

PERICOLI ELETTRICI - SICUREZZA ELETTRICA

L'energia elettrica è comoda, utile, sicura, ma non esente da pericoli.

Pericoli per le cose

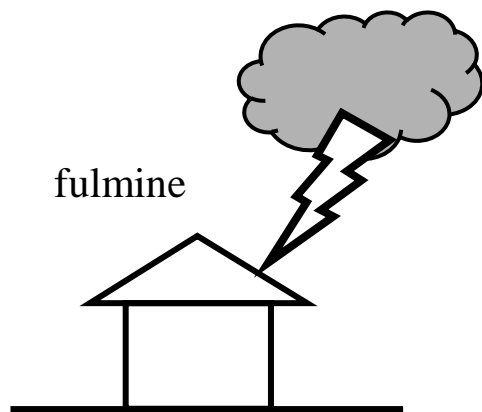
1. *Energia elettrica*

conduttore percorso da corrente eccessiva (sovraccarico, corto circuito)

→ sovrariscaldamento → incendio

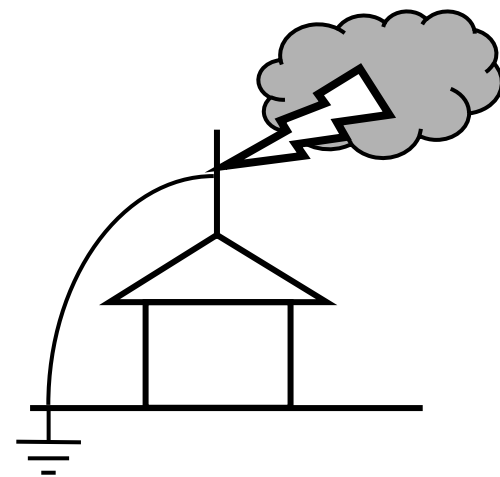
Protezione: - **valvole fusibili** (conduttore a “bassa” temperatura di fusione, tipici valori di portata: da 1 A a 75 A, e.g. argento, leghe di piombo)
- interruttori automatici di massima corrente (**interruttore magnetotermico**, I.M.): sovraccarico (effetto Joule, lamina bimetallica), corto circuito (sensore induttivo, relé di sgancio)

2. *Elettricità atmosferica*

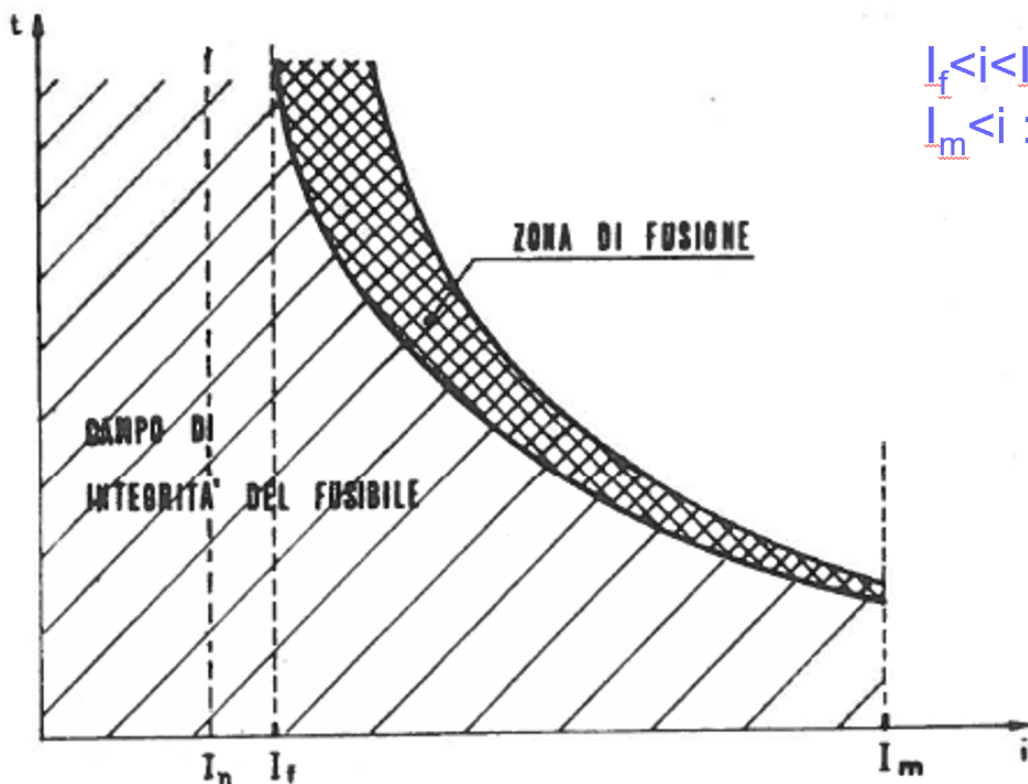


Protezione: **parafulmine** collegato a terra → scarica guidata

In alternativa: **gabbia di Faraday** con captatori distribuiti e collegati a terra



