

## **Contatti indiretti**

### **Premessa**

Nel presente articolo è trattata l'installazione degli interruttori differenziali modulari per la protezione delle persone dai contatti indiretti nell'edilizia residenziale. Per soddisfare le condizioni richieste dalla Norma CEI 64-8 per la protezione contro i contatti indiretti (coordinamento tra il dispositivo di interruzione automatica e la resistenza dell'impianto di terra), risulta in pratica sempre necessaria l'installazione di interruttori differenziali; di conseguenza l'interruttore generale, o gli interruttori derivati, di tipo magnetotermico, devono di regola essere coordinati con interruttori di tipo differenziale.

### **Protezione contro i contatti indiretti**

Contatto indiretto è il contatto di persone con una massa in tensione per un guasto, dove per massa si intende parte conduttrice di un componente elettrico che può essere toccata e che non è in tensione in condizioni ordinarie, ma che può andare in tensione in condizioni di guasto.

La protezione contro i contatti indiretti nell'edilizia residenziale si ottiene mediante interruzione automatica dell'alimentazione. Questa misura di protezione richiede il coordinamento tra il modo di collegamento a terra del sistema e le caratteristiche dei conduttori di protezione e dei dispositivi di protezione.

Tutto ciò per ridurre, o eliminare!, in caso di guasto, gli effetti fisiologici dannosi in una persona a causa del valore e della durata della tensione di contatto.

### **Sistema di distribuzione TT**

Generalmente gli edifici destinati ad edilizia residenziale, nonché le singole unità immobiliari, sono alimentati direttamente dalla rete di distribuzione pubblica in bassa tensione esercita come sistema TT.

Il sistema TT ha un punto collegato direttamente a terra e le masse dell'impianto collegate ad un impianto di terra elettricamente indipendente da quello del collegamento a terra del sistema di alimentazione come indicato in Figura 1.

La corrente di guasto si chiude come indicato in Figura 2, in cui si può osservare che l'anello di guasto comprende generalmente la terra su una parte del suo percorso. La corrente di guasto, essendo fortemente limitata soprattutto dalla resistenza di terra dell'impianto utilizzatore  $R_t$  e della cabina di trasformazione  $R_n$ , non raggiunge in genere un valore sufficiente a far intervenire nei tempi richiesti i dispositivi di protezione contro le sovracorrenti (interruttori magnetotermici). Si rende pertanto praticamente necessaria l'installazione di interruttori differenziali. Infatti, con soglie di intervento di qualche decina di milliampere la resistenza di terra dell'impianto utilizzatore può raggiungere valori anche elevati.

In questi impianti le caratteristiche richieste all'impianto di terra sono soprattutto la durata e l'affidabilità, piuttosto che un valore di resistenza molto basso.

Viene ricordato che tutte le masse protette contro i contatti indiretti dallo stesso dispositivo di protezione a corrente differenziale devono essere collegate allo stesso impianto di terra.

### Interruzione dell'alimentazione

L'interruttore differenziale deve interrompere automaticamente l'alimentazione al circuito o al componente elettrico, che lo stesso interruttore differenziale protegge contro i contatti indiretti, in modo che, in caso di guasto, nel circuito o nel componente elettrico, tra una parte attiva e una massa o un conduttore di protezione, non possa persistere, per una durata sufficiente a causare un rischio di effetti fisiologici dannosi in una persona in contatto con parti simultaneamente accessibili, una tensione di contatto presunta superiore a 50V valore efficace in c.a.

50Vc.a. è il valore della tensione totale di terra più elevato accettabile ( $U_t$ ).

Per gli impianti in ambienti particolari, come, nel caso specifico del settore residenziale, possono essere i locali adibiti ad uso medico, la tensione di contatto limite convenzionale deve essere limitata a 25Vc.a.

Deve essere soddisfatta la seguente condizione:

$$R_a * I_{dn} < 50$$

dove:

- $R_a$  è la somma delle resistenze del dispersore e dei conduttori di protezione delle masse, in ohm;
- $I_{dn}$  è la corrente nominale differenziale che provoca il funzionamento automatico dell'interruttore differenziale, in A.

Al posto del valore  $R_a$  (resistenza del dispersore + resistenza del conduttore di protezione) può essere preso in considerazione il solo valore della resistenza del dispersore (resistenza di terra,  $R_t$ ). Questa semplificazione è giustificata dal fatto che la resistenza del conduttore di protezione è trascurabile rispetto a quella del dispersore.

