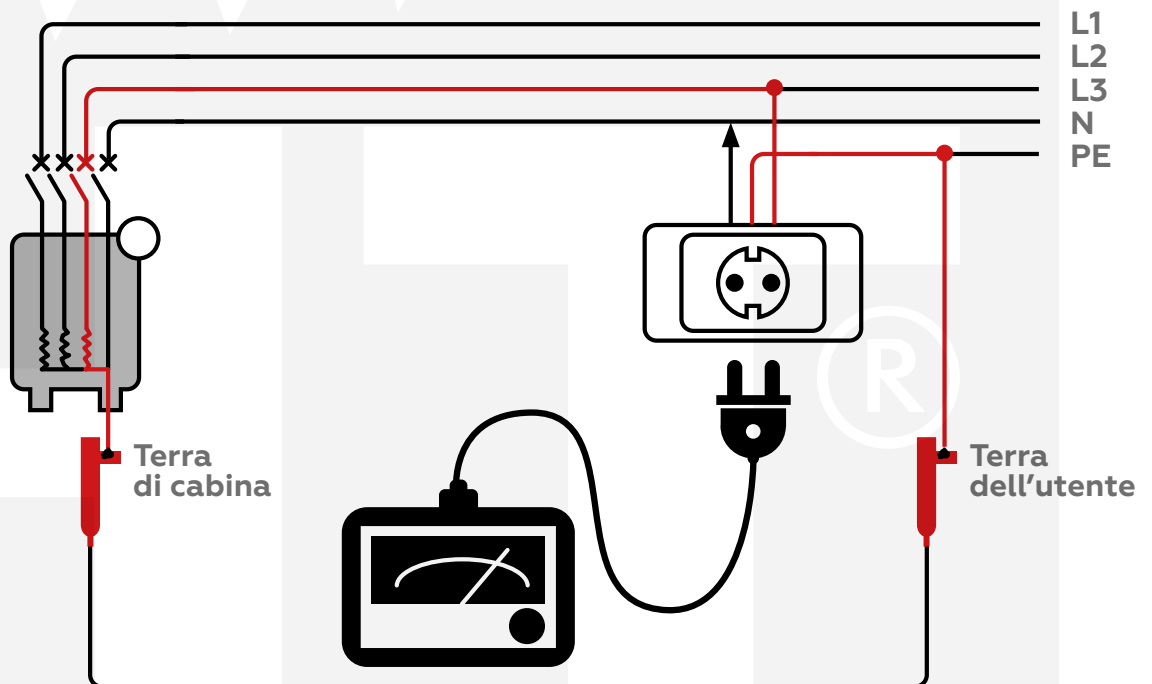
SISTEMI TT

Nei sistemi TT deve essere verificata la resistenza del dispersore RE al quale sono collegate le masse, con in aggiunta la verifica della caratteristica e dell'efficienza del dispositivo differenziale. La normativa CEI 64-8 ammette due modalità di prova della resistenza di terra suddivise in "metodo voltamperometrico" e "metodo della resistenza del circuito di guasto" mentre per la verifica dell'efficacia del dispositivo di interruzione automatica dell'alimentazione (RCD) è prevista la misura del tempo di intervento della protezione che, con una corrente di guasto pari alla sua corrente nominale di intervento I_{dn} , deve avvenire entro i limiti illustrati nella tabella n1.

Tabella 1 - Tempi di intervento per i differenziali di tipo generale

Tipo	$I_{\Delta n}$ (A)	Tempi di intervento (s) per I_{Δ} pari a :		
		$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$
AC	qualsiasi	0,3	0,15	0,04
A*	$\leq 0,01$ A	$2 I_{\Delta n}$	$4 I_{\Delta n}$	$10 I_{\Delta n}$
		0,3	0,15	0,04
A*	$\geq 0,03$ A	$1,4 I_{\Delta n}$	$2,8 I_{\Delta n}$	$7 I_{\Delta n}$
		0,3	0,15	0,04
B/B+	qualsiasi	$2 I_{\Delta n}$	$4 I_{\Delta n}$	$10 I_{\Delta n}$
		0,3	0,15	0,04

(*) : I differenziali di tipo F possono essere testati come tipo A.



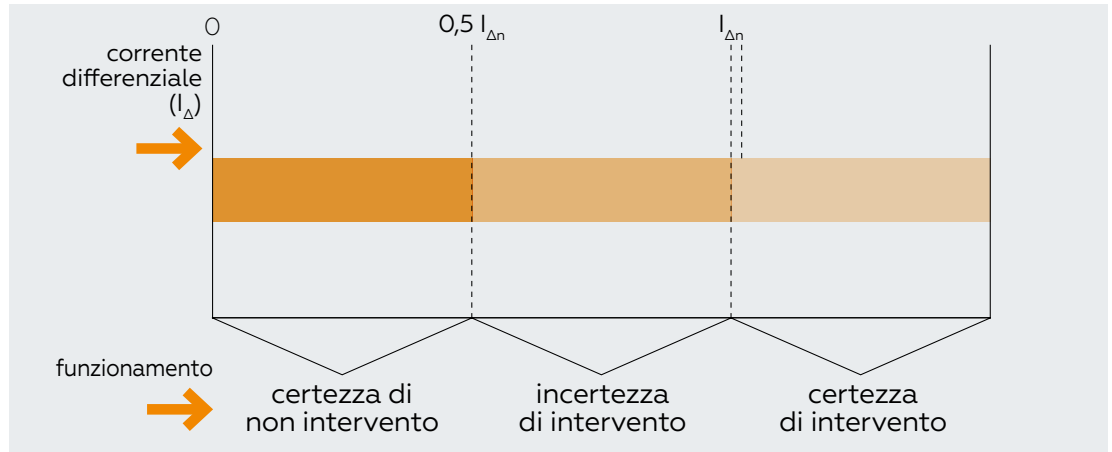
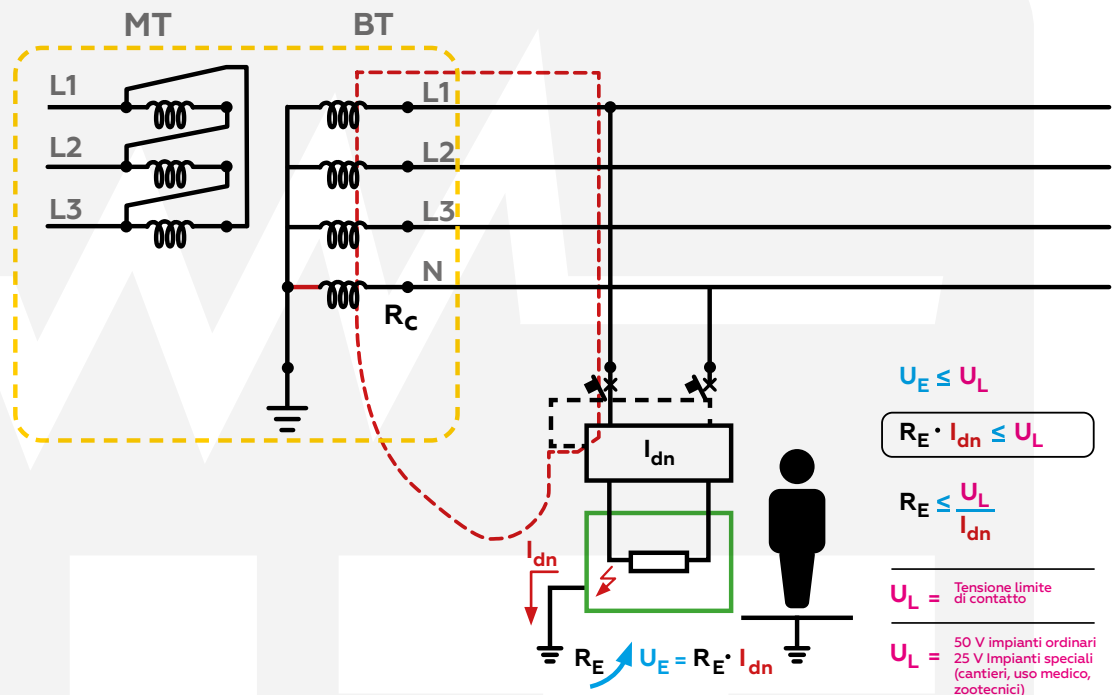


Fig. 3: Comportamento corretto di un interruttore differenziale in relazione al valore della corrente differenziale che si manifesta in linea.

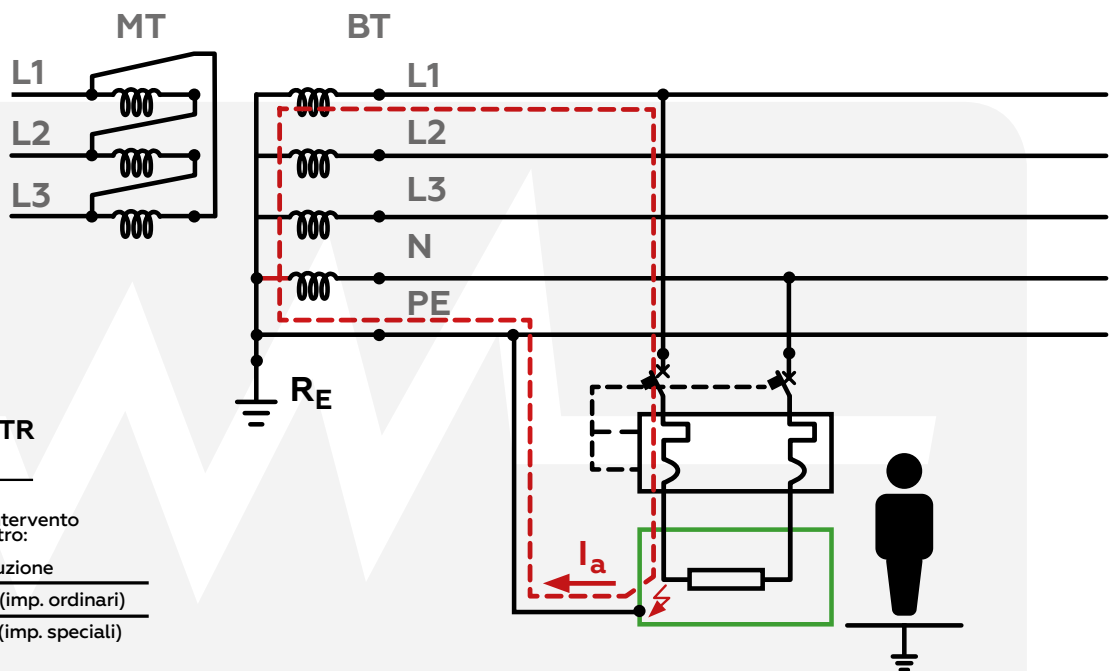


Perché è importante eseguirla?

In caso di guasto a terra di una apparecchiatura, la cui massa normalmente non è in tensione, quest'ultima potrebbe venire indotta ad un potenziale pericoloso per l'utente che si trovi a toccarla. Verificando la perfetta efficienza sia dell'impianto di terra che del dispositivo differenziale, abbiamo la certezza che una volta che la corrente di guasto supererà il valore di corrente nominale del differenziale, questo interverrà proteggendo l'utente dalla tensione di contatto prima che questa diventi pericolosa (>50V).

S SISTEMI TN

Nei sistemi TN la norma richiede la misura di impedenza dell'anello di guasto e della verifica della caratteristica di intervento del dispositivo di protezione associato (magnetotermico, fusibile, RCD). In questo tipo di sistema le masse sono collegate tramite il conduttore di protezione al neutro in cabina. Una volta ottenuto il valore di impedenza del circuito di guasto e nota la tensione nominale di impianto fase e terra, deve essere calcolata la minima corrente di guasto presunta e confrontata con la caratteristica della protezione utilizzata nell'impianto, al fine di verificarne la conformità ai tempi di intervento richiesti dalla tabella 41A.



$$Z_S \cdot I_a \leq U_0$$

$$Z_S = Z_L + Z_{PE} + Z_{TR}$$

Impedenza anello di guasto

I_a = Corrente che provoca intervento del magnetotermico entro:

5 s	circuiti di distribuzione
0,4 s	circuiti terminali (imp. ordinari)
0,2 s	circuiti terminali (imp. speciali)

Z_S = Impedenza dell'anello di guasto

Z_L = Impedenza conduttore di fase

Z_{PE} = Impedenza conduttore di terra

Z_{TR} = Impedenza secondario trasformatore

Perché è importante eseguirla?

Poniamo in esempio un operatore all'interno di un'industria il quale sta lavorando su un macchinario di produzione. La corrente che si genera tra la massa ed il punto di guasto, deve essere sufficiente a far intervenire la protezione magnetotermica o fusibile secondo i valori prescritti dalla tabella 41A della norma riportata di seguito. Questo garantirà la protezione dell'operatore da un eventuale esposizione ad un potenziale pericoloso in caso di guasto.

Tabella 41A - Tempi massimi di interruzione per sistemi TN

Sistema	50 V < U ₀ ≤ 120 V [s]		120 V < U ₀ ≤ 230 V [s]		230 V < U ₀ ≤ 400 V [s]		U ₀ > 400 V [s]	
	c.a.	c.c.	c.a.	c.c.	c.a.	c.c.	c.a.	c.c.
TN	0,8	Nota 3	0,4	5	0,2	0,4	0,1	0,1

U₀ è la tensione nominale verso terra in c.a. o in c.c.

Nota 1: Per le tensioni che sono entro la banda di tolleranza precisata nella Norma CEI 8-6 si applicano i tempi di interruzione corrispondenti alla tensione nominale.

Nota 2: Per valori di tensione intermedi, si sceglie il valore prossimo superiore della Tabella 41A.

Nota 3: L'interruzione può essere richiesta per ragioni diverse da quelle relative alla protezione contro i contatti elettrici.

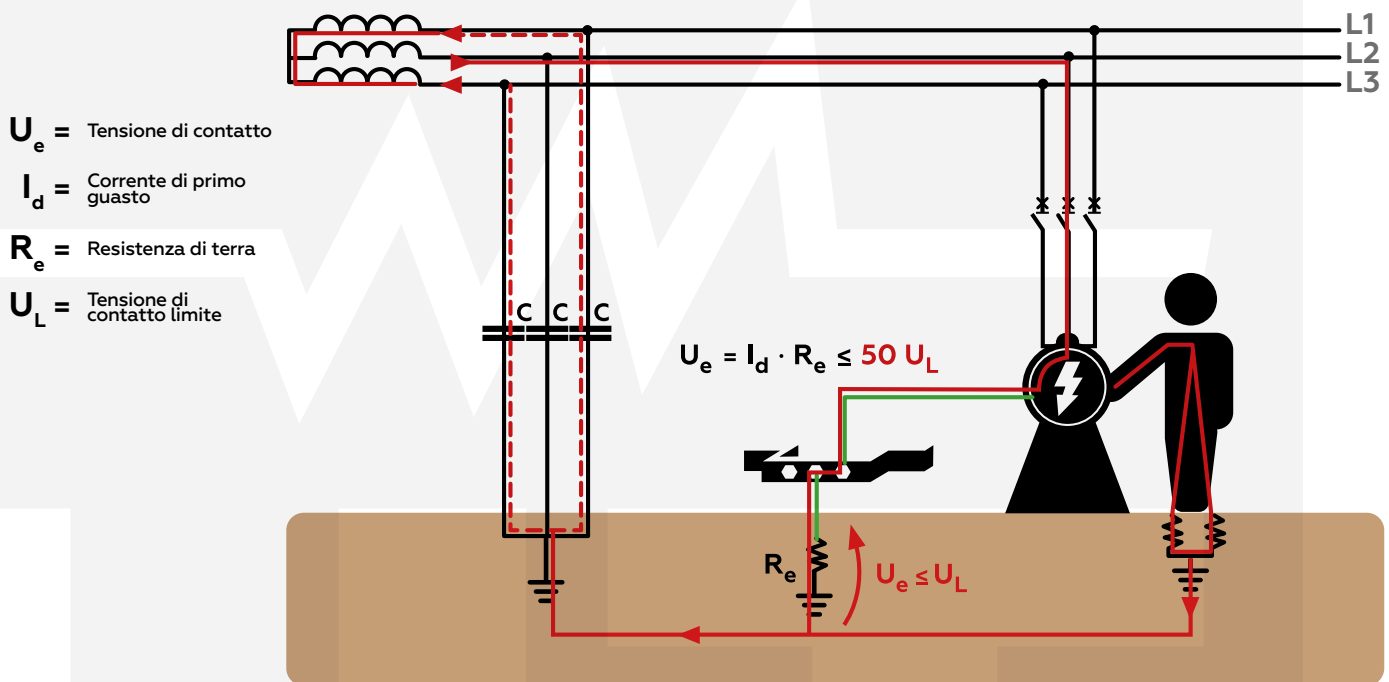
Nota 4: Quando la prescrizione di questo articolo sia soddisfatta mediante l'uso di dispositivi di protezione a corrente differenziale, i tempi di interruzione della presente Tabella si riferiscono a correnti di guasto differenziali presunte significativamente più elevate della corrente differenziale nominale dell'interruttore differenziale (tipicamente 5 I_{dn}).

S

SISTEMI IT

Nei sistemi IT dove è richiesta continuità di servizio, come per esempio in ambiente ospedaliero, la norma non richiede l'interruzione automatica del circuito in caso di primo guasto purchè la tensione di contatto rimanga entro i 50VAC (25V locali di gruppo 2). Tale condizione è verificabile misurando la corrente di primo guasto I_d tra un conduttore di linea ed una massa. La corrente di primo guasto si richiuderà attraverso le capacità parassite delle due fasi non coinvolte nel guasto dell'impianto. È mandatorio che gli impianti IT siano dotati di un controllore di isolamento in modo da tenere costantemente monitorato il valore della resistenza di isolamento R_f .

Le misure da effettuare sono due: verifica della corrente di primo guasto I_d e misura della resistenza di terra R_e (metodo voltamperometrico). Deve essere verificata la condizione per cui, il valore della tensione di contatto (ovvero il prodotto tra resistenza di terra e la corrente di primo guasto) sia inferiore a 50Vac.



Perché è importante eseguirla?