➤ fusibile

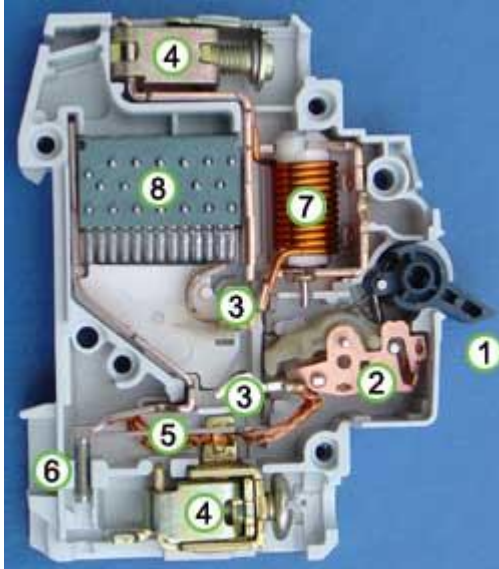


Corrente: massima I_m
 di fusione I_f
 nominale $I_n = 0.75 I_f$
 $I_f < i < I_m$: estinzione arco
 $I_m < i$: persistenza arco

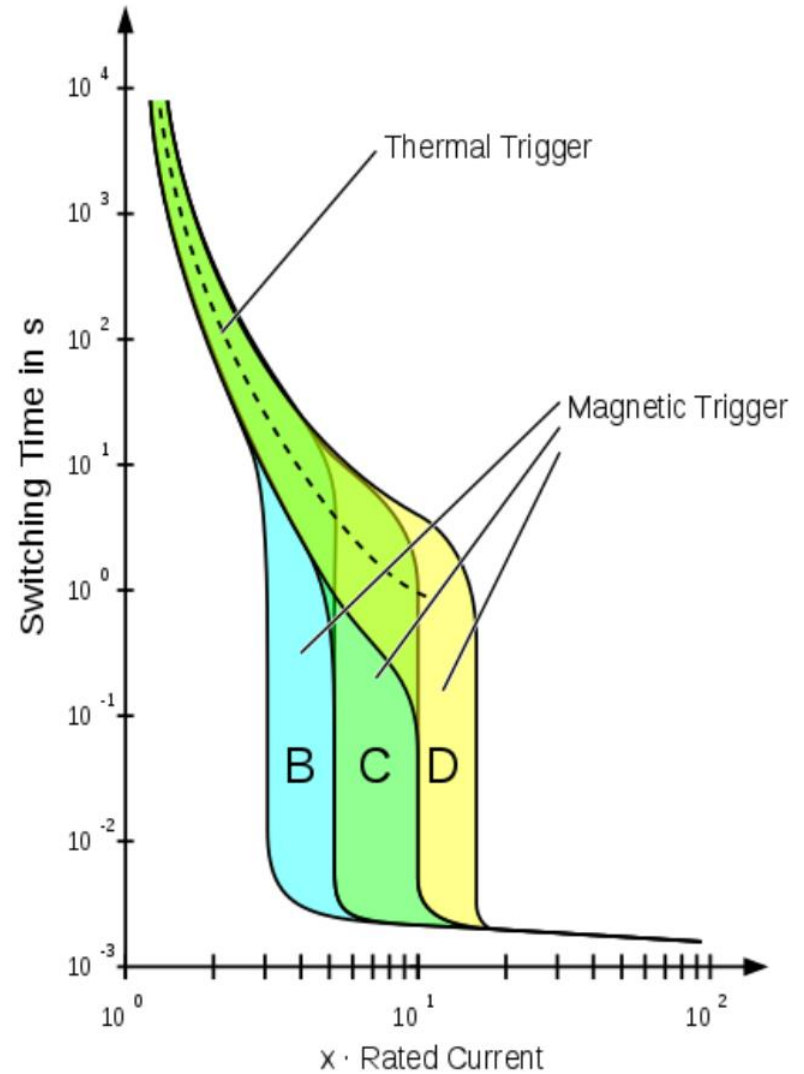
I_f		Pb	Ag
1	A	0,20 mm	0,09 mm
2	A	0,35 mm	0,12 mm
4	A	0,60 mm	0,25 mm
8	A	1,10 mm	0,40 mm
10	A	1,50 mm	0,45 mm
18	A	2,75 mm	0,60 mm
25	A	3,30 mm	0,70 mm
40	A	4,25 mm	1,00 mm
50	A	4,50 mm	1,20 mm
75	A	5,00 mm	1,30 mm