L'uso generalizzato di protezioni differenziali rende agevole l'ottenimento del valore richiesto per la resistenza di terra.

Infatti, con un interruttore differenziale avente corrente differenziale nominale  $I_{dn} = 0,5A$ , deve essere:

$$R_t < 100\text{ohm} \quad (50 / I_{dn} = 50 / 0,5).$$

Se invece l'impianto fosse protetto per esempio da un interruttore automatico avente corrente nominale di 16A, con corrente di funzionamento entro 5s di 90A ( $I_a$ ), la resistenza di terra dovrebbe essere:

$$R_t < 0,56\text{ohm} \quad (50 / I_a = 50 / 90).$$

In questo caso il valore da ottenere per la resistenza di terra risulta molto basso e difficile da ottenere, pertanto si rende praticamente necessario, per il sistema TT, l'uso di interruttori differenziali come dispositivi di protezione.

Nel sistema TT un guasto tra una fase e una massa provoca quindi la circolazione di una corrente di guasto che dipende dall'impedenza dell'anello di guasto, costituita essenzialmente dalla resistenza di terra delle masse e del neutro essendo la somma di queste resistenze preponderante rispetto agli altri elementi dell'anello di guasto.

In generale, mentre i dispositivi di protezione contro le sovracorrenti non sono adatti a soddisfare la precedente condizione, dal momento che la resistenza di terra delle masse dovrebbe assumere valori molto bassi, difficilmente realizzabili in pratica, i dispositivi di protezione a corrente differenziale, sia di tipo generale che di tipo S, sono adatti per assicurare la protezione contro i contatti indiretti nei sistemi TT.

### **Resistenza di terra e valutazione approssimativa del contributo di dispersori intenzionali**

Quando il progetto dell'impianto di terra richiede un valore non troppo basso della resistenza, come nel caso di impianti TT dotati di differenziali, il valore della resistività del terreno può essere accettabilmente stimato sulla base della Tabella 1 noto il tipo di terreno ove deve venire installato il dispersore. I valori che si leggono nella tabella sono, prudenzialmente, i più elevati.

Quando invece il progetto dell'impianto di terra ha maggiori esigenze, ad esempio negli impianti con cabina di trasformazione e forti correnti di guasto sul lato MT, può sorgere l'esigenza di una più corretta conoscenza della resistività del terreno. In questi casi si deve procedere con il rilievo strumentale.

In sede di progetto non è sempre agevole determinare a priori il valore della resistenza di terra, data la presenza di molti fattori variabili; ci si può allora basare in prima approssimazione su alcune formule empiriche che permettono di determinare a grandi linee il dimensionamento dell'impianto; si tratta poi ad impianto eseguito, di effettuare delle misure di controllo ed eventualmente, se la resistenza di terra risultasse superiore al valore desiderato, aggiungere altri elementi dispersori.

In prima approssimazione la resistenza di un dispersore può essere calcolata con le seguenti formule:

a) resistenza di un dispersore verticale (dispersori a picchetto):

$$R_d = \text{resistività} / L$$

dove L è la lunghezza del picchetto, in m;

b) resistenza di un dispersore orizzontale (dispersori rettilinei cordati posati orizzontalmente):

$$R_d = 2 * \text{resistività} / L$$

dove L è la lunghezza dell'elemento a contatto con il terreno, in m.

Viene ricordato che la resistenza di terra diminuisce all'aumentare della profondità di posa.

In entrambe le formule, resistività rappresenta la resistività del terreno in  $\text{ohm} \cdot \text{m}$ ; tale resistività può essere desunta dalla Tabella 1.

Altri elementi possono costituire il sistema dei dispersori, ma una trattazione dettagliata dell'argomento esula dallo scopo dell'articolo. Comunque, il non considerarli nei calcoli, pur realizzandoli, è un'ipotesi a favore della sicurezza. Infatti, aumentando il numero e il tipo dei dispersori la resistenza di terra diminuisce.

### Progetto dell'impianto di terra

Nel progetto dell'impianto di terra deve essere specificato con quali parametri si è dimensionato l'impianto. La resistenza di terra calcolata del dispersore è da intendersi puramente indicativa e non esclude la necessità della verifica finale con misure dirette, al contrario dati ottenuti da misure dirette possono escludere i calcoli.