Nei sistemi IT, in caso di primo guasto a terra, il controllore di isolamento segnalerà la presenza del guasto monitorando in maniera continuativa il valore di resistenza di guasto R_f che non dovrà scendere sotto la soglia di 50kΩ (conformemente alla sua norma di prodotto IEC61557-8). Per questo è molto importante verificare sia il corretto dimensionamento della resistenza di terra, sia il funzionamento del controllore di isolamento: il controllore di isolamento segnalerà (in maniera visiva e/o acustica) la presenza di un basso isolamento, ma la circolazione di corrente di guasto sarà molto ridotta (tipicamente la resistenza di terra nei sistemi IT è nell'ordine di qualche centinaio di Ohm) e non necessiterà dell'interruzione automatica dell'alimentazione, garantendo la continuità di servizio.

R Resistenza di terra con il metodo voltamperometrico

Questa misura si rende necessaria per conoscere il valore della resistenza di terra e determinare la tensione di contatto di un impianto, al fine di verificare il coordinamento delle protezioni in caso di guasto verso terra.

Nei sistemi IT questa misura serve ad identificare il valore di resistenza del dispersore, ed insieme alla misura di corrente di guasto, a determinare se in caso di primo guasto la tensione di contatto rimarrà tale per cui non vi siano pericolo per gli utenti, garantendo quindi la continuità di servizio.

Nei sistemi TT, in particolare nei contesti urbani dove risulta difficile praticare questa modalità di prova, la norma ammette la verifica della resistenza di terra con il metodo dell'anello di guasto.

Infine, nei sistemi TN in cui l'utente è anche il proprietario della cabina di trasformazione, questa misura è necessaria per verificare se il valore di resistenza rilevato, in funzione della corrente di guasto e del tempo di eliminazione del guasto dichiarati dall'Ente Distributore, garantisce in caso di guasto a terra, una tensione di contatto entro i limiti definiti dalla CEI EN 50222 (CEI 99-3), evitando così di dover procedere alle misure di passo e di contatto.

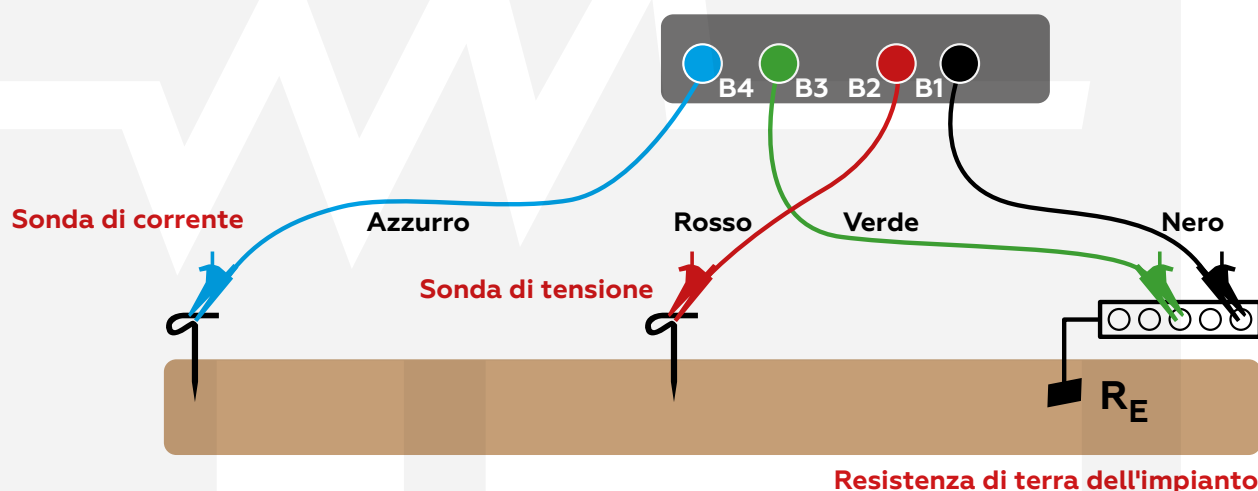


Fig. 28: Misura della resistenza di terra a 3 fili.

R Resistenza di terra dei singoli dispersori

Nelle reti di terra ad anello composte da più dispersori (minimo due), qualora quest'ultimi siano accessibili, è possibile andare ad effettuare la misura sui singoli dispersori tramite una pinza a doppio toroide, in grado di indurre un potenziale nell'anello e leggerne la corrente circolante, andando a ricavare quindi la resistenza del singolo dispersore nell'ipotesi in cui sia trascurabile la mutua influenza, ovvero con i singoli dispersori posti a sufficiente distanza tra loro, in maniera tale che non si influenzino reciprocamente durante la misura.

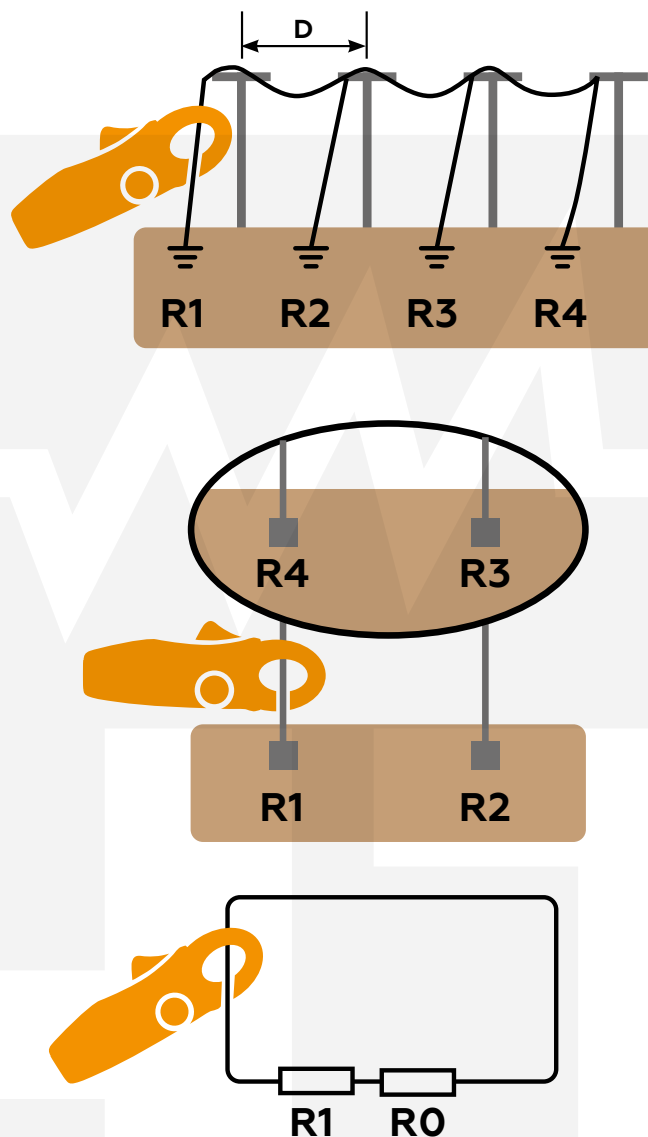


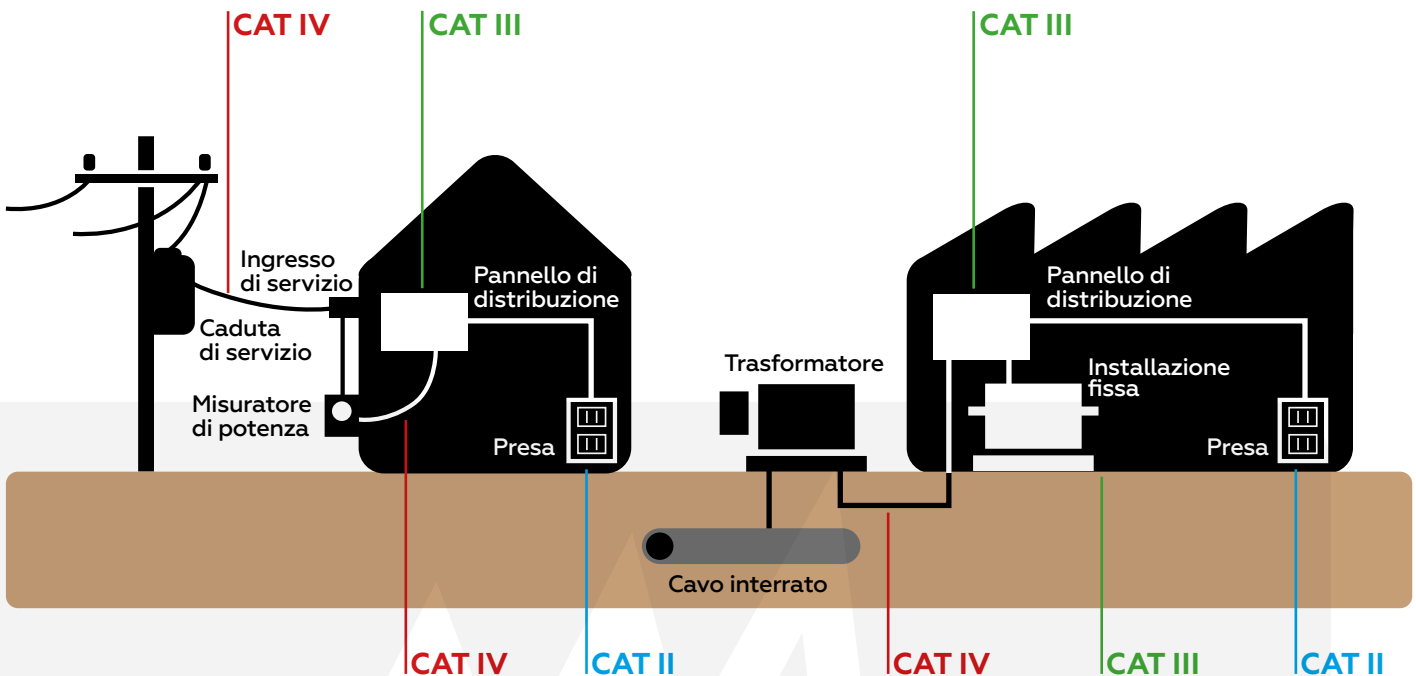
Fig. 9: Collegamento dello strumento ad un sistema multi-dispersori.

Perché è importante eseguirla?

Perché in caso di guasto verso terra, il corretto dimensionamento della resistenza di terra di un impianto, garantisce il corretto intervento delle protezioni contro i contatti indiretti evitando il rischio di folgorazione.

R

Categoria di sovratensione



La norma "IEC EN CEI 60664-1: Coordinamento dell'isolamento delle apparecchiature negli impianti a bassa tensione. Parte 1 - Principi, requisiti e prove" al paragrafo 4.3.2 "Apparecchiature alimentate direttamente dalla rete elettrica" recita:

I circuiti sono suddivisi nelle seguenti categorie di misura:

- **La categoria di misura IV** serve per le misure effettuate su una sorgente di un'installazione a bassa tensione. Esempi sono costituiti da contatori elettrici e da misure sui dispositivi primari di protezione dalle sovracorrenti e sulle unità di regolazione dell'ondulazione.
- **La categoria di misura III** serve per le misure effettuate in installazioni all'interno di edifici. Esempi sono costituiti da misure su pannelli di distribuzione, disgiuntori, cablaggi, compresi i cavi, le barre, le scatole di giunzione, gli interruttori, le prese di installazioni fisse e gli apparecchi destinati all'impiego industriale e altre apparecchiature, per esempio i motori fissi con collegamento ad impianto fisso.
- **La categoria di misura II** serve per le misure effettuate su circuiti collegati direttamente all'installazione a bassa tensione. Esempi sono costituiti da misure su apparecchiature per uso domestico, utensili portatili ed apparecchi simili.
- **La categoria di misura I** serve per le misure effettuate su circuiti non collegati direttamente alla RETE DI DISTRIBUZIONE.

F Fotovoltaico

La Guida di riferimento in Italia per la progettazione, realizzazione e gestione di sistemi di generazione fotovoltaica è la CEI82-25 parte 1, che nella sua ultima edizione (2022-08), non indica più nessuna modalità di verifica e controllo, richiamando unicamente quanto prescritto dalla norma IEC EN 62446-1 (Documentazione, messa in servizio e verifiche periodiche di sistemi fotovoltaici).

A sua volta, la IEC EN 62446-1 non impone una periodicità delle verifiche e distingue tra due categorie di prova: categoria 1 (verifiche base) e categoria 2 (verifiche approfondite). Il livello di verifica non è obbligatorio ed è generalmente a discrezione del committente quale categoria richiedere al tecnico.

Categoria 1 lato AC CEI64-8/6 (la norma richiama le prove della CEI 64-8/6):

1. Continuità dei conduttori di messa a terra e/o del collegamento equipotenziale se presente
2. Misura della resistenza di isolamento verso terra dei conduttori attivi
3. Se sistema TT verifica RCD e resistenza di terra
4. Se sistema TN impedenza dell'anello di guasto
5. Se sistema IT misura della corrente di primo guasto e della resistenza di terra

Categoria 1 lato DC:

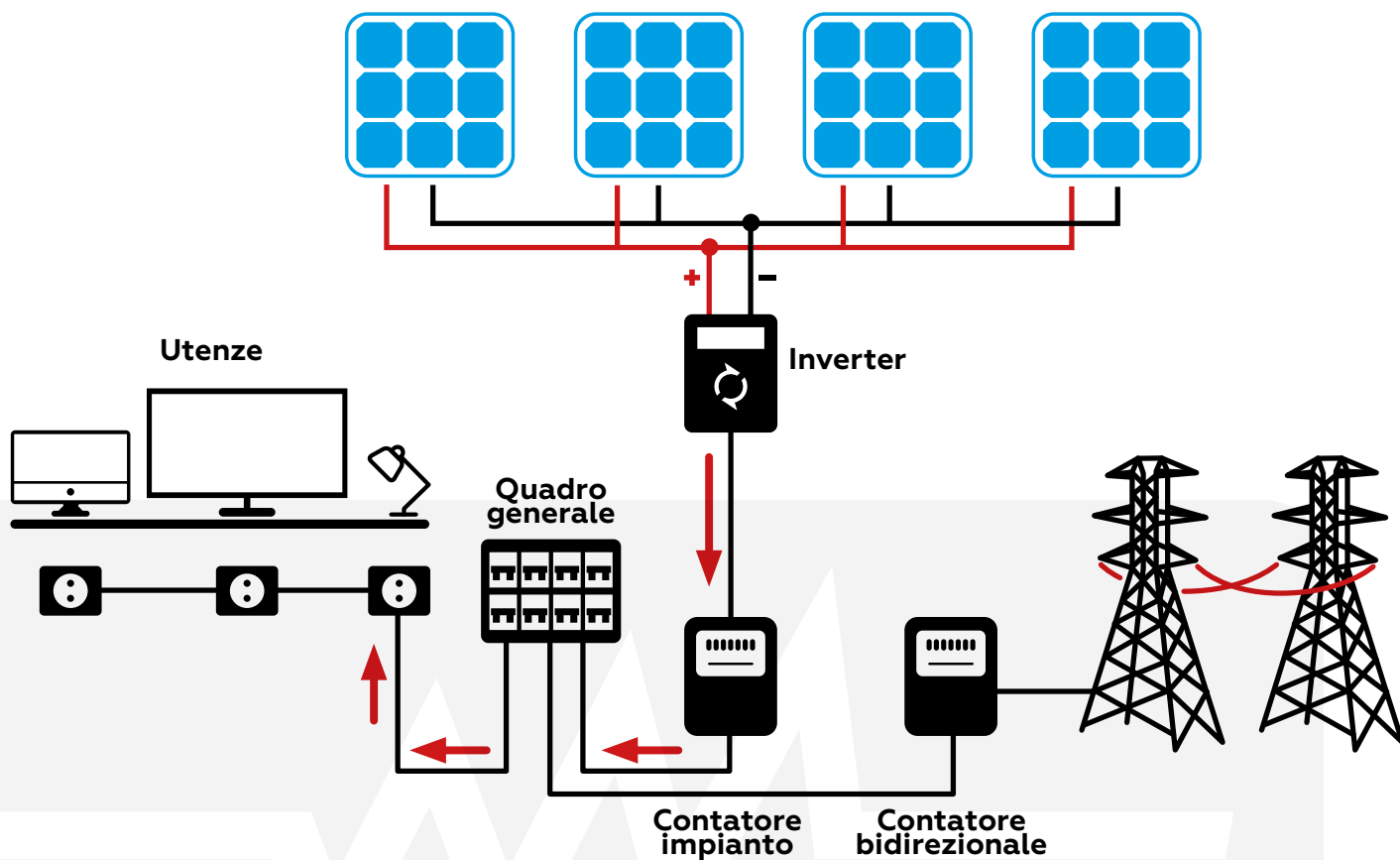
1. Continuità dei conduttori di messa a terra e/o del collegamento equipotenziale se presente
2. Prova di polarità
3. Misura della tensione a vuoto V_{oc}
4. Misura della corrente di corto circuito o di funzionamento I_{sc}
5. Test Funzionale (misura della corrente di stringa tramite una pinza amperometrica)
6. Misura della resistenza di isolamento dei circuiti in CC

Categoria 2:

In aggiunta alle verifiche da eseguire di Categoria 1 è previsto:

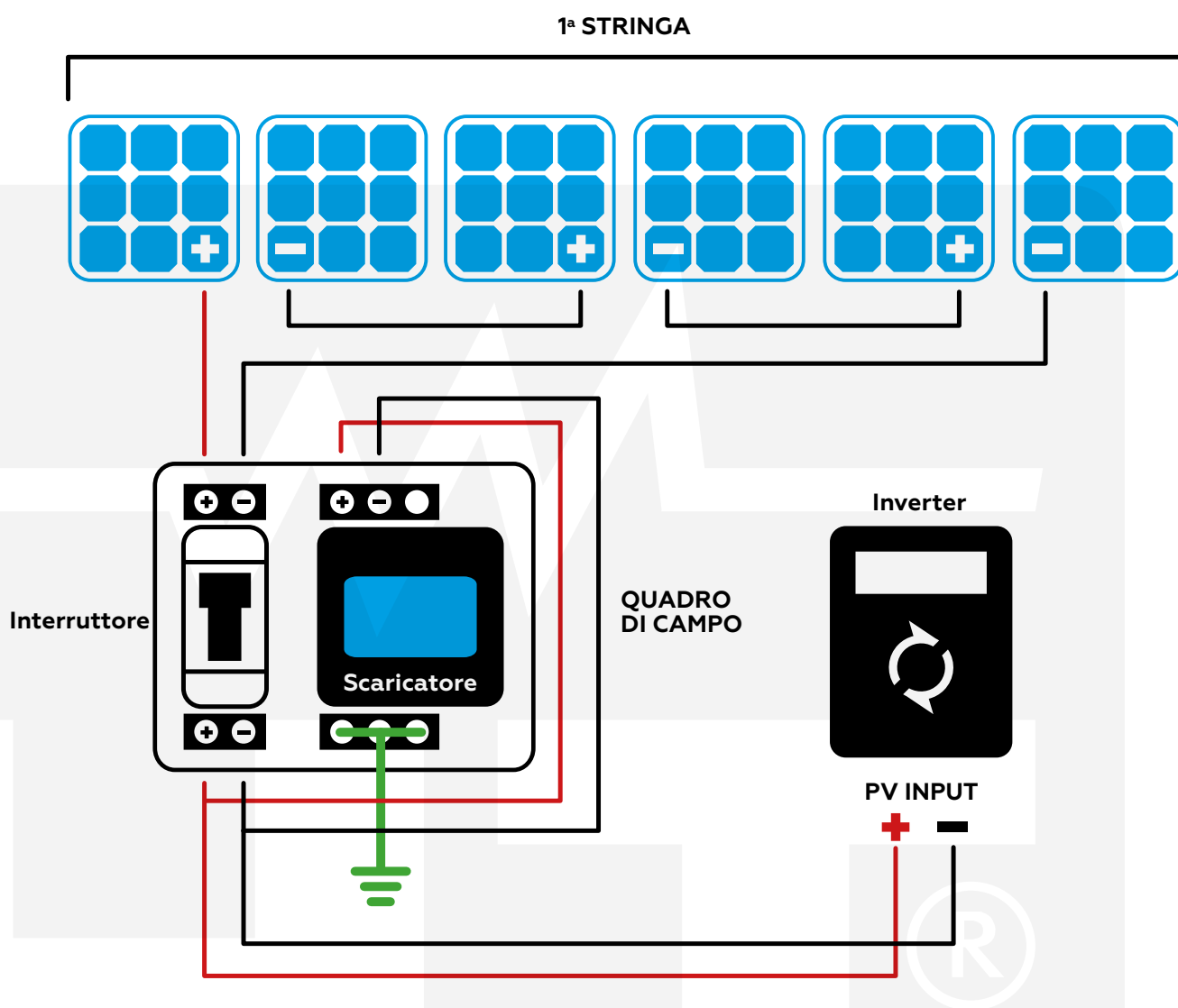
1. Misura della caratteristica I-V
2. Indagine termografica

Pannelli



F Fotovoltaico: continuità dei conduttori di protezione nei circuiti CC (categoria 1)

Se sul lato DC sono presenti conduttori di messa a terra e/o collegamenti equipotenziali (es. collegamento equipotenziale della schiera di moduli) su tutti quei conduttori e, se possibile anche verso il collettore principale di terra, dovrebbe essere verificata la continuità elettrica. La norma richiede unicamente l'utilizzo di strumentazione conforme alla IEC61557-1, -4, quindi con corrente di prova >200mA.

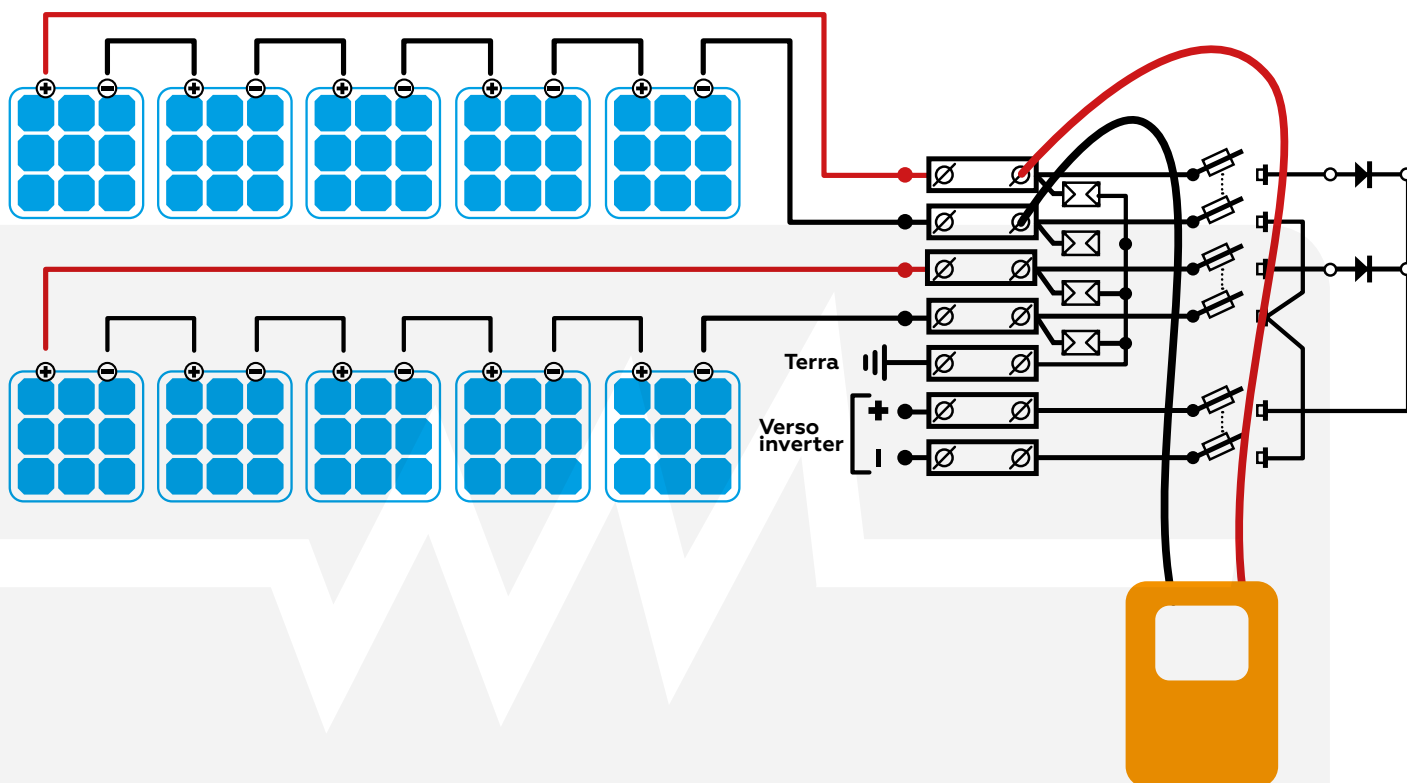


Perché è importante eseguirla?

La verifica del collegamento verso terra delle strutture dei moduli o dei moduli stessi (se prevista), opportunamente coadiuvata dall'installazione di SPD sul lato DC, garantisce la protezione in caso di scariche atmosferiche oltre che al corretto funzionamento del controllore di isolamento installato in genere sull'inverter.

F Prova di polarità (categoria 1)

La polarità in tutti i cavi CC deve essere verificata utilizzando uno strumento di misura adatto. Lo scopo è verificare la corretta identificazione dei cavi e del corretto collegamento ai dispositivi del sistema ed ai quadri di giunzione (verifica del corretto collegamento delle stringhe).



Perché è importante eseguirla?

La verifica della polarità delle stringhe è fondamentale per assicurare sia il corretto funzionamento dell'impianto sia per scongiurare, ad esempio, tramite l'inversione di una stringa, la sommatoria di due tensioni di stringa.



F Fotovoltaico: misura della tensione a vuoto V_{oc} (categoria 1)

La tensione a vuoto di una stringa deve essere misurata con uno strumento di misura adeguato prima di chiudere qualunque interruttore o circuito. Lo scopo di questa misura è verificare il corretto numero di pannelli all'interno della stringa e di conseguenza il corretto valore di tensione a vuoto del pannello o della serie.

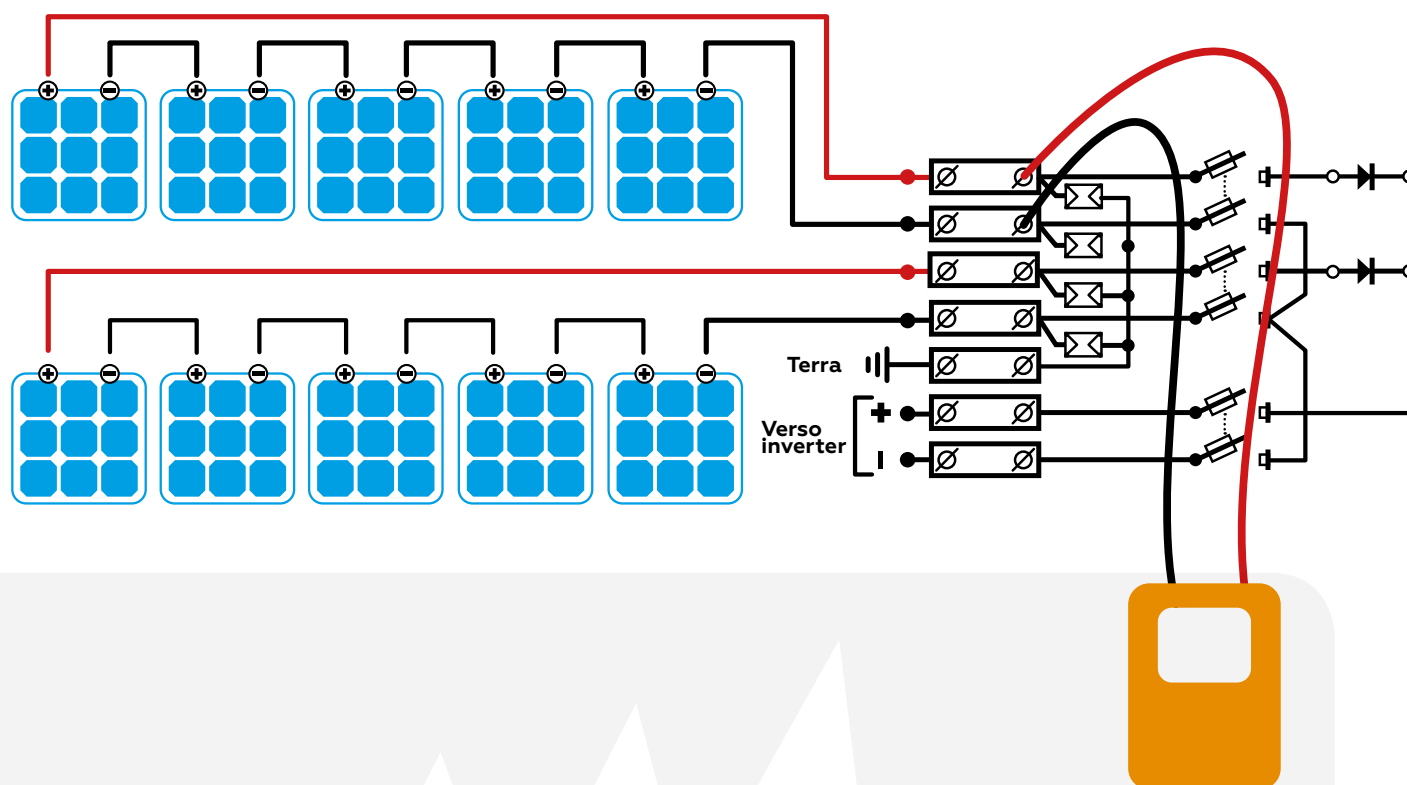
In condizioni di irraggiamento stabile, la norma suggerisce quale modalità di verifica preferibile, la verifica della tensione di un solo modulo (da foglio dati od in alternativa tramite misura) moltiplicandola per il numero di moduli che compone la stringa al fine di ricavare la tensione di stringa prevista. A questo punto si effettua la misura della tensione di stringa e questa non deve generalmente discostarsi di un valore superiore al 5% dal valore calcolato.

Nel caso di impianti con più stringhe identiche e in condizioni di irraggiamento stabile, possono essere confrontate le tensioni tra le stringhe, tenendo sempre come riferimento uno scostamento massimo del 5% tra la tensione delle varie stringhe.

Nel caso di irraggiamento non stabile, la norma indica che si può procedere in uno dei seguenti modi:

- 1) la verifica viene rimandata; (economicamente poco conveniente)
- 2) la verifica viene effettuata utilizzando più voltmetri con analoghe caratteristiche mantenendo un voltmetro su una stringa di riferimento; occorrono più persone per fare un lavoro «semplice», economicamente poco conveniente)
- 3) la verifica viene effettuata misurando le tensioni a vuoto di stringa e correggendoli con i valori misurati di irraggiamento solare sul piano dei moduli (modalità più opportuna).





Perché è importante eseguirla?

La verifica della tensione a vuoto permette di verificare, prima della messa in servizio dell'impianto, che la tensione di una stringa sia pari a quanto atteso ovvero alla somma delle tensioni nominali dei moduli, permettendo di identificare rapidamente eventuali errori di connessione.



F

Fotovoltaico: misura della corrente di corto circuito ISC (categoria 1)

La realizzazione e l'interruzione della corrente di cortocircuito della stringa è una prova potenzialmente pericolosa e deve essere misurata con idonea apparecchiatura. Il corto circuito sulla stringa in prova può essere ottenuto mediante:

Opzione 1: Un cavo di corto circuito temporaneo connesso ad un dispositivo di interruzione o sezionamento sotto carico già presenti nel circuito della stringa.

Opzione 2: Un dispositivo o strumentazione in grado di effettuare il corto circuito della stringa temporaneamente introdotto nel circuito di prova.

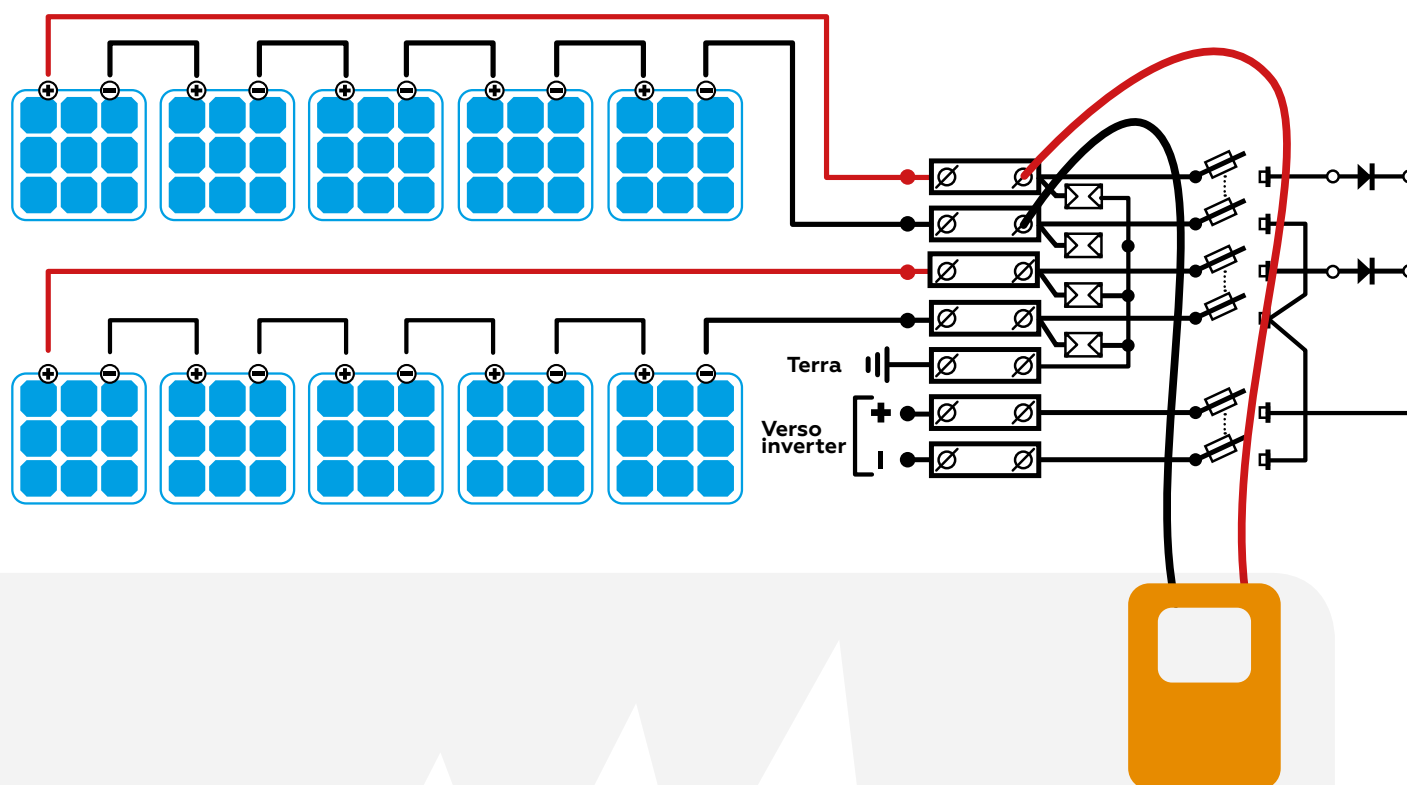
Opzione 3: Uso di una scatola di prova di interruzione del cortocircuito, ovvero un dispositivo di interruzione del carico adeguato che può essere inserito temporaneamente nel circuito per creare un corto circuito commutato.

NOTA: in ogni caso questo dispositivo deve essere dimensionato per un valore superiore alla tensione a vuoto e alla corrente di cortocircuito della stringa in esame.

I valori misurati devono essere confrontati con i valori attesi. Nel caso di impianti con più stringhe identiche e in condizioni di irraggiamento stabile, possono essere confrontate le correnti tra le stringhe. I valori ottenuti dovrebbero essere «quasi» uguali (un valore tipico dichiarato dal costruttore è pari al 5% per condizioni di irraggiamento stabile).

Nel caso di irraggiamento non stabile, la norma indica che si può procedere in uno dei seguenti modi:

- 1) la verifica viene rimandata; (economicamente poco conveniente)
- 2) la verifica viene effettuata utilizzando più amperometri con analoghe caratteristiche mantenendo un amperometro su una stringa di riferimento; occorrono più persone per fare un lavoro «semplice» (economicamente poco conveniente)
- 3) la verifica viene effettuata misurando le correnti di stringa e correggendoli con i valori misurati di irraggiamento solare sul piano del moduli (modalità più opportuna).