diametro fusibile (V = 220V, 380V)

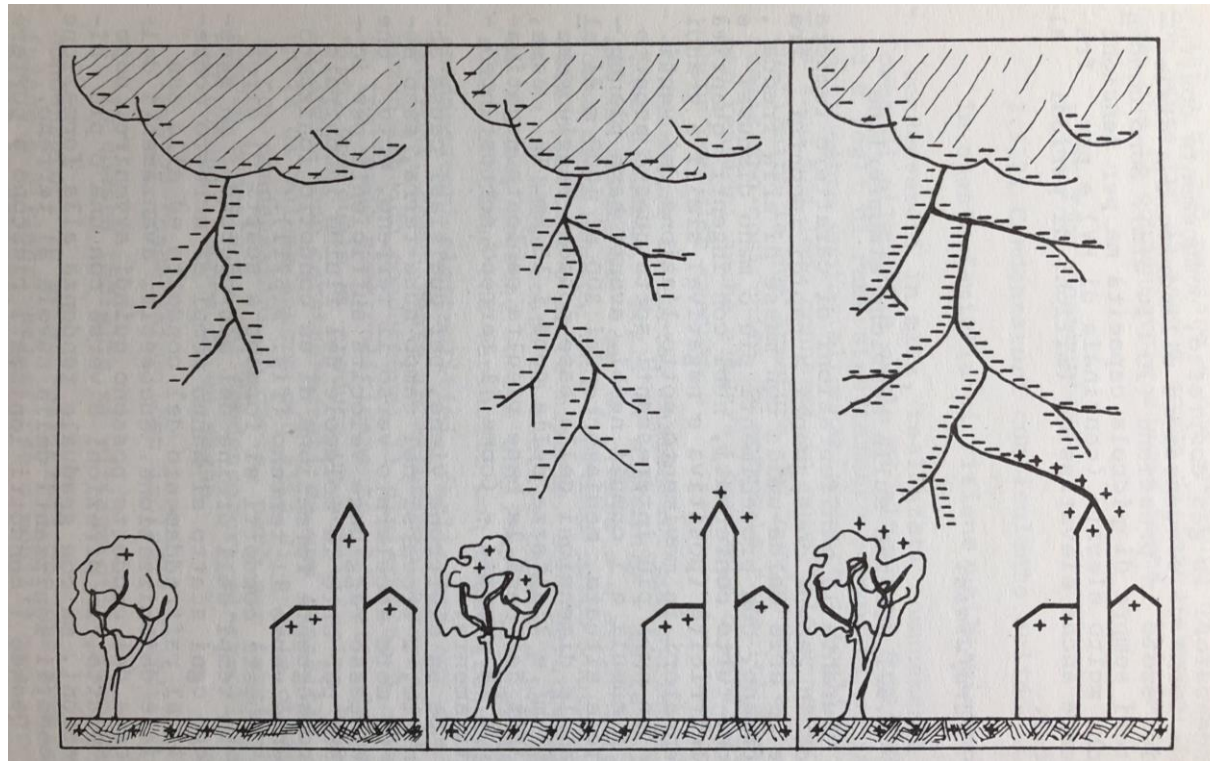
MAGNETOTERMICO



- 1 Leva di comando
- 2 Meccanismo di scatto
- 3 Contatti di interruzione
- 4 Morsetti di collegamento
- 5 Lamina bimetallica (rilevamento sovraccarichi)
- 6 Vite per la regolazione della sensibilità (in fabbrica)
- 7 Solenoide (rilevamento cortocircuiti)
- 8 Sistema di estinzione d'arco