Di seguito viene riportata una procedura schematica per il progetto dell'impianto di terra di un edificio residenziale alimentato direttamente dalla rete di distribuzione pubblica in bassa tensione con modo di collegamento a terra TT. I valori da inserire sono quelli sull'impianto.

a) Valutazione del valore della corrente  $I_{dn}$  che provoca il funzionamento automatico del dispositivo di protezione a corrente differenziale (valore più alto, ipotesi cautelativa):

$$I_{dn} = \dots \text{ A}$$

b) Scelta del valore della tensione totale di terra più elevato accettabile:

$$U_t = 25\text{V per locali ad uso medico}$$

$$U_t = 50\text{V per tutti gli altri ambienti}$$

c) Determinazione del valore più elevato accettabile per la resistenza di terra, in funzione del valore di  $U_t$  adottato:

$$R_t = U_t / I_{dn} = \dots \text{ ohm}$$

d) Determinazione della resistività del terreno da esperienze in zone limitrofe, da tabelle sulla base del tipo di terreno (vedi Tabella 1), da misure effettuate:

$$\text{resistività} = \dots \text{ ohm}\cdot\text{m}$$

e) Computo della resistenza  $R_d$  dei dispersori previsti (elementi intenzionali verticali o orizzontali) con le formule sopra riportate:

$$R_d = \dots \text{ ohm}$$

f) Deve risultare (valutazione orientativa):

$$R_d < R_t$$

Se la condizione non è soddisfatta, aumentare il numero dei dispersori e rifare i calcoli.

## **Dispositivi differenziali e loro installazione**

Gli interruttori differenziali assumono una notevole importanza nella protezione degli impianti dai contatti accidentali fra le parti sotto tensione e la massa.

Un interruttore differenziale conforme alla Norma CEI 23-18, deve assicurare l'interruzione di tutti i conduttori attivi del circuito protetto e anche il neutro.

Gli interruttori differenziali vanno installati in linea di massima subito a valle del punto di misura dell'ente distributore dell'energia. Nel caso in cui l'utilizzazione si trovi però ad una certa distanza dal punto di fornitura, ad esempio un appartamento situato in un condominio, sorge il problema di dove installare l'interruttore differenziale: a valle del punto di consegna o nel quadro dell'appartamento.

Se l'interruttore differenziale è installato sul quadro dell'appartamento e a monte non esiste alcuna massa da proteggere: va bene.

Se l'interruttore differenziale è installato nel quadro dell'appartamento, ma il tubo protettivo della colonna montante è metallico: va male, il tubo non è protetto contro i contatti indiretti. Lo stesso dicasi per un guasto a terra nel quadro elettrico a monte dell'interruttore differenziale. E' necessario installare un altro interruttore differenziale subito a valle del contatore dell'ente distributore.

In generale, se un impianto è protetto mediante un solo dispositivo differenziale, questo deve essere posto all'inizio dell'impianto, a meno che la parte di impianto compresa tra l'origine ed il dispositivo non comprenda masse.

Occorre tener presente che l'interruttore differenziale può proteggere una persona da un contatto accidentale fra una parte in tensione e la terra, ma non dal contatto tra due conduttori a tensione diversa; in quest'ultimo caso infatti la corrente ritorna attraverso un altro conduttore di linea e non modifica l'equilibrio delle correnti all'interno dell'interruttore.

E' opportuno ricordare anche che, secondo l'Art. 5, Comma 8, del Regolamento di attuazione della Legge 46/90, si considerano adeguatamente protetti contro i contatti indiretti gli impianti elettrici non provvisti di impianto di terra, già realizzati alla data di entrata in vigore della stessa Legge, i cui circuiti vengano protetti con interruttore differenziale avente corrente differenziale nominale non superiore a 30mA. Attenzione, ciò è valido solo per gli impianti preesistenti e non per le nuove installazioni. Infatti l'uso di dispositivi differenziali associati a circuiti che non siano provvisti di conduttore di protezione non deve essere considerato come una misura di protezione sufficiente contro i contatti indiretti, anche se la corrente nominale di intervento non supera 30mA.

### **Interruttori differenziali modulari Terasaki**

Terasaki propone un'ampia gamma di interruttori differenziali modulari, che comprende le serie di cui di seguito vengono riportate le caratteristiche.

Gli interruttori differenziali puri modulari TemDin serie FI (Foto 1) hanno le seguenti caratteristiche:

corrente nominale: 25 - 40 - 63A;

corrente differenziale: 30 - 100 - 300 - 500mA;

classe: AC;

poli: 2 - 4;

moduli: 4;

normativa: CEE 27.