Perché è importante eseguirla?

La verifica della corrente di cortocircuito permette di identificare il corretto collegamento e funzionamento dei moduli potendo confrontare i risultati con quanto dichiarato dal costruttore.



F Fotovoltaico: Prova funzionale (categoria 1)

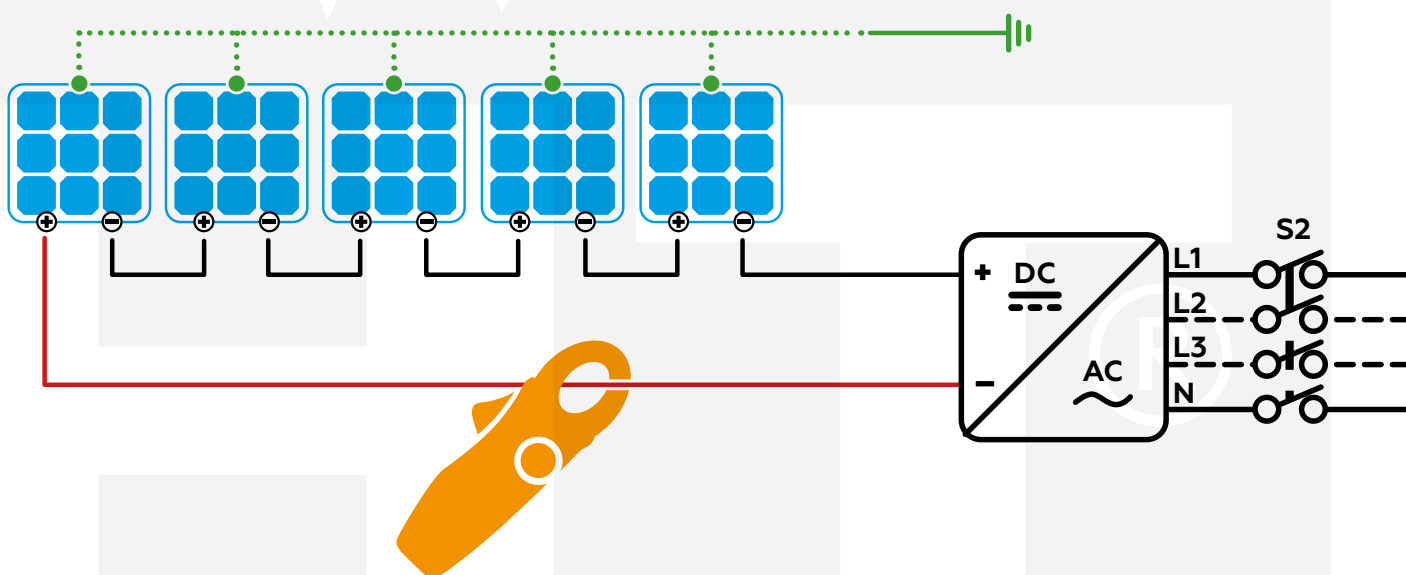
Con il sistema commutato e nel modo di funzionamento normale (inseguimento del punto di massima potenza da parte degli inverter) la corrente proveniente da ciascuna stringa di moduli deve essere misurata usando una pinza amperometrica, collocata attorno al cavo della stringa.

Nel caso di impianti con più stringhe identiche e in condizioni di irraggiamento stabile, possono essere confrontate le correnti tra le stringhe. I valori ottenuti dovrebbero essere «quasi» uguali (un valore tipico dichiarato dal costruttore è pari al 5% per condizioni di irraggiamento stabile).

In caso di irraggiamento instabile si applicano le medesime considerazioni della corrente di cortocircuito.

Nel caso di **irraggiamento non stabile** la norma indica che si può procedere in uno dei seguenti modi:

- 1) la verifica viene rimandata (economicamente poco conveniente)
- 2) la verifica viene effettuata utilizzando diversi amperometri con analoghe caratteristiche mantenendo un amperometro su una stringa di riferimento; (occorrono più persone per fare un lavoro "semplice", economicamente poco conveniente)
- 3) la verifica viene effettuata misurando le correnti di stringa e correggendoli con i valori misurati di irraggiamento solare sul piano dei moduli (corretto)
- 4) si può effettuare una prova della curva I-V (corretto).



Perché è importante eseguirla?

Le prove funzionali permettono di verificare se la corrente di MPPT è in linea con quanto dichiarato dal costruttore.

F Fotovoltaico: prova della resistenza di isolamento di una stringa di moduli FV (categoria 1)

I circuiti in c.c. di stringhe di moduli FV sono attivi durante il giorno e, contrariamente ad un circuito in c.a. convenzionale, non possono essere sezionati prima dell'effettuazione di questa prova.

La norma ammette due modalità di prova:

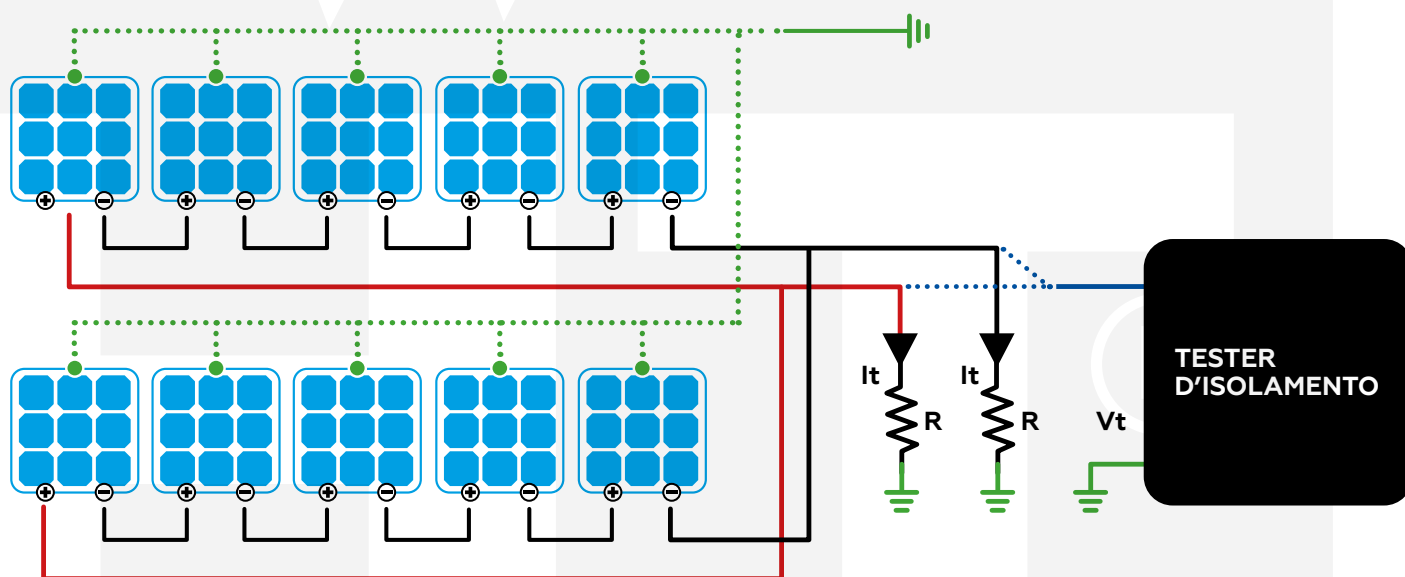
METODO 1 - Prova tra il polo negativo della stringa di moduli e la terra seguito da una prova tra il polo positivo della schiera di moduli e la terra.

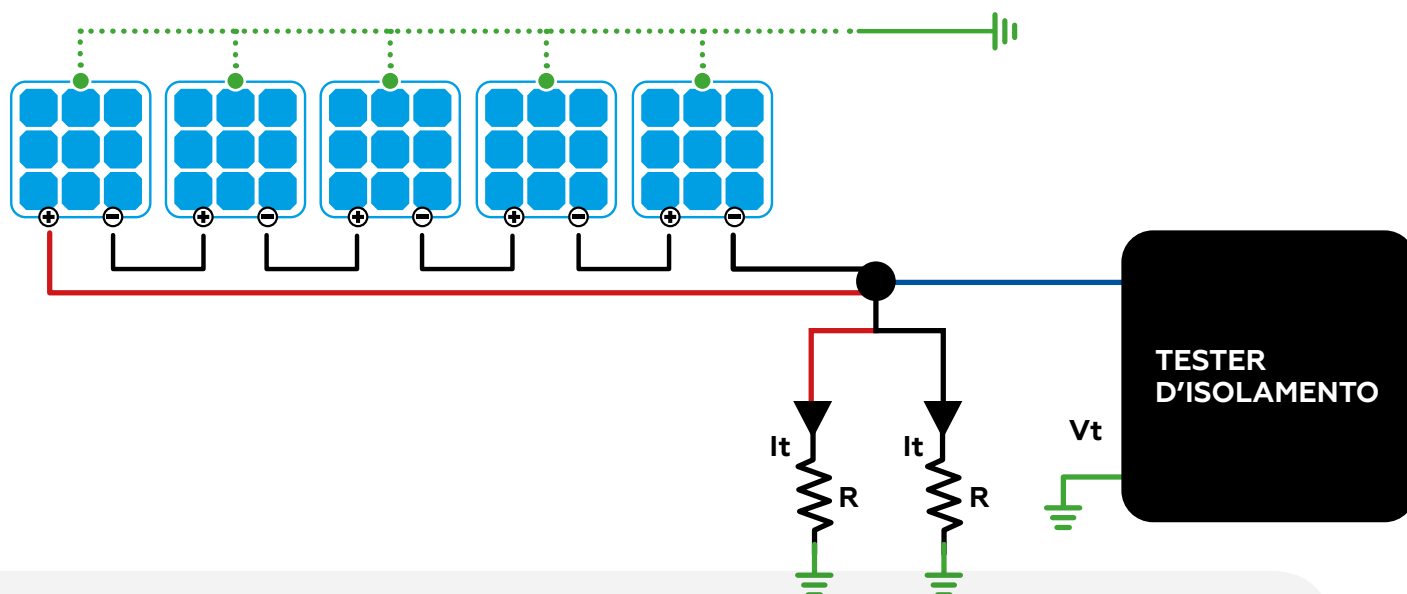
METODO 2 - Prova tra la terra e i poli positivo e negativo della schiera di moduli cortocircuitati.

Tensione del sistema ($V_{oc} (stc) \times 1,25$) V	Tensione di prova V	Minima resistenza di isolamento M Ω
< 120	250	0,5
da 120 a 500	500	1
> 500	1000	1

Tabella valori minimi ammessi

Le misure devono essere eseguite in c.c. mediante strumenti di prova idonei (IEC61557-1, -2) in grado di fornire le tensioni previste con una corrente nominale di 1mA.





Perché è importante eseguirla?

Le prove di isolamento permettono di identificare correttamente la presenza di una problematica su una o più moduli o connessione (specialmente in condizioni ambientali particolari quali ad esempio umidità). In questo caso un cattivo isolamento coincide quasi sempre con un fermo dell'impianto, in quanto gli inverter tipicamente si arrestano per scarso isolamento per valori inferiori ai 200k Ohm. Una corretta diagnostica di isolamento permette quindi di ridurre al minimo i tempi di fermo impianto.



F

**Fotovoltaico: misura della curva IV
(categoria 2)**

Nel corso della vita dell'impianto può accadere che alcune celle si guastino, compromettendo il rendimento del modulo e, di conseguenza, dell'intera stringa. Occorre ricordare che la curva di funzionamento della stringa è determinata dalla curva del peggiore tra i moduli componenti la stringa stessa. Eventuali celle danneggiate abbassano ulteriormente il rendimento del modulo e della stringa, aumentando le perdite per mismatching.

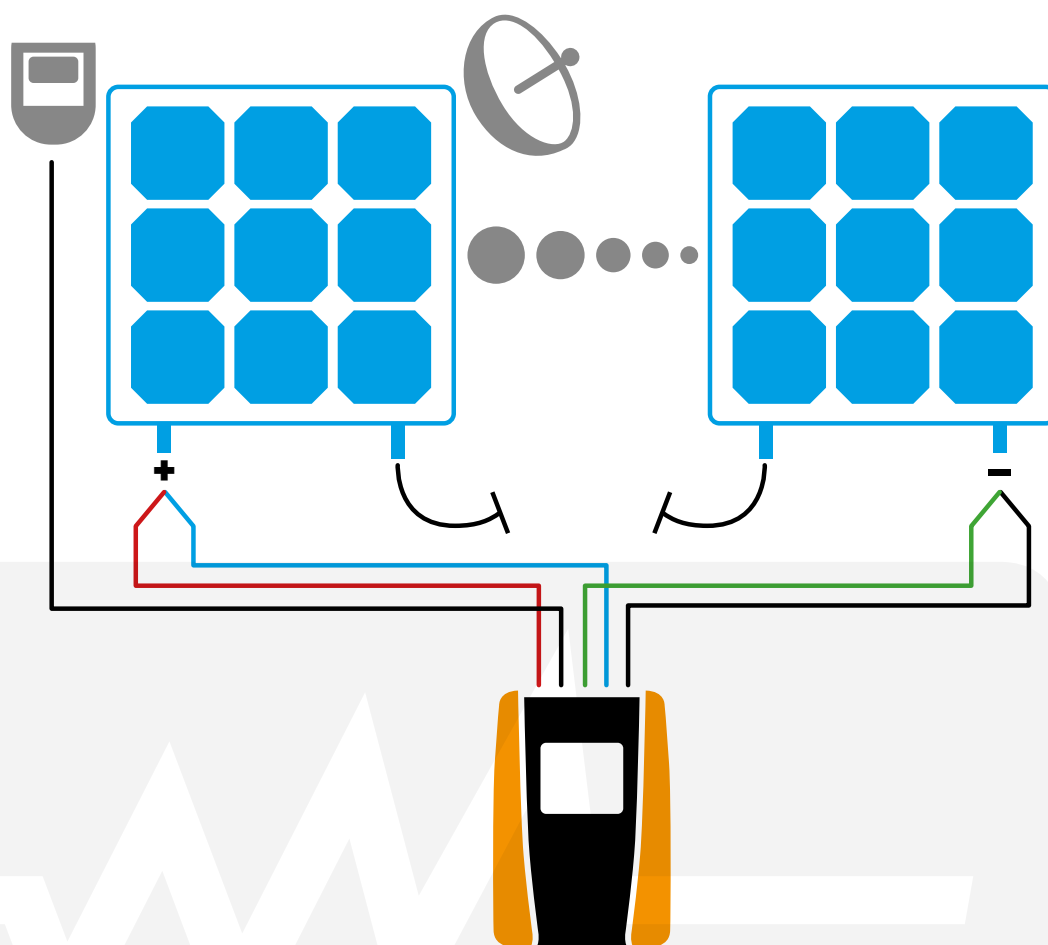
Ogni modulo FV è soggetto ad un inesorabile decadimento delle prestazioni (tipicamente garantito dal costruttore entro il 10..20% su 15.. 20 anni).

È bene quindi verificare periodicamente che la suddetta "garanzia" sia rispettata e conviene quindi verificare periodicamente l'efficienza dei moduli FV dell'impianto al fine di identificare immediatamente situazioni di sofferenza. Con la caratteristica I-V del modulo il costruttore fornisce una vera e propria carta di identità del modulo (fornendo informazioni relative alla corrente di corto circuito, alla tensione a vuoto ed alla generazione di potenza). È sufficiente quindi misurare la caratteristica I-V dei moduli installati e confrontare quanto ottenuto con la caratteristica dichiarata dal costruttore.

Cosa dice la norma?

La IEC 62446 prevede alcuni accorgimenti necessari al corretto rilievo della curva I-V:

- Irraggiamento sul piano dei moduli almeno 400W/m² (meglio se >600-700 W/m²).
- Misure effettuate in condizioni di radiazioni incidenti ortogonali (il più possibile) rispetto al piano dei moduli.
- Stringa in prova sezionata e collegata al dispositivo di prova della curva I-V.
- Strumento di prova programmato opportunamente con le caratteristiche dei moduli dichiarate dal costruttore.
- Misuratore di irraggiamento associato allo strumento per la curva I-V montato sullo stesso piano dei moduli e che abbia la stessa tecnologia della schiera di moduli in prova o sia adeguatamente corretto per le differenze di tecnologia.
- Strumento che calcoli le correzioni di temperatura (raccomandato) o in alternativa se usa una sonda termica per la cella, questa deve essere fissata a contatto con la parte posteriore del modulo e al centro di una cella che a sua volta sia al centro del modulo.



Al completamento della prova, si deve confrontare il massimo valore della potenza misurata con il valore nominale (in targa dati) della schiera di moduli in prova. Il valore misurato dovrebbe trovarsi entro i valori di tolleranza indicati per la potenza dei moduli in prova (insieme ad una tolleranza per la precisione dell'apparecchio di prova della curva I-V). Per sistemi con stringhe multiple identiche e dove sussistano condizioni di irraggiamento stabili, si devono confrontare le curve delle singole stringhe (sovrapposte). Le curve dovrebbero essere uguali (tipicamente entro il 5 % per condizioni di irraggiamento stabili). I costruttori normalmente dichiarano i valori a STC ovvero $1000\text{W}/\text{m}^2$, 25°C , AM 1.5, difficilmente riproducibili in campo. Diventa quindi essenziale che lo strumento sia in grado di traslare le condizioni rilevate sul campo OPC alle condizioni STC. La Normativa IEC/EN60891 descrive, tramite opportune equazioni, il procedimento per traslare i dati da OPC a STC.

Perché è importante eseguirla?

La verifica di curva I-V permette, in caso di scarso rendimento di un impianto, di verificare se uno o più moduli dello stesso sono affetti da problematiche e/o un degrado eccessivo rispetto a quanto dichiarato dal costruttore, ed in tal caso di poter intervenire tempestivamente sostituendo le parti dell'impianto danneggiate.