ELETTRICITA' ATMOSFERICA



Cumuli e cumuli nubi (200 km^2 , quota 300 – 1000 m, altezza 15 km)

Rigidità dielettrica dell'aria: circa 3000 kV / m

Velocità di avanzamento del condotto ionizzato: 50 m al microsecondo

Corrente di fulmine:

da qualche kA a centinaia di kA, si estingue in centinaia di microsecondi

Pericoli per le persone

La corrente elettrica che attraversa il corpo umano provoca

- ustioni ai punti di contatto
- effetti sulle muscolature (respiratoria, cardiaca)
- azioni sui centri nervosi

Caratteristiche della corrente

- natura: CC, CA (CC meno pericolosa di CA)
- frequenza: max pericolo ~ 50 Hz
- durata: T [s]
- percorso: ad es. mano-piede, mano-mano

Legge empirica di corrente sicura (CA, 50 Hz, tronco):

$$I = 10 + \frac{10}{T(s)} \text{ mA}$$

Resistenza del corpo umano

I (corrente) effetto

V (tensione) causa

$$R_C = \frac{V}{I}$$

Effetti biologici della corrente elettrica: resistenza del corpo umano

R_C molto variabile, secondo percorso, tipo di contatto, età, stato di salute

Valore convenzionale: $R_C = 2500 \Omega$

Per $T \rightarrow \infty$ si ha $I \rightarrow 10 \text{ mA}$ e quindi $V = R_C I \rightarrow 25 \text{ V}$

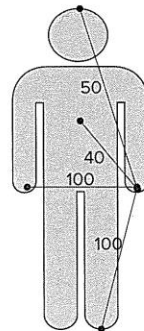
Tensioni $< 25 \text{ V}$ non richiedono particolari protezioni (ELV, extremely low voltages)

Convenzionalmente:

max V di contatto: 50 V

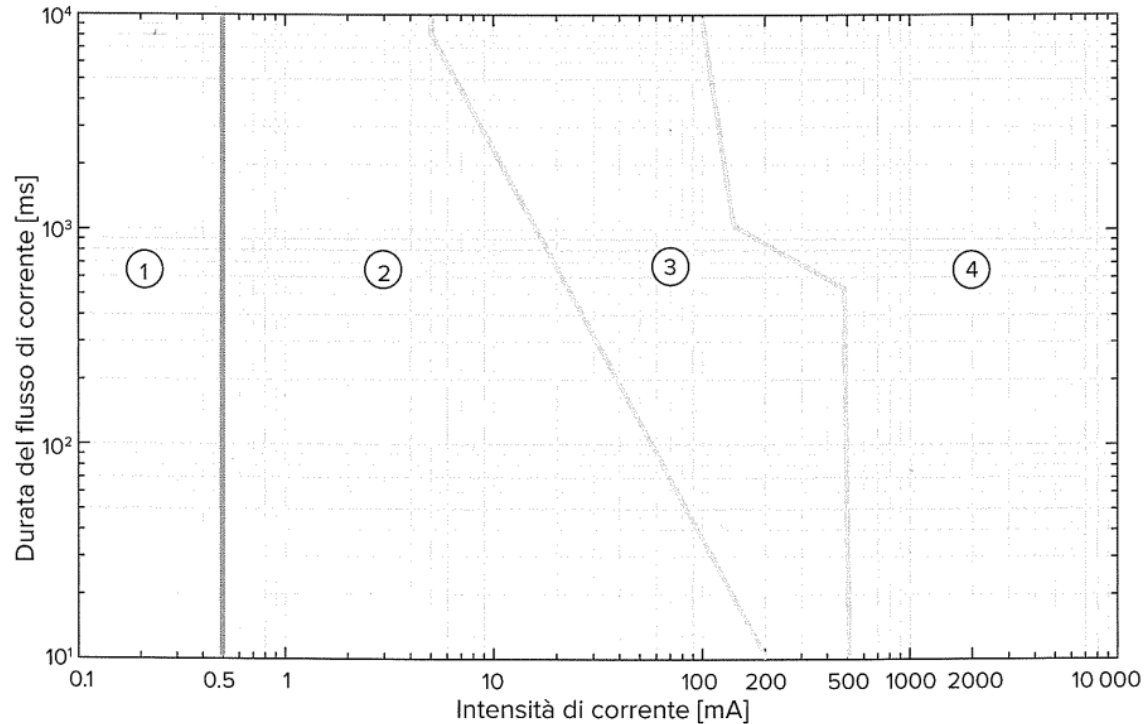
sistemi elettrici con $V_n < 50 \text{ V}$, sono di categoria 0, a tensione di sicurezza