Gli interruttori differenziali puri modulari TemDin serie FIE (Foto 2) hanno le seguenti caratteristiche:

corrente nominale: 25 - 40 - 63A;

corrente differenziale: 30 - 300mA;

classe: AC;

poli: 2;

moduli: 2;

normativa: CEE 27.

Gli interruttori differenziali puri modulari TemDin serie NFI (Foto 3) hanno le seguenti caratteristiche:

corrente nominale: 16 - 25 - 40 - 63 - 80 - 100A

corrente differenziale: 10 - 30 - 300mA

classe: AC - A - S;

poli: 2 - 4;

moduli: 2 - 4;

normativa: IEC 1008.

In Tabella 2 vengono confrontate le caratteristiche degli interruttori differenziali puri modulari TemDin serie FI, FIE e NFI.

Gli interruttori differenziali puri serie FI, FIE e NFI sono affiancati dagli interruttori magnetotermici differenziali serie FCO che racchiudono in un'unica apparecchiatura la funzione di protezione delle linee dalle sovracorrenti e delle persone dai contatti indiretti.

Gli interruttori magnetotermici differenziali modulari TemDin serie FCO (Foto 4) hanno le seguenti caratteristiche:

curva tempo/corrente: B - C;

corrente nominale: 6 - 10 - 16 - 20 - 25 - 32 - 40A;

potere di interruzione: 6kA

corrente differenziale: 30 - 100 - 300mA;

classe: AC - A;

poli: 2;

moduli: 2;

normativa: IEC 1009, CEI EN 61009-1.

**Foto 1. Interruttori differenziali modulari serie FI**



**Foto 2. Interruttori differenziali modulari serie FIE**



**Foto 3. Interruttori differenziali modulari serie NFI**



**Foto 4. Interruttori magnetotermici differenziali modulari serie FCO**



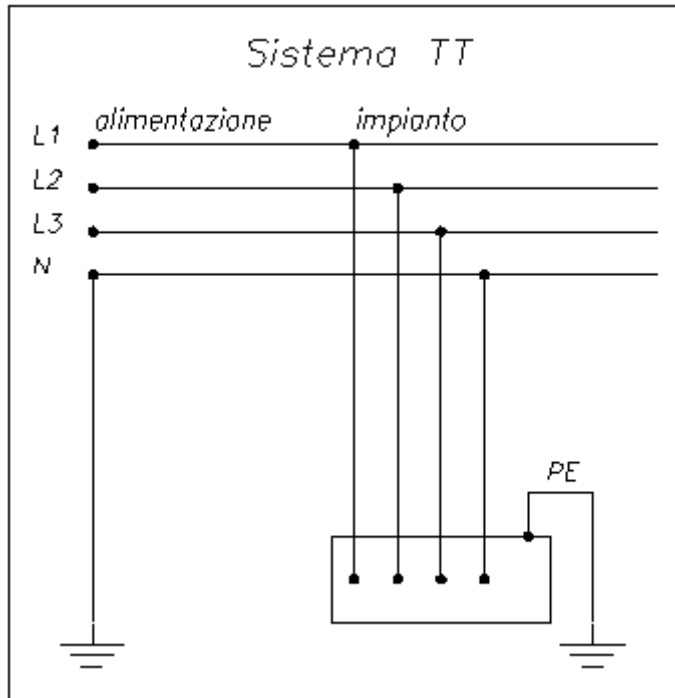
**Tabella 1. Resistività del terreno**

<b><i>Tipo di terreno</i></b>	<b><i>resistività (ohm*m)</i></b>
terreno paludoso	20
argille	10
marne	20
arenarie argillose	50
gessi	100
scisti argillosi	50
calcare quarzifero	500
altre arenarie	500
granito e grès	500
ghiaia	500
terreno sabbioso umido	100
calcare	150
terreno sabbioso secco	200