F

**Fotovoltaico: verifiche termografiche
(categoria 2)**

Lo scopo delle rilevazioni termografiche è quello di rilevare insolite variazioni di temperatura nel funzionamento di moduli FV sul campo. Tramite la termografia si possono individuare problemi all'interno dei moduli e/o della schiera di moduli, come celle a polarizzazione inversa, guasti dei diodi di derivazione, guasti della lega saldante, connessioni deboli e altre condizioni che portano a funzionamenti a temperature elevate localizzate.

ISTRUZIONI OPERATIVE

- Stringa di moduli nel modo di funzionamento normale (inseguitore del punto di massima potenza degli inverter).
- Irraggiamento sul piano della schiera superiore a 400 W/m^2 , meglio se $> 600 \text{ W/m}^2$ per assicurare che ci sia corrente sufficiente e far emergere le differenze di temperatura.
- Condizioni del cielo stabili.
- A seconda della costruzione / configurazione del montaggio dei moduli verificare quale sia il lato del modulo più significativo al fine della misura (normalmente la parte anteriore in vetro, in quanto il vetro ha una maggiore conducibilità termica che rende più evidente le variazioni di temperatura).
- Porre particolare attenzione ai diodi di blocco, alle scatole di giunzione, alle connessioni elettriche, o ad ogni problema della schiera di moduli specificamente identificato che mostri una differenza di temperatura visibile rispetto alla zona immediatamente circostante.
- Porre attenzione a non proiettare ombre sull' area in esame.

RISULTATI

La differenza di temperatura tra il punto di surriscaldamento localizzato e quello della schiera di moduli che funziona normalmente è fondamentale. Investigare le anomalie termiche tramite esami a vista o prove elettriche (es. rilievo curva I-V).

Perché è importante eseguirla?

Le verifiche termografiche permettono di avere un primo campanello d'allarme per quanto riguarda le problematiche dei moduli fotovoltaici. In caso di difformità termiche sulla superficie dei moduli, si può intervenire direttamente sulla stringa/modulo coinvolto andando poi ad eseguire delle prove elettriche specifiche volte ad indentificare con certezza il problema.

Q

Quadri e macchine

La normativa 61439 è composta da 8 parti come segue:

61439-0: È una guida su come redigere la specifica dei quadri

61439-1: Comprende tutte le regole generali che si applicano a tutti i quadri

61439-2: Quadri di potenza

61439-3: Quadri di distribuzione accessibili a persone non addestrate

61439-4: Quadri per cantiere

61439-5: Quadri per distribuzione reti pubbliche

61439-6: Sistemi di condotti sbarre

61439-7: Quadri per applicazioni specifiche

Le verifiche strumentali da eseguire sono dettagliate all'interno della parte 1 della norma.

La CEI EN IEC 61439-1 deve essere sempre applicata congiuntamente alla norma specifica di prodotto.

Esempio di Norme specifiche di prodotto citate:

- CEI EN IEC 61439; -2 ; -3 ; -4 ; -5 ; -6
- CEI EN 60204-1

La targa/ dichiarazione del quadro deve recitare: "Conforme a IEC 61439-1 e IEC61439-x" (la prima parte può essere sottointesa).

Campo di applicazione:

La norma si applica a QUADRI :

- progettati, costruiti e verificati in un singolo esemplare
- completamente standardizzati e costruiti in serie

Definizione di Quadro (Art. 3.1.1 CEI EN 61439-1)

Combinazione di uno o più apparecchi di protezione e manovra per bassa tensione, con gli eventuali dispositivi di comando, misura, segnalazione, protezione e regolazione con tutte le interconnessioni elettriche e meccaniche interne, compresi gli elementi strutturali di supporto.

La norma considera un quadro come un componente standard dell'impianto come ad esempio un interruttore o un presa, anche se è costituito dall'assemblaggio di più apparecchi e deve essere quindi conforme alla rispettiva norma di prodotto.

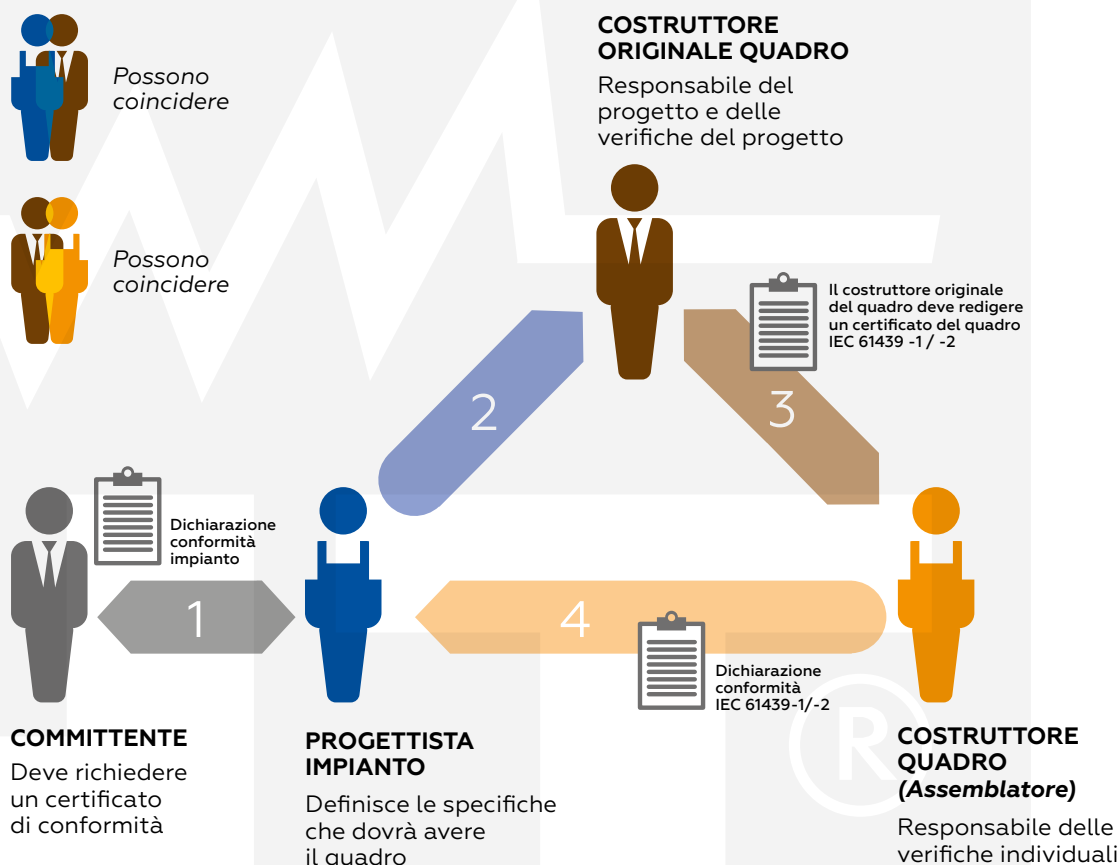
Responsabilità costruttore originale quadro e assemblatore:

Premesso che le due figure (peraltro molto spesso) possono coincidere, si distinguono le responsabilità individuali come segue:

Responsabile di progetto

- progettare il quadro/la linea di quadri desiderata;
- verificare "alcuni" prototipi di quel quadro/quella linea di quadri per dimostrare la rispondenza alle prescrizioni obbligatorie della Norma;
- eventualmente derivare dalle prove altri allestimenti attraverso il calcolo o ulteriori valutazioni o misurazioni e aggiungere ulteriori allestimenti ottenuti senza prove ma con "regole di progetto"
- infine raccogliere tutte le informazioni suddette e divulgarle: o al costruttore originale del quadro affinché possa realizzarlo, o al cliente finale affinché possa utilizzarlo correttamente ed effettuare opportuni controlli/manutenzione.

IEC EN 61439: OSSERVAZIONI



Assemblatore sarà responsabile:

- del montaggio (topografico) dei componenti nel rispetto delle istruzioni fornite
- di eseguire le verifiche individuali (collaudo) su ogni quadro realizzato
- di certificare il quadro (rilascio della dichiarazione di conformità).

VERIFICHE DI PROGETTO

Le verifiche di progetto, effettuate dal costruttore originale del quadro, hanno lo scopo di verificare alcuni prototipi di quel quadro/quella linea di quadri per dimostrare la rispondenza alle prescrizioni obbligatorie della Norma; Inoltre servono a raccogliere tutte le informazioni necessarie e divulgarle all'assemblatore affinché possa realizzarlo, oppure (in caso di quadro "custom" al cliente finale affinché possa utilizzarlo correttamente ed effettuare opportuni controlli/manutenzione).

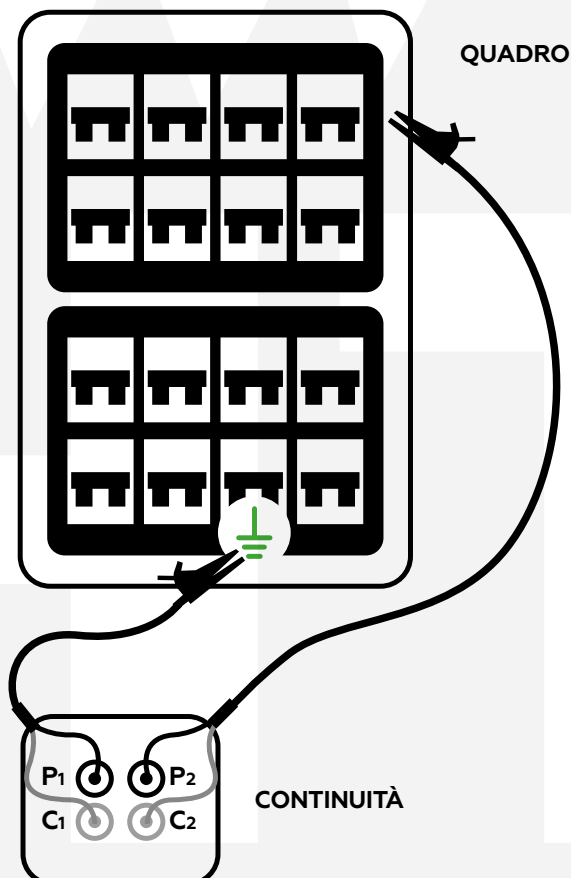
Per accertare la conformità del quadro la norma ammette 3 alternative tra loro equivalenti:

- 1) verifica con prove
- 2) verifica con calcoli
- 3) verifica con regole di progetto (deduzioni progettuali ecc...)

Per la verifica con prove, in particolare è possibile applicare la verifica tramite strumentazione elettrica per le seguenti prove:

Effettiva continuità della messa a terra tra le masse del Quadro e la barra di terra.

Verificare che le diverse masse del QUADRO siano effettivamente collegate al terminale per il conduttore di protezione esterno in entrata e che la resistenza del circuito non superi 0,1 Ohm. La verifica deve essere eseguita utilizzando uno strumento di misura della resistenza in grado di far circolare almeno 10 A (c.a. o c.c.).



Istruzioni Operative

- Testare tutti i conduttori di protezione ed equipotenziale
- Tempo prova non spec ..(tipic 2 s)
- Deve essere sempre $R < 0,1 \text{ Ohm}$
- Meglio se strumento a 4 terminali
(non necessita di compensazione dei cavi)

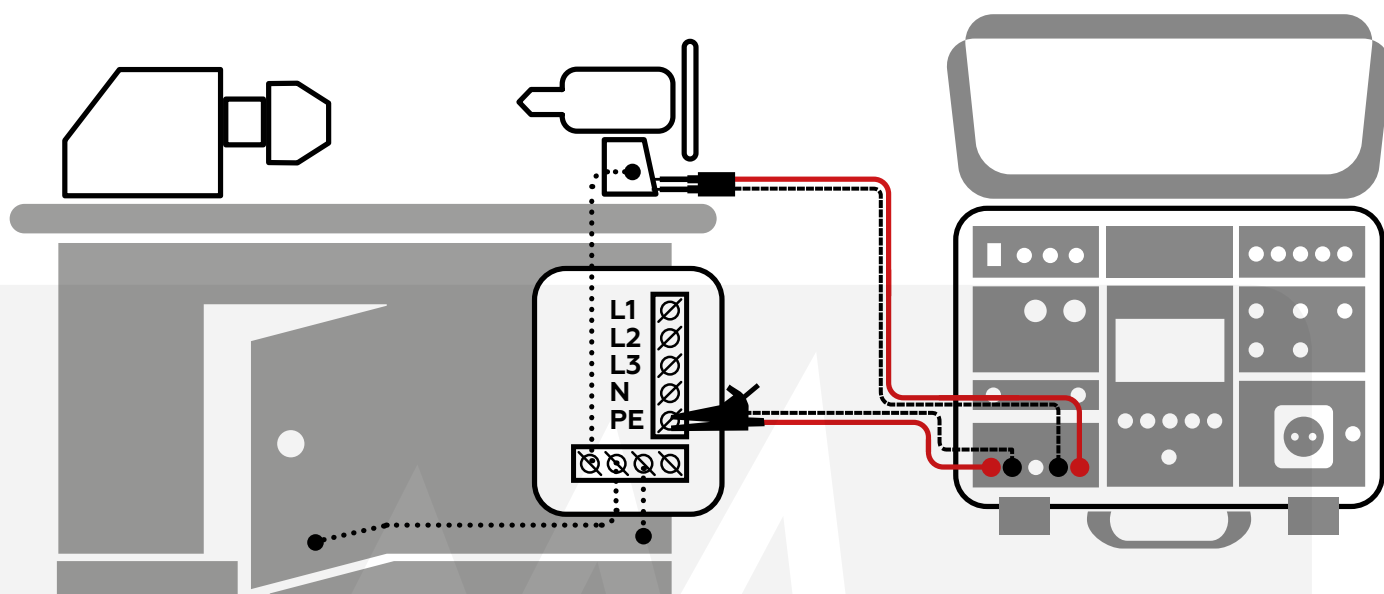


Fig. 27: Collegamento dei terminali di misura in funzione RPE-4WIRE.

Perché è importante eseguirla?

Le prove di continuità del conduttore di protezione consentono in caso di guasto con la conseguente messa in tensione di alcune parti normalmente fuori tensione (ad esempio la porta del quadro) di poter far intervenire le protezioni contro i contatti indiretti presenti nell'impianto, scongiurando il rischio di folgorazione.

Tensione di tenuta a frequenza industriale

Lo strumento utilizzato deve soddisfare i seguenti requisiti:
Sorgente Frequenza 50 Hz, Inom 100 mA, Icc 200 mA (IEC 61180-2).

I circuiti principali, ausiliari e di comando, che sono collegati al circuito principale, devono essere sottoposti alla tensione di prova in accordo con la Tab 8.

I circuiti ausiliari e di comando, sia in CA che in CC che NON sono collegati al circuito principale, devono essere sottoposti alla tensione di prova in accordo con la Tab 9.

Tabella 8 - Tensione di tenuta a frequenza di esercizio per i circuiti principali

Tensione nominale di isolamento U_i (tra le fasi in c.a. o in c.c.) V	Tensione di prova dielettrica in c.a. valore efficace V	Tensione di prova dielettrica ^b in c.c. V
$U_i \leq 60$	1000	1415
$60 < U_i \leq 300$	1500	2120
$300 < U_i \leq 690$	1890	2670
$690 < U_i \leq 800$	2000	2830
$800 < U_i \leq 1000$	2200	3110
$1000 < U_i \leq 1500^a$	-	3820

a: Solo per c.c.

b: Le tensioni di prova sono basate su 6.1.3.4.1, quinto capoverso, della IEC 60664-1.

Tabella 9 - Tensione di tenuta a frequenza di esercizio per i circuiti ausiliari e di comando

Tensione nominale di isolamento U_i (tra le fasi) V	Tensione di prova dielettrica in c.a. valore efficace V
$U_i \leq 12$	250
$12 < U_i \leq 60$	500
$60 < U_i$	Si veda la Tab.8

Istruzioni Operative:

- Occorre testare tutti i circuiti principali e ausiliari
- Generatore di Tensione collegato fra Terra e Conduttori attivi connessi assieme
- Rampa di Tensione 50%... 100% V_{test}
- Mantenimento per 60 s

Il test è superato se non ci sono scariche disruptive.

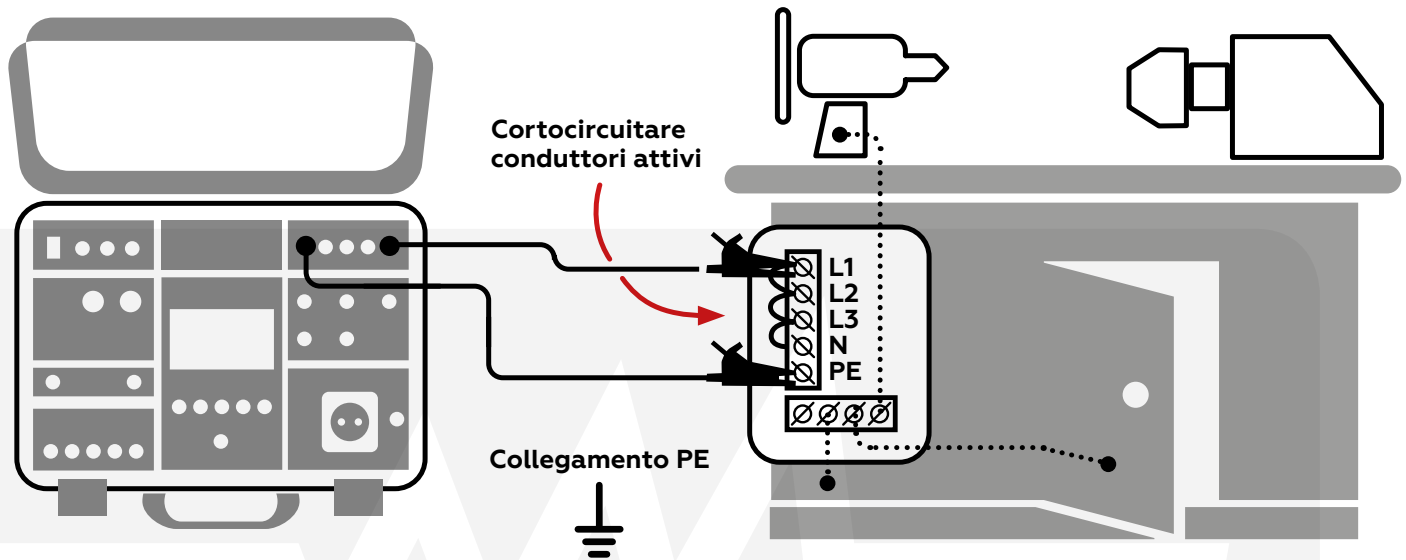


Fig. 39: Collegamento dei terminali per misura DIELECTRIC.