Se la durata del contatto $T < \infty$, sono consentite $V_n > 50 \text{ V}$



Riduzione percentuale
della resistenza mani-piedi
in base al percorso

Livelli di pericolosità della corrente elettrica



Regione 1: nessun effetto del passaggio di corrente

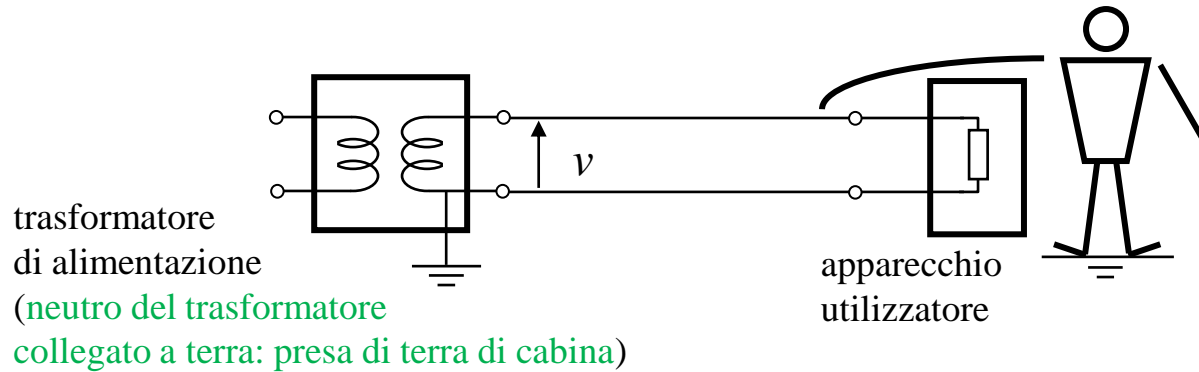
Regione 2: nessun effetto pericoloso, ma si avverte il passaggio

Regione 3: effetti importanti, ma reversibili

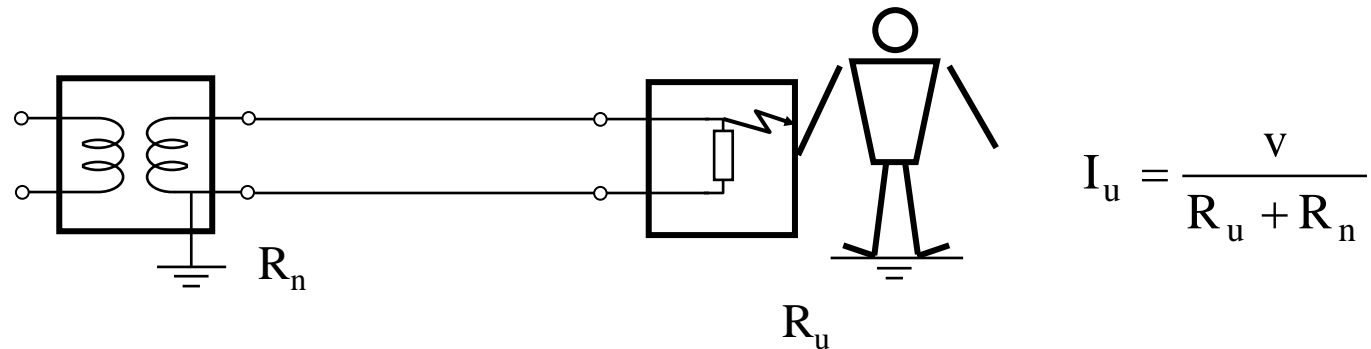
Regione 4: fibrillazione ventricolare, arresto cardiaco, arresto respiratorio, gravi ustioni

OCCASIONI DI PERICOLO PER LE PERSONE

Contatto diretto (con punto normalmente in tensione)



Contatto indiretto (con punto accidentalmente in tensione)