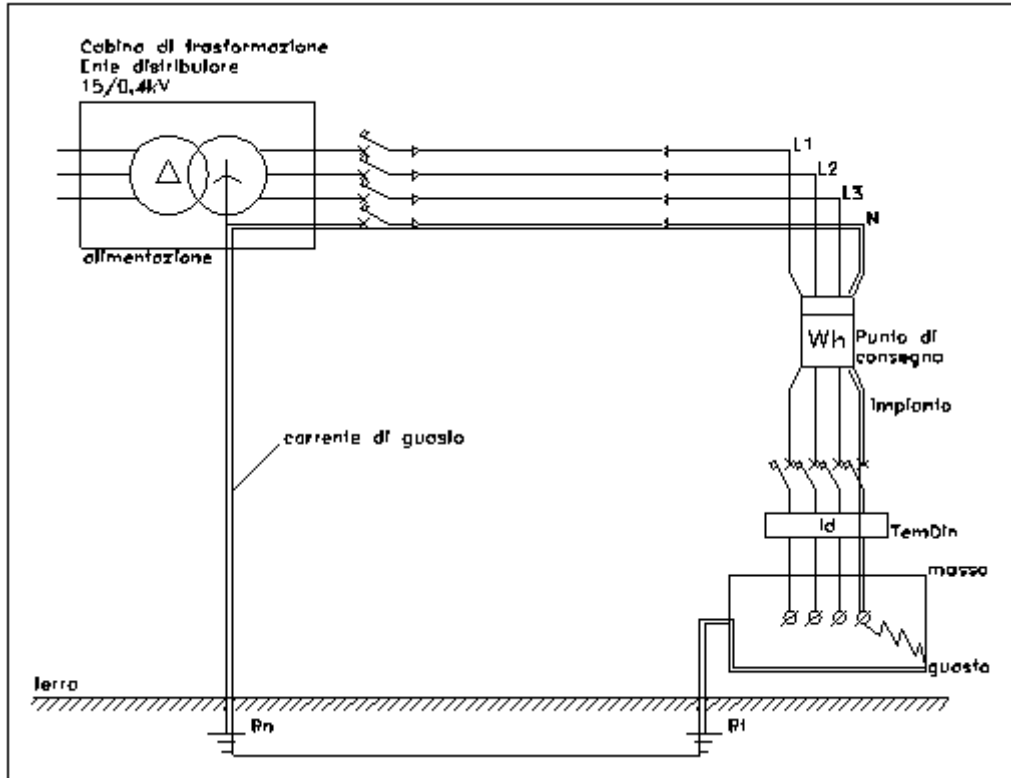
**Tabella 2. Tabella comparativa interruttori differenziali puri modulari TemDin - Terasaki**

<b>Caratteristiche</b>	<b>Tipi</b>		
	<b>FI</b>	<b>FIE</b>	<b>NFI</b>
Poli	2 / 4	2	2 / 4
2 poli in 2 moduli	NO	SI	SI
Immunità interventi intempestivi per sovratensioni	NO	SI	SI
Normativa	CEE 27	CEE 27	IEC 1008
Tipo AC - correnti sinusoidali	SI	SI	SI
Tipo A - correnti sinusoidali e pulsanti unidirezionali	NO	NO	SI
Tipo S - selettivo	NO	NO	SI
Corrente nominale max (A)	63	63	100
Corrente differenziale (mA)	30-100-300-500	30-300	10-30-300
Corrente di cortocircuito condizionale (kA)	1 / 1,5 / 2	3	6
Potere di interruzione (kA)	10 In	1,5	3
Contatti ausiliari (optional)	NO	NO	SI
Temperatura ambiente fino a -25°C	NO	NO	SI
Funzione di sezionamento	NO	NO	SI

**Figura 1. Sistema di distribuzione TT**



**Figura 2. Percorso della corrente di guasto in un sistema TT**



## **Bibliografia**

- [1] Norma CEI 64-8 (1992): Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000Vc.a.e a 1500Vc.c.
- [2] Legge n.46 del 5 marzo 1990: "Norme per la sicurezza degli impianti"
- [3] D.P.R. n.447 del 6 dicembre 1991: "Regolamento di attuazione della legge 5 marzo 1990, n.46, in materia di sicurezza degli impianti"
- [4] Norma CEI 11-8 (1989): Impianti di messa a terra
- [5] Norma CEI 64-12 (1993): Guida all'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario
- [6] Norma CEI 64-50 (1995): Edilizia residenziale - Guida per l'integrazione nell'edificio degli impianti elettrici utilizzatori, ausiliari e telefonici
- [7] Manuale di applicazione delle Norme CEI, Figini-Torelli, HOEPLI
- [8] Elettroquesiti 4, Carrescia, TuttoNormEI
- [9] TuttoNormEI 02/93
- [10] Documentazione tecnica Terasaki