Perché è importante eseguirla?

Questa prova permette di verificare sia che i collegamenti di potenza che ausiliari siano corretti rispetto al conduttore di protezione. Inoltre permette di verificare il corretto isolamento di tutti i componenti del quadro in funzione della tensione verso terra del quadro.

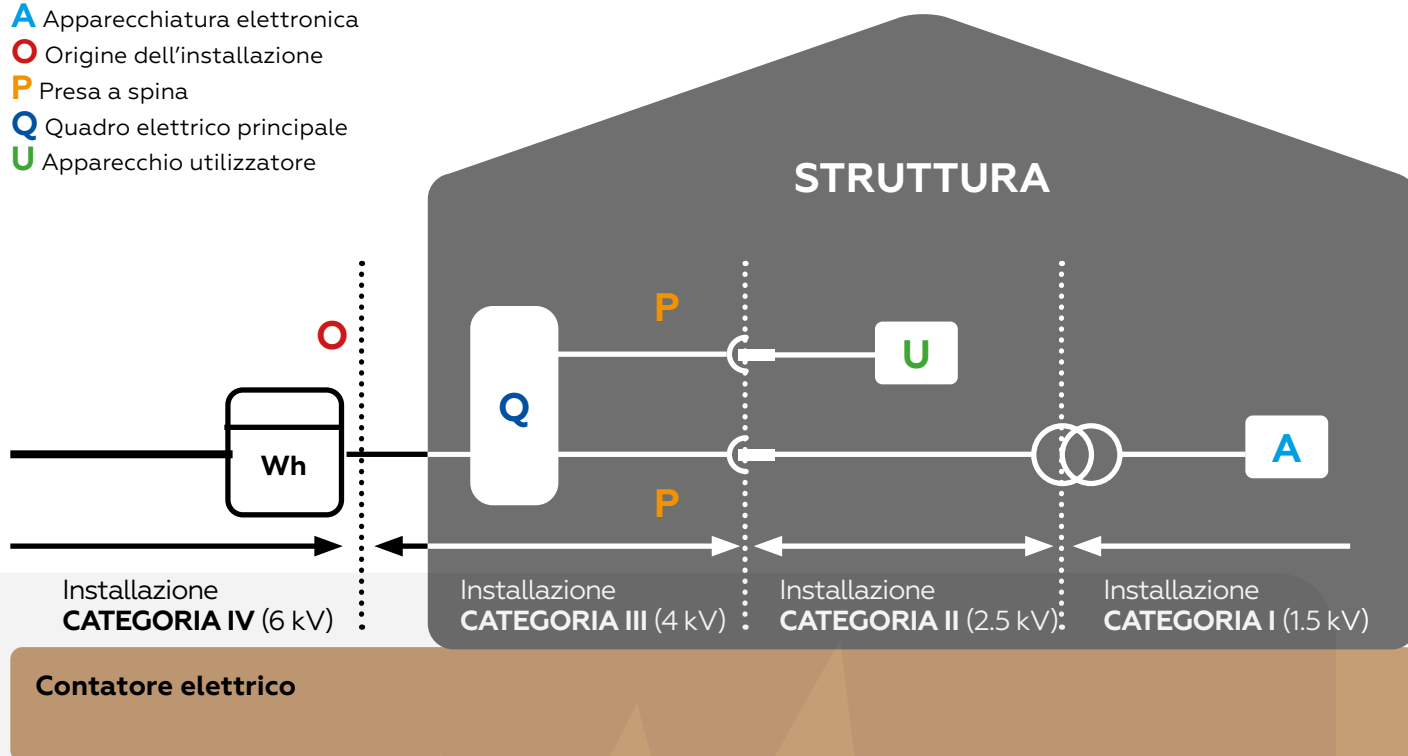
PROVA DI TENUTA AD IMPULSO

In sostituzione della prova a tenuta ad impulso, che richiederebbe l'utilizzo di un generatore di surge in grado di generare una serie di 5 impulsi a polarità invertita pari a $1,2/50\mu s$ il costruttore originale può eseguire, a sua discrezione, un'equivalente prova di tensione in c.a. Le caratteristiche dello strumento richieste (freq, I_{nom} ed I_{cc}) sono le medesime richieste nella prova di tenuta a frequenza industriale.

Step:

- Definire la categoria di sovratensione nella quale il quadro sarà installato (vedi disegno 1 sotto).
- Consultare la tabella G1 ed in funzione della tensione fase/terra del quadro e della sua categoria di sovratensione, identificare il valore della tensione di impulso.
- Verificare quindi sulla Tabella 10 il corrispondente valore di tensione in CA da applicare durante la prova.

- A Apparecchiatura elettronica
- O Origine dell'installazione
- P Presa a spina
- Q Quadro elettrico principale
- U Apparecchio utilizzatore



Contatore elettrico

I circuiti principali, ausiliari e di comando, che sono collegati al circuito principale, devono essere sottoposti alla tensione di prova in accordo con l'allegato G e la Tabella 10 della norma.

Tabella G.1 - Corrispondenza tra la tensione nominale del sistema d'alimentazione e la tensione nominale di tenuta a impulso dell'apparecchiatura

Massimo valore di tensione nominale di impiego verso terra in c.a. valore efficace o in c.c. V	Tensione nominale del sistema d'alimentazione (≤ della tensione nominale d'isolamento dell'apparecchiatura) V				Valori preferenziali della tensione nominale di tenuta a impulso (1,2/50 μs) a 2000m kV			
	 c.a. valore eff.	 c.a. valore eff.	 c.c. valore eff. o c.c.	 c.c. valore eff. o c.c.	Categoria si sovratensione			
					IV Livello all'origine dell'impianto (entrata servizio)	III Livello circuiti di distribuzione	II Livello carichi (apparecchi domestici, apparecchiature)	I Livello particolarmente protetto
50	-	-	12,5 24, 25, 30, 42, 48	-	1,5	0,8	0,5	0,33
100	66/115	66	60	-	2,5	1,5	0,8	0,5
150	120/208 127/220	115, 120, 127	110, 120	220-110, 240-120	4	2,5	1,5	0,8
300	220/380 230/400 240/415 260/440 277/480	220, 230 240, 260 270	220	440-220	6	4	2,5	1,5
600	347/600 380/660 400/690 415/720 480/830	347, 380, 400, 415, 440, 480, 500, 577, 600	480	960-480	8	6	4	2,5
1000	-	660, 690, 720, 830, 1000	1000	-	12	8	6	4

Tab. 10 - Tensioni di tenuta a impulso										
Tensione nominale di tenuta a impulso U_{imp} kV	Tensioni di prova ed altitudini corrispondenti durante la prova									
	$U_{1,2/50}$ c.a. (valore di picco) e c.c. kV					Valore efficace in c.a. kV				
	Livello del mare	200 m	500 m	1000 m	2000 m	Livello del mare	200 m	500 m	1000 m	2000 m
2,5	2,95	2,8	2,8	2,7	2,5	2,1	2,0	2,0	1,9	1,8
4,0	4,8	4,8	4,7	4,4	4,0	3,4	3,4	3,3	3,1	2,8
6,0	7,3	7,2	7,0	6,7	6,0	5,1	5,1	5,0	4,7	4,2
8,0	9,8	9,6	9,3	9,0	8,0	6,9	6,8	6,6	6,4	5,7
12,0	14,8	14,5	13,3	13,3	12,0	10,5	10,3	9,9	9,4	8,5

Istruzioni Operative

- Occorre testare tutti i circuiti principali e ausiliari
- No rampa di Tensione
- Mantenimento per 5 cicli (100ms con $f=50\text{Hz}$)
- Non ci devono essere scariche.

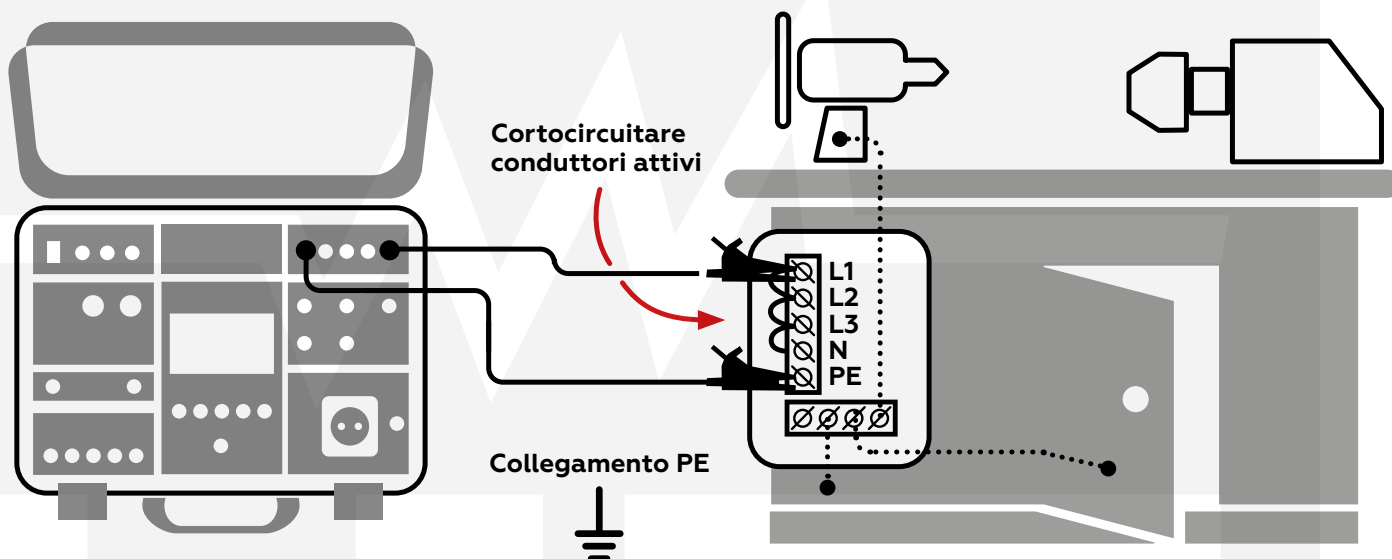


Fig. 39: Collegamento dei terminali per misura DIELECTRIC.

Perché è importante eseguirla?

Questa prova permette di verificare sia che i collegamenti di potenza che ausiliari siano corretti. Inoltre permette di verificare il corretto isolamento di tutti i componenti del quadro in funzione della categoria di sovratensione nella quale vengono installati.

Prova aggiuntiva per involucri in materiale isolante

Per gli involucri in materiale isolante si deve eseguire una prova dielettrica supplementare, applicando la tensione di prova in c.a. tra:

- un foglio metallico collocato all'esterno dell'involucro
- le parti attive e le masse, situate all'interno del QUADRO.

Per questa prova supplementare, la tensione di prova deve essere uguale a 1,5 volte i valori indicati in Tab. 8.

Tensione nominale di isolamento U_i (tra le fasi in c.a. o in c.c.) V	Tensione di prova dielettrica in c.a. valore efficace V	Tensione di prova dielettrica ^b in c.c. V
$U_i \leq 60$	1000	1415
$60 < U_i \leq 300$	1500	2120
$300 < U_i \leq 690$	1890	2670
$690 < U_i \leq 800$	2000	2830
$800 < U_i \leq 1000$	2200	3110
$1000 < U_i \leq 1500^a$	-	3820

a: Solo per c.c.

b: Le tensioni di prova sono basate su 6.1.3.4.1, quinto capoverso, della IEC 60664-1.

Se quadro 230/400 V → Tens. prova 1890 x 1,5 = 2835 V

Perché è importante eseguirla?

Questa prova permette di verificare la bontà dell'isolamento offerto dal materiale utilizzato per l'involucro, garantendo in caso di guasto verso terra che lo stesso non possa indurre un potenziale pericoloso.

VERIFICHE INDIVIDUALI

Le verifiche individuali hanno lo scopo di individuare i difetti nei materiali e nella fabbricazione e di accertare il corretto funzionamento del QUADRO assemblato. Esse sono eseguite su ogni QUADRO, ed il COSTRUTTORE del QUADRO deve stabilire se le verifiche individuali sono effettuate durante e/o dopo l'assemblaggio. Le verifiche individuali devono confermare che le verifiche di progetto siano correttamente verificate.

Verifiche Previste:

- Distanze d'isolamento in aria
- Distanze d'isolamento superficiali
- Tensione di tenuta a frequenza di esercizio
- Tensione di tenuta a impulso.



DISTANZE IN ARIA E SUPERFICIALI

Le misure prescritte, in relazione alle distanze d'isolamento superficiali, devono essere soggette ad un esame a vista.

Se non è sufficiente mediante un esame a vista, la verifica deve essere eseguita:

- con una misura fisica di distanza

OPPURE

- con una prova alla tensione di tenuta ad impulso (o equivalente).

NOTA: si applicano le considerazioni ed i livelli di tensione applicati nella prova di tenuta ad impulso per le verifiche di progetto (vedi pagina 33).

Tensione di tenuta a frequenza industriale

Deve essere eseguita una prova di tenuta a frequenza di esercizio su tutti i circuiti, ma rispetto alla verifica di progetto con una durata ridotta ad 1 s.

Questa prova NON deve essere eseguita sui circuiti ausiliari se:

- sono protetti da un dispositivo di protezione contro il cortocircuito con valore nominale ≤ 16 A
- è già stata eseguita in precedenza una prova di funzionamento elettrico alla tensione nominale d'impiego per cui i circuiti ausiliari sono progettati.

NOTA: Si applicano i livelli di tensione applicati nella tensione di tenuta a frequenza di esercizio.

NOTA: In sostituzione della prova di tenuta a frequenza di esercizio, per i quadri con protezione nominale in entrata fino a 630 A, si può eseguire la verifica della resistenza d'isolamento utilizzando uno strumento di misura dell'isolamento con una tensione di almeno 500 V c.c. In tal caso la prova si ritiene superata se la resistenza d'isolamento tra i circuiti e le masse è di almeno 1M Ω per ciascun circuito.

NOTA: verificare l'isolamento tra i conduttori attivi cortocircuitati e terra (come per le verifiche di progetto).

Tensione di tenuta ad impulso

In sostituzione della prova a tenuta ad impulso, che richiederebbe l'utilizzo di un generatore di surge in grado di generare una serie di 5 impulsi a polarità invertita pari a 1,2/50 μ s il costruttore originale può eseguire, a sua discrezione, un'equivalente prova di tensione in c.a. Le caratteristiche dello strumento richieste (freq, I_{nom} ed I_{cc}) sono le medesime richieste nella prova di tenuta a frequenza industriale.

NOTA: si applicano le considerazioni ed i livelli di tensione applicati nella prova di tenuta ad impulso per le verifiche di progetto (vedi pagina 33).



Q

Quadri e macchine

EN 60204: OSSERVAZIONI



Possono coincidere



Possono coincidere

COSTRUTTORE QUADRO (Assemblatore)

Responsabile delle verifiche individuali



Certificazione quadro IEC 61439-1/-2



Dichiarazione conformità macchina

1

COMMITTENTE MACCHINE

Deve richiedere un certificato di conformità



PROGETTISTA MACCHINE

Definisce le specifiche della macchina e quadro. Riceve la dichiarazione di conformità del quadro. Esegue le prove sulla macchina completa. Rilascia la dichiarazione di conformità.

2

4



Dichiarazione conformità IEC 61439-1/-2



COSTRUTTORE ORIGINALE QUADRO

Responsabile del progetto e delle verifiche del progetto

3

Il quadro del macchinario è un componente del macchinario stesso ed andrebbe certificato con la norma IEC 61439-1 + IEC 60204-1.

Verifiche previste:

Protezione contro i contatti indiretti	Continuità del conduttore di protezione. Risultati compatibili con lunghezza, sezione e materiale dei conduttori.
	Interruzione automatica dell'alimentazione: Sistemi TT: IEC 60364-6 (CEI 84/8-6) Sistemi TN: IEC 60364-6 (CEI 84/8-6)
Misura di isolamento	Test eseguito con tensione di prova 500V DC
Prova di tensione di tenuta a freq. ind.	Test eseguito con tensione di prova 1000VAC
Misura di tensione residua	Test sulla spina o sulla scarica delle capacità interne con tempi limite di 1s e 5s

PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI - SISTEMI TT

Le verifiche da effettuare sono in tal caso le medesime degli impianti elettrici, pertanto occorre eseguire, in accordo alla CEI 64-8/6:

- Verifica della continuità del circuito equipotenziale di protezione.
- Verifica dell'intervento della protezione differenziale.
- Misura o specifica della resistenza di terra.

CONTINUITÀ CIRCUITO DI PROTEZIONE EQUIPOTENZIALE - SISTEMI TT/TN

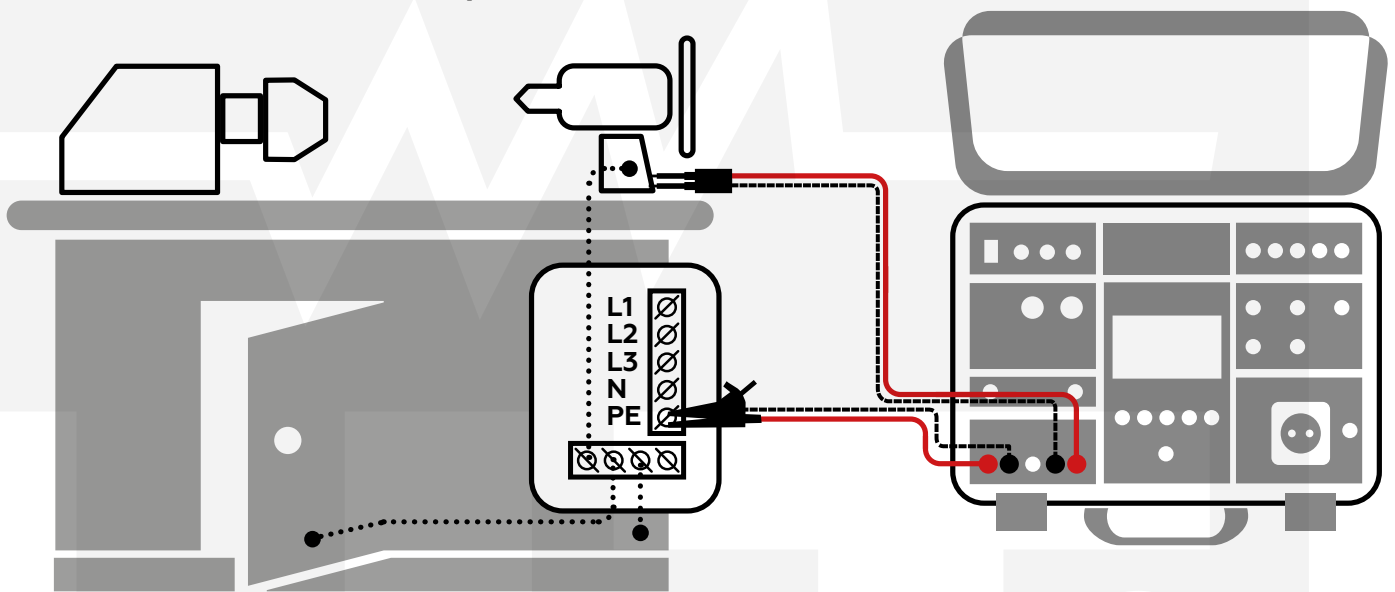
La norma chiede di misurare la resistenza di tutti i conduttori di protezione ed equipotenziali rispetto al terminale PE della macchina:

- Corrente di prova compresa tra 0,2A e 10A con massima tensione a vuoto di 24V AC o DC
- Non viene specificato nessun tempo di prova (tipicamente un tempo di prova >2s è sufficiente).