PROTEZIONI CONTRO I CONTATTI DIRETTI

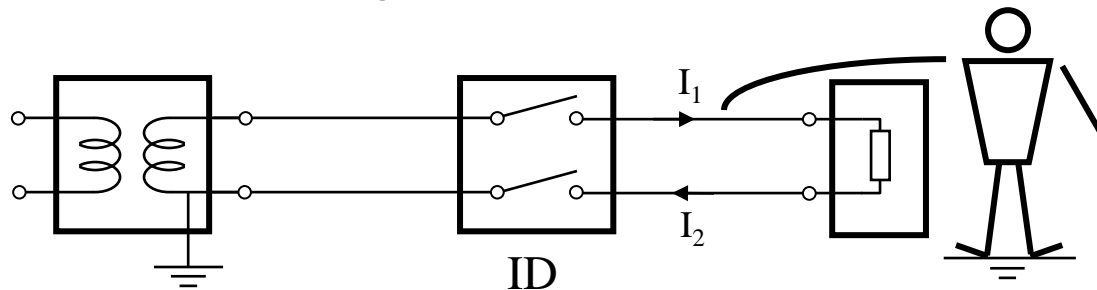
Passive: barriere, pedane, guanti, calzature

Attive: con interruttore differenziale (ID) che apre quando $\Delta I = I_1 - I_2 > k$

Nota sullo stato del neutro

Se a causa di un guasto si verificasse un contatto fase-terra:

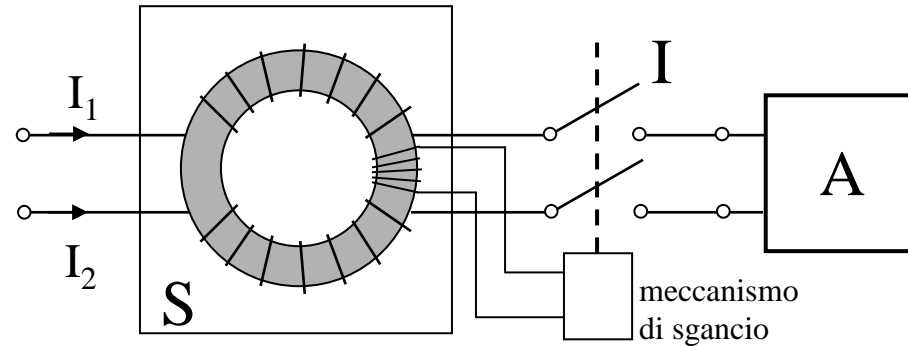
- il **neutro isolato** si porterebbe alla tensione di fase (condizione pericolosa)
 - il **neutro a terra** si manterrebbe equipotenziale al suolo (condizione di sicurezza)
- e l'amperometro di fase rileverebbe il guasto



presa di terra cabina

INTERRUTTORE DIFFERENZIALE (“salvavita”)

Si inserisce a monte del dispositivo A da proteggere.



Un sensore magnetico S rileva $\Delta I = I_1 - I_2$ e fa scattare l'interruttore I in apertura

- Funziona in regime P.A.S., non funziona in regime stazionario (o raddrizzato)
- $\Delta I = 20$ mA ad alta sensibilità
- $\Delta I = 100 - 1000$ mA a bassa sensibilità
- Tempo intervento = 20 ms
- Obbligatorio negli impianti civili e domestici (Legge 46/90)

PROTEZIONI CONTRO I CONTATTI INDIRETTI (1)

MESSA A TERRA

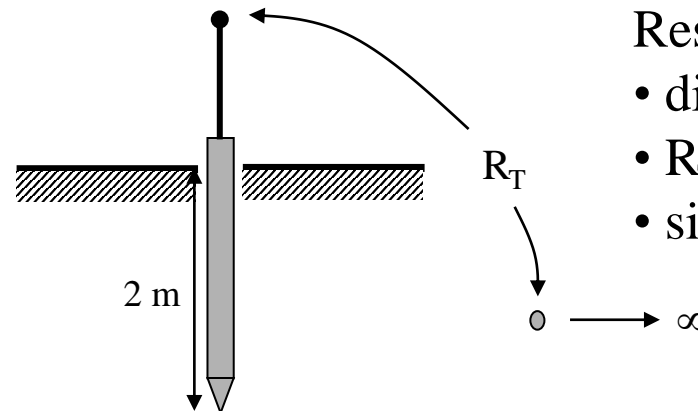
- Collegamento della carcassa di dispositivi al terreno attraverso impianto di terra
- Obbligatorio negli impianti civili e domestici (Legge 46/90)

I cavi hanno un terzo conduttore (di protezione) giallo-verde di sezione non inferiore agli altri due.

I conduttori di protezione sono collegati al collettore di terra a sua volta collegato a una rete di dispersori.