A differenza della prova di continuità sui quadri, la norma non impone un limite, ma afferma che i risultati devono essere compatibili con lunghezza, sezione e materiale dei conduttori.

Questo significa che possiamo utilizzare uno strumento che ci permetta di inserire le caratteristiche del nostro conduttore o in alternativa, in base alla propria esperienza, stabilire un limite di resistenza ragionevole tenendo presente $R = \rho * L/s$ dove rho è la resistività del materiale conduttore, L è la sua lunghezza ed s la sua sezione.

Istruzioni operative:



È consigliato il collegamento a 4 fili, in maniera tale da non rendere necessaria la compensazione dei cavi di prova.

È necessario testare tutte le connessioni di terra rispetto al terminale PE della macchina (su sezioni di cavo con diametro largo o cavi di lunghezza molto piccola, è preferibile utilizzare valori di corrente di test più elevati al fine di ottenere una maggiore risoluzione).

VERIFICA DELL'INTERRUZIONE AUTOMATICA DELL'ALIMENTAZIONE

Come per le verifiche sugli impianti elettrici CEI 64-8/6 verificare:

- Resistenza globale di terra
- Verifica intervento protezione delle protezioni differenziali

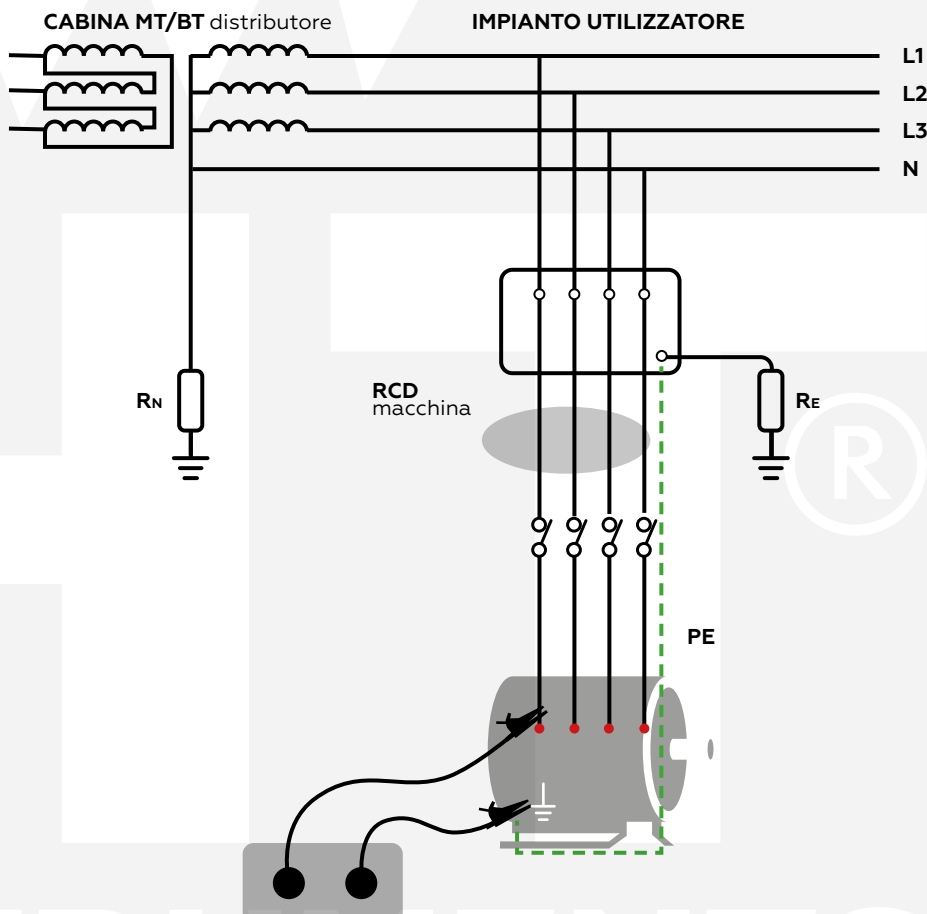
La protezione dai contatti indiretti deve essere garantita mediante un dispositivo di protezione differenziale, opportunamente dimensionato secondo le caratteristiche della macchina (ed esempio in funzione della presenza di filtri EMI) e secondo le caratteristiche dell'impianto elettrico di installazione.

RESISTENZA DI TERRA

PREMESSA: È importante premettere che la seguente verifica in particolare, deve essere eseguita sulla macchina installata nell'impianto dove si troverà ad operare. Essendo la misura della resistenza di terra strettamente legata all'impianto di terra dell'edificio in cui la macchina verrà installata, una prova in una diversa installazione (ad esempio nell'officina del costruttore) sarebbe perciò poco significativa. Sarà cura del costruttore dover dichiarare qual è il massimo valore di resistenza di terra consentita per l'installazione della macchina. Si procede collegandosi a valle della protezione differenziale e si effettua la misura di resistenza di terra con il metodo dell'anello di guasto.

ISTRUZIONI OPERATIVE

- Si alimenta la macchina.
- Si collega lo strumento subito a valle del differenziale e si effettua la misura.
- Si verifica se il risultato garantisce il coordinamento delle protezioni ovvero $R_e \cdot I_{dn} \leq U_t$ dove R_e è la resistenza di terra, I_{dn} la corrente nominale di intervento del differenziale e U_t la tensione di contatto massima (50V).



Perché è importante farlo?

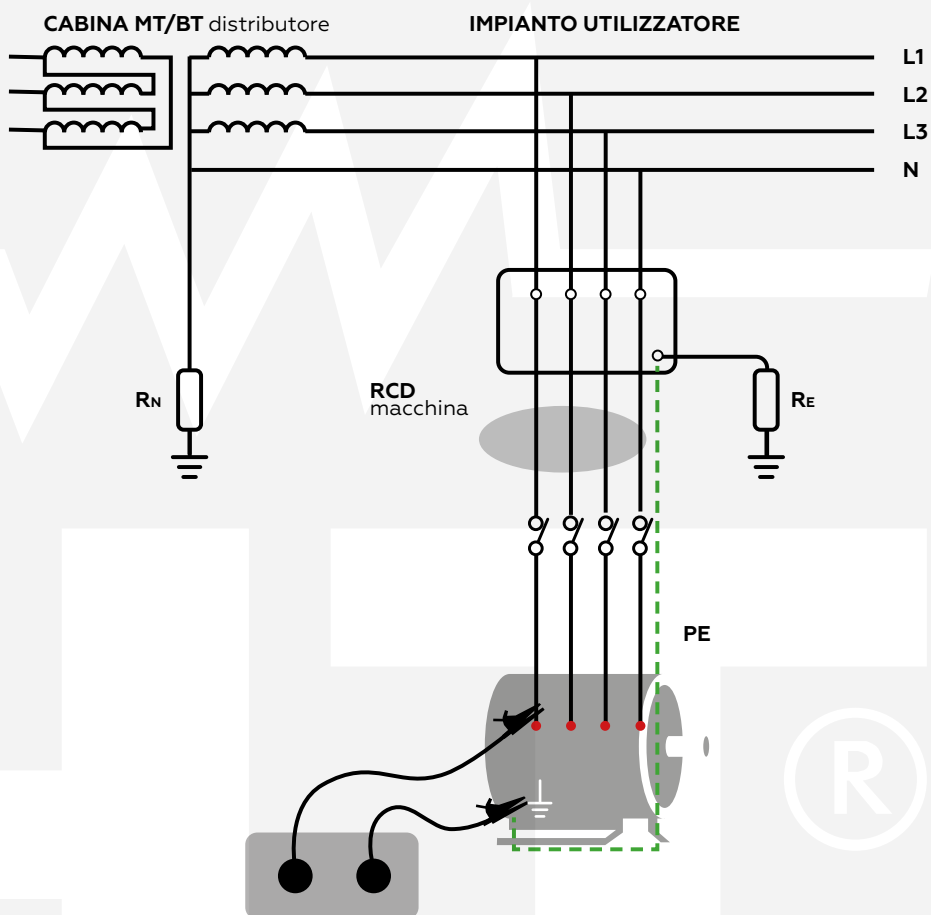
Quando si parla di una macchina installata in un impianto terzo è fondamentale conoscere il valore di resistenza di terra dell'impianto per verificare che, in caso di guasto verso terra, vi siano le condizioni affinché la protezione differenziale della macchina intervenga entro le tempistiche di riferimento (300ms per RCD generici a $I_{dn} \times 1$).

VERIFICA DELLA PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Si procede collegandosi a valle della protezione differenziale e si effettua la verifica dell'efficienza dell'RCD con un adeguato strumento in grado di far circolare la corrente nominale dello stesso con la forma d'onda corretta (A, AC, F, B, B+) ed allo stesso tempo in grado di monitorare la tensione di contatto U_t .

ISTRUZIONI OPERATIVE

- Si alimenta la macchina
- Si collega lo strumento subito a valle del differenziale, si effettua la misura e si registra il tempo di intervento.



Perché è importante eseguirla?

In caso di guasto a terra della macchina in questione, la cui massa normalmente non è in tensione, quest'ultima potrebbe venire indotta ad un potenziale pericoloso per l'operatore che si trovi ad utilizzarla. Verificando la perfetta efficienza sia dell'impianto di terra che del dispositivo differenziale, abbiamo la certezza che una volta che la corrente di guasto supererà il valore di corrente nominale del differenziale, questo interverrà proteggendo l'utente dalla tensione di contatto prima che questa diventi pericolosa ($>50V$).

PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI - SISTEMI TN

Come per le verifiche sugli impianti elettrici CEI 64-8/6 verificare:

- impedenza dell'anello di guasto e verifica del coordinamento delle protezioni

La protezione dai contatti indiretti deve essere garantita mediante un dispositivo di protezione contro le sovracorrenti (magnetotermico o fusibile) che interrompa l'alimentazione al circuito o all'equipaggiamento in caso di guasto tra una parte attiva e una massa o un conduttore di protezione entro una durata non superiore a 0.4s (se $U_0 = 230V$).

U_0 [V]	Durata max interruzione [s]
120	0.8
230	0.4
277	0.4
400	0.2
> 400	0.1
$U_0 =$ tensione nominale AC verso terra	

Tale prescrizione è soddisfatta se è verificata la condizione:

$$Z_s \times I_a \leq U_0 \text{ ovvero } I_a \leq U_0 / Z_s$$

Z_s = Impedenza anello di guasto

I_a = corrente che provoca l'intervento del dispositivo entro il tempo specificato

U_0 = tensione nominale AC verso terra

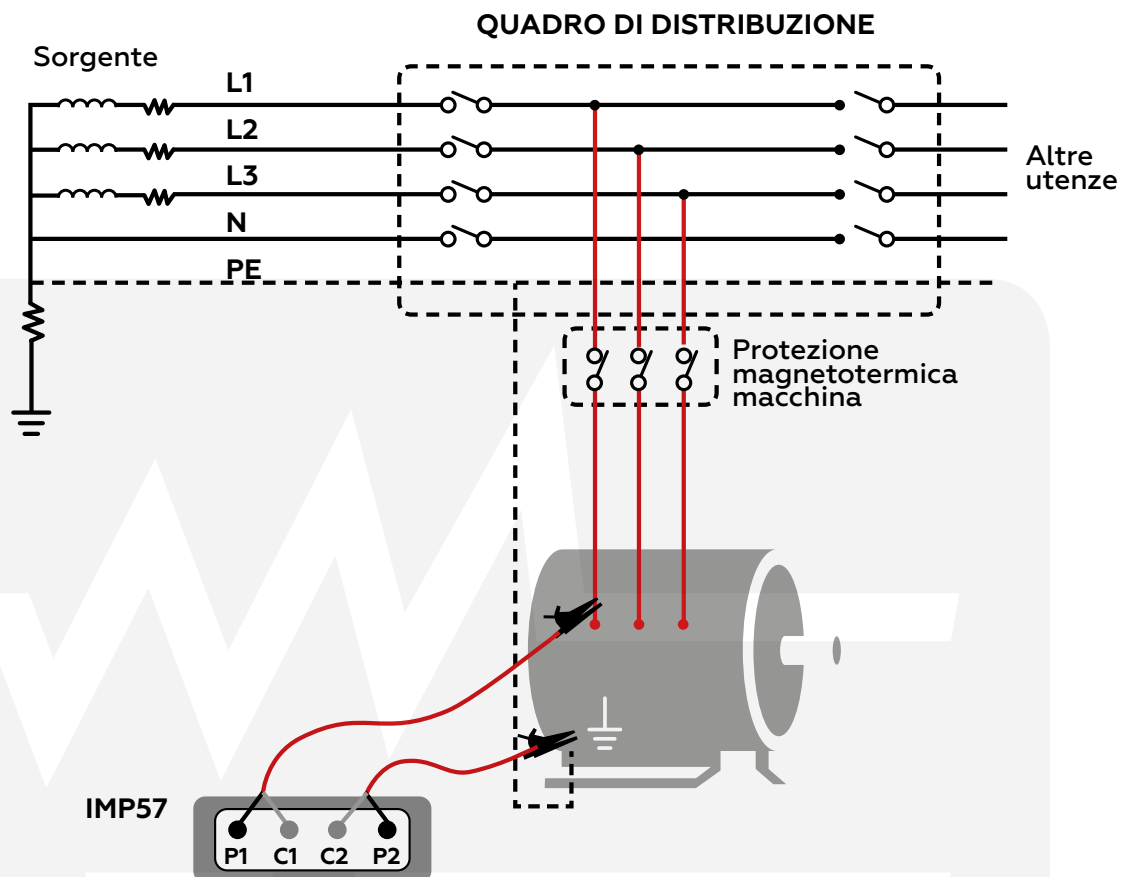
(U_0 / Z_s) = corrente di corto circuito minima presunta

ISTRUZIONI OPERATIVE

PREMESSA: È importante premettere che la seguente verifica in particolare, deve essere eseguita sulla macchina installata nell'impianto dove si troverà ad operare. Essendo la misura di impedenza strettamente legata alla linea di alimentazione, una prova in una diversa installazione (ad esempio nell'officina del costruttore) sarebbe perciò poco significativa. Sarà cura del costruttore dover dichiarare qual è la massima impedenza di linea consentita per l'installazione della macchina.

- Si alimenta la macchina
- Si collega lo strumento di misura nel punto più lontano rispetto al dispositivo di protezione (caso peggiore) e si misura l'impedenza Fase Terra
- Si calcola corrente di cortocircuito minima (v caso peggiore) in accordo a CEI EN 60909-0
- Si confronta il valore ottenuta con I_a

In funzione della caratteristica di intervento della protezione (ad esempio la curva del magnetotermico) si può determinare se in caso di guasto verso terra, la corrente di cortocircuito che circolerà (nel punto più lontano dalla sorgente di alimentazione --> e quindi con impedenza più alta) sarà sufficiente a far intervenire la protezione nel tempo massimo stabilito dalla norma (esempio 0,4s per $U_0=230V$).



Esempio: supponendo che la macchina sia protetta in ingresso da una interruttore magnetotermico con curva C da 32 A (intervento della protezione da caratteristica tra 5 e 10 I_n), se la corrente la calcolata sarà $>10I_n$ ovvero $>320A$ la prova sarà ritenuta OK, mentre per un valore inferiore la protezione, in caso di guasto potrebbe non intervenire.

Perché è importante eseguirla?

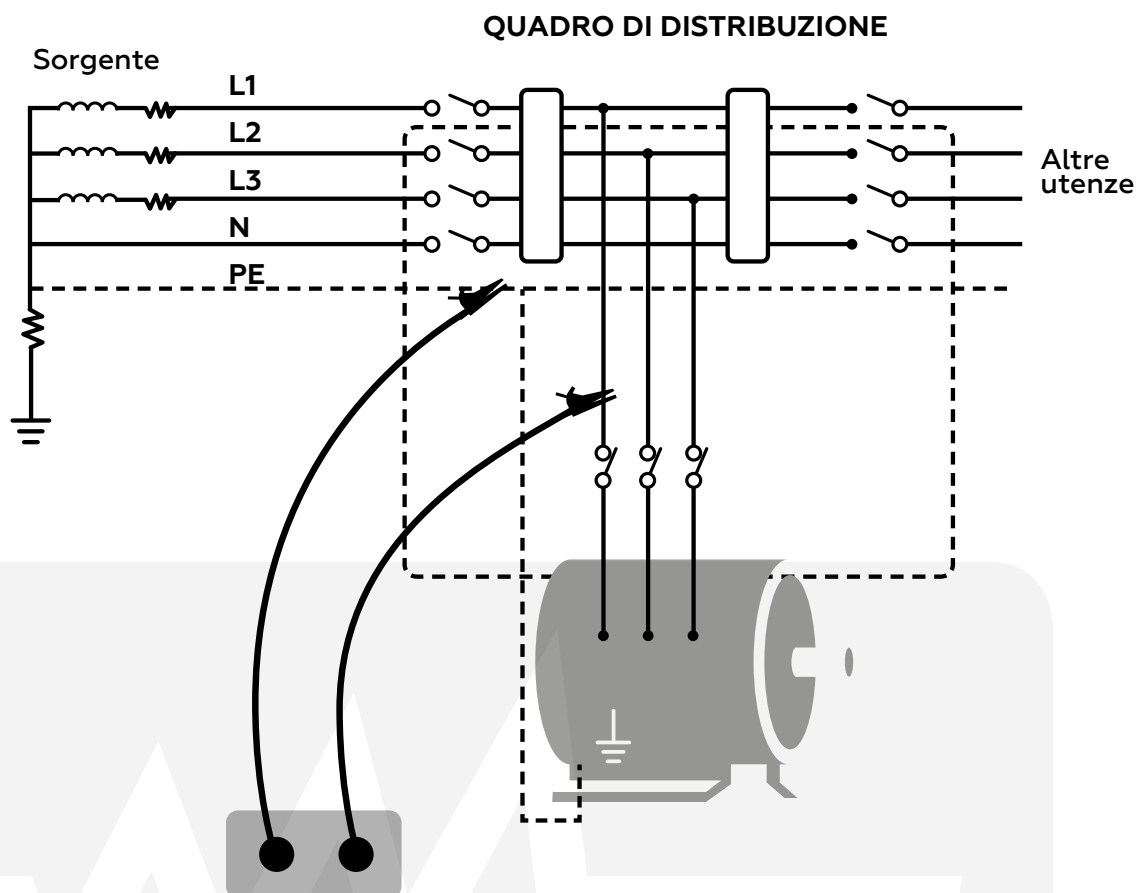
Prendendo ad esempio l'operatore che si trovi ad operare sulla macchina, in caso di guasto, la corrente che si genera tra la massa ed il punto di guasto, deve essere sufficiente a far intervenire la protezione magnetotermica o fusibile secondo i valori prescritti dalla normativa (tipicamente 0,4s per $U_0=230V$). Questo garantirà la protezione dell'operatore da un eventuale esposizione ad un potenziale pericoloso in caso di guasto.

VERIFICA ISOLAMENTO - SISTEMI TT/TN

La Normativa prescrive che la resistenza di isolamento tra i conduttori del circuito di potenza (L1, L2, L3, N) ed il circuito equipotenziale di protezione debba essere misurata con una tensione di prova di 500VDC ed il valore misurato non deve essere inferiore ad 1 MOhm.

ISTRUZIONI OPERATIVE

- Macchina scollegata dall'alimentazione.
 - Sezionare parti interne della stessa che potrebbero essere danneggiate dalla tensione di prova (ex parti elettroniche, PLC, ecc).
 - Si collega lo strumento fra il circuito equipotenziale di protezione ed i conduttori del circuito di potenza cortocircuitati tra loro.
 - La prova può essere effettuata su singole sezioni dell'installazione elettrica completa.
- Il valore misurato deve essere maggiore 1MOhm.



Perché è importante eseguirla?

La misura di isolamento garantisce sia la correttezza del cablaggio che la bontà degli isolamenti.

A differenza della misura di rigidità dielettrica, è una misura in DC non distruttiva, il cui scopo non è verificare la tenuta di un isolamento ed un eventuale suo cedimento, ma "quantificare" quanto è grande questo valore di isolamento. La norma richiede come requisito minimo il valore di 1 MOhm, ma tipicamente si possono misurare valori di decine o centinaia di MOhm che tipicamente aumentano all'aumentare della durata della prova.



Prove di tensione

La norma richiede di eseguire una prova di tensione (ridigità dielettrica) con una strumentazione conforme alla IEC 61180-2 (Sorgente 50 o 60Hz, $I_{nom} > 100mA$, $I_{cc} > 200mA$) alla frequenza di esercizio (50 o 60Hz).

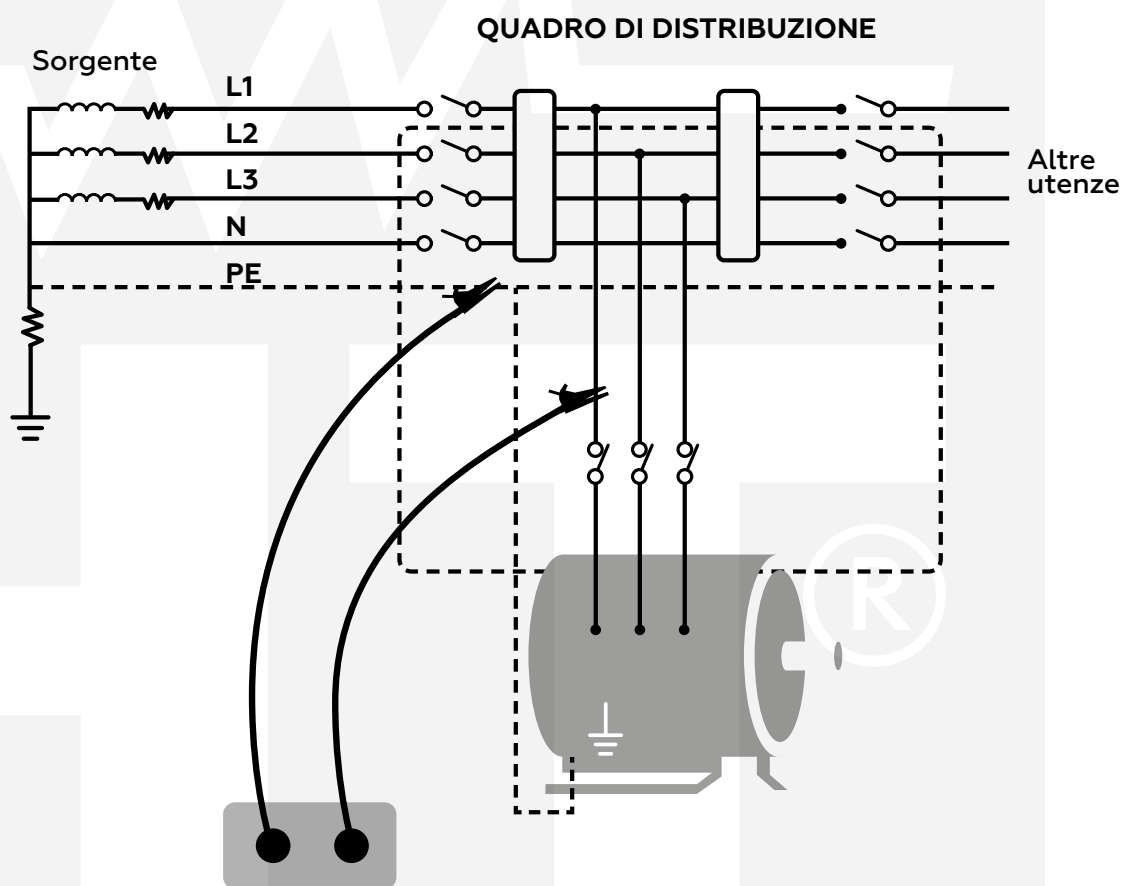
La prova deve essere eseguita tensione di prova 2x tensione nominale di esercizio o 1000V, scegliendo la maggiore tra le due.

I componenti e i dispositivi che non hanno caratteristiche nominali tali da resistere alla tensione di prova devono essere scollegati durante la prova. I componenti e i dispositivi sottoposti a prova di tensione in conformità alle loro norme di prodotto possono essere scollegati durante la prova.

Le prescrizioni sono rispettate se non si verificano scariche disruptive.

ISTRUZIONI OPERATIVE

- Macchinario non alimentato.
- Si collega lo strumento fra il circuito equipotenziale di protezione e i conduttori del circuito di potenza cortocircuitati tra loro.
- Si applica la tensione di prova per 1s.
- Non devono avvenire scariche.



Verifica tensioni residue

La Normativa prescrive: "le parti attive che dopo l'interruzione dell'alimentazione mantengono una tensione residua $> 60V$ (tipicamente le capacità interne) devono essere scaricate entro 5s dopo l'interruzione dell'alimentazione facendo attenzione che la caratteristica di scarica non disturbi il funzionamento della macchina.

In caso di spine o dispositivi simili la cui estrazione comporta l'esposizione al contatto con parti conduttrici, il tempo di scarica non deve superare 1s."

ISTRUZIONI OPERATIVE

- Macchina, inizialmente alimentata nelle condizioni di regime,
- Scollegare la macchina dall'alimentazione verificando che la tensione sulle parti interne o sulle spine scenda sotto i 60V entro i limiti temporali specificati (5s per macchine collegate permanentemente o 1s per spine).

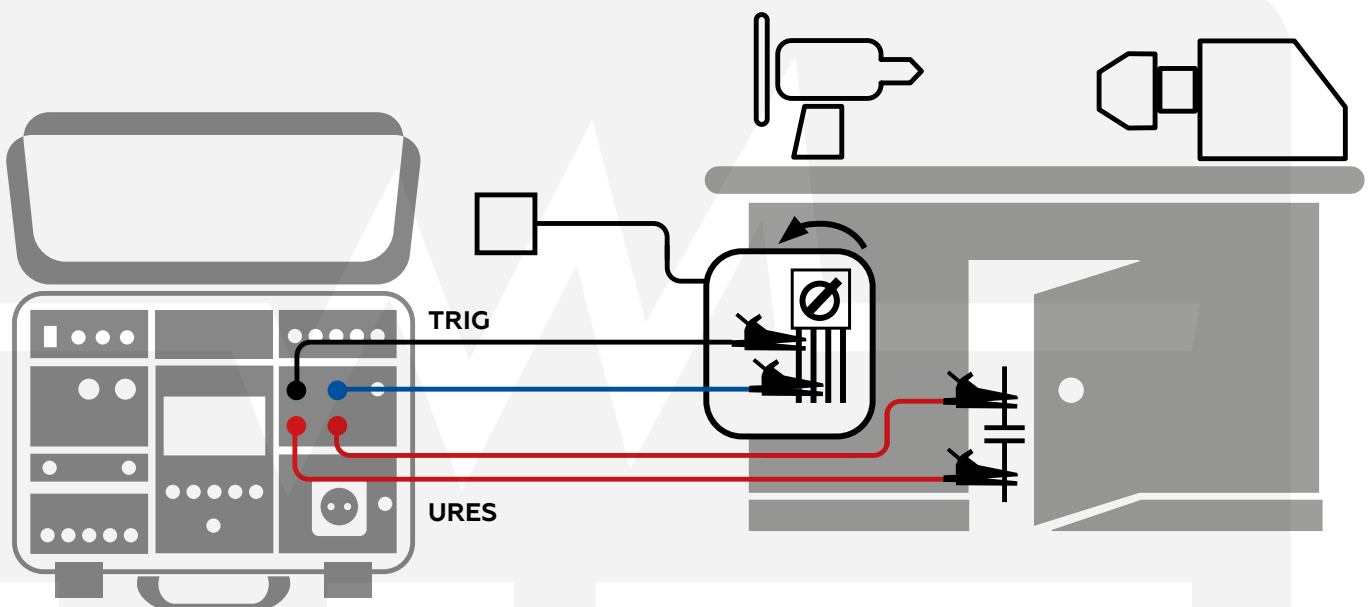


Fig. 59: Collegamento per misura URES INT su macchine collegate in modo fisso.

Quando la caratteristica di scarica specificata può interferire con il funzionamento corretto dell'equipaggiamento, deve essere posto un avviso durevole, che attiri l'attenzione sui pericoli e che indichi il ritardo richiesto prima che l'involucro possa essere aperto; esso deve essere posto in posizione facilmente visibile o nelle immediate vicinanze dell'involucro contenente le capacità.

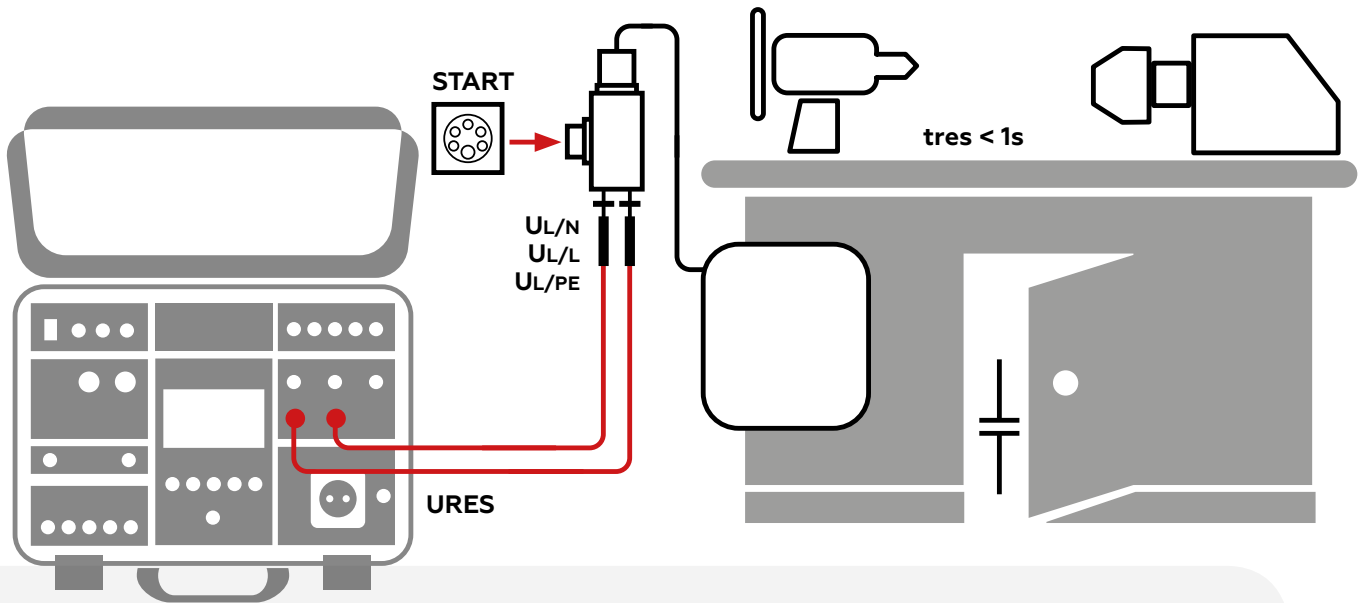


Fig. 60: Collegamento dei terminali di misura nella misura URES PLUG.

In caso di spine, o dispositivi analoghi, la cui estrazione comporta l'esposizione al contatto di conduttori (per es., gli spinotti) ed il tempo di scarica non deve superare 1 s.

Altrimenti tali conduttori devono essere protetti contro i contatti diretti con un grado di protezione pari almeno a IP2X o IPXXB. Se non si riesce ad ottenere un tempo di scarica pari a 1 s, né un grado di protezione pari almeno a IP2X o IPXXB, si deve provvedere con apparecchi di interruzione supplementari, oppure con un dispositivo di avvertimento adeguato (per es., mediante un avviso adeguato a resistere alle condizioni ambientali previste nell'installazione).

Perché è importante eseguirla?

Questa prova permette di identificare un eventuale rischio elettrico su parti accessibili dall'operatore anche con macchina scollegata, potendo eventualmente intraprendere le opportune operazioni (ad esempio apponendo targhe di pericolo e di attesa prima di accedere alle parti attive).

E

Qualità della fornitura dell'energia elettrica

Lo scopo della norma EN50160 è definire e descrivere le caratteristiche della tensione di alimentazione riguardanti la frequenza, ampiezza, forma d'onda e simmetria delle tensioni di linea. Questi parametri sono soggetti a variazioni durante il normale esercizio di un sistema di alimentazione a seguito di variazioni di carico, di disturbi generati da determinate apparecchiature e del verificarsi di guasti che sono principalmente causati da eventi esterni. Alcuni dei fenomeni che incidono sulla tensione sono particolarmente imprevedibili, il che rende molto difficile dare valori utili definiti relativi alle caratteristiche corrispondenti. Una analisi si rende quindi necessaria al fine di identificare nel tempo e nell'intensità, tutti i fenomeni di disturbo della tensione di rete.

FREQUENZA DI RETE

Valore medio della Frequenza (ottenuto come media dei valori su 10 sec):

- per sistemi interconnessi:
50Hz \pm 1% durante il 95% dei valori registrati in una settimana
50Hz + 4%, -6% durante il 100% dei valori registrati in una settimana
- per sistemi in Isola:
50Hz \pm 2% durante il 95% dei valori registrati in una settimana
50Hz \pm 15% durante il 100% dei valori registrati in una settimana

VARIAZIONI DI TENSIONE

Escludendo le interruzioni di alimentazione della tensione (ottenuto come media di valori rilevati su 10 minuti), il valore della Tensione deve risultare entro i seguenti limiti:

- $V_{nom} \pm 10\%$ durante il 95% dei valori di una qualunque settimana
(V1 95%, V2 95%, V3 95%)
- $V_{nom} + 10\%$, $V_{nom} - 15\%$ durante il 100% dei valori di una qualunque settimana
(V1 100%, V2 100%, V3 100%)

DISIMMETRIA

U_2 (Rapporto fra la sequenza Inversa e quella diretta) $\leq 2\%$ durante il 95% dei valori di una qualunque settimana

FLICKER

PLT (Long Term Flicker severity) ≤ 1 durante il 95% dei valori di una qualunque settimana.

DISTORSIONE TOTALE (THD%)

Ottenuto come somma della Armoniche di Tensione:

$THDv\% \leq 8\%$ durante il 95% dei valori registrati di una qualunque settimana.

ARMONICHE DI TENSIONE

$Vh\% \leq VhLIM$ durante il 95% dei valori registrati di una qualunque settimana.

Armoniche Dispari				Armoniche Pari	
Non multiple di 3		Multiple di 3			
Ordine	Valori % Max	Ordine	Valori % Max	Ordine	Valori % Max
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1,5	4	1
11	3,5	15	0,5	6..24	0,5
13	3	21	0,5		
17	2				
19	1,5				
23	1,5				
25	1,5				
Limits value (VhLIM%) for voltage harmonics (Vh%)					



HT ITALIA S.R.L.

Via della Boaria, 40 48018 Faenza (RA) Italia

T +39 0546 621002 | **F** +39 0546 621144

M ht@ht-instruments.com | ht-instruments.com