Dispersore di terra

Paletto di acciaio zincato



Resistenza di terra R_T

- dipende dalla natura del terreno
- $R_T < 20 \Omega$ ($R_T \leq 50 / I_{\text{guasto}}$)
- si può misurare

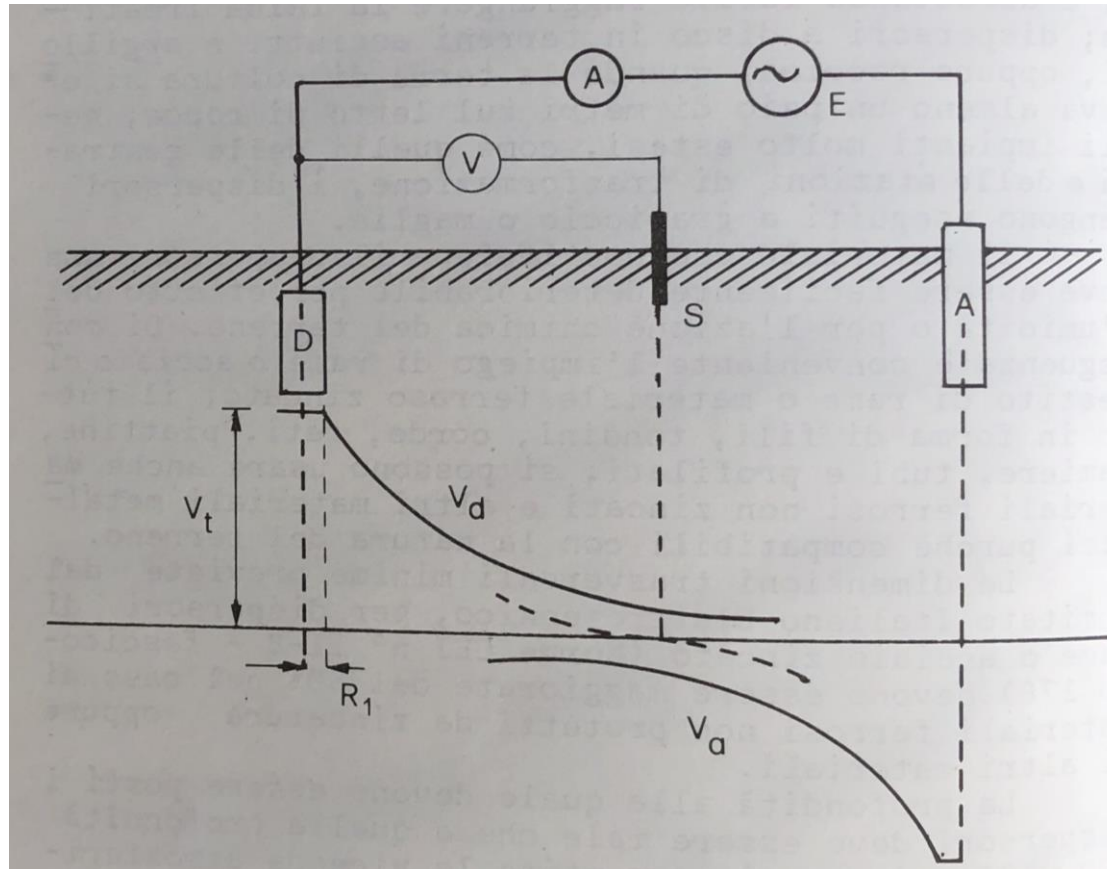
Terreno paludoso, 1 ohm metro

Terreno ricco di humus, 10 ohm metro

Terreno argilloso, da 30 a 100 ohm metro

Misura della resistenza di terra $R_t = V_t / I$

Tensione di passo a 90 cm
minore di 65 V !!



D, dispersore

A, elettrodo ausiliario (ritorno), distanza A-D : circa 10*diametro D

S, sonda voltmetro (flesso curva tensione)

L'impianto di terra si realizza non appena si ultimano le fondazioni.

Al collettore di terra si collegano anche tubi di gas, riscaldamento, acqua, ringhiere, telai metallici, per renderli equipotenziali.

Coordinamento di interruttore differenziale con messa a terra

Interruttore differenziale con soglia ΔI e tensione di contatto 50 V :

la resistenza di terra deve essere: $R_T \leq 50 / \Delta I$

Se $\Delta I = 1000 \text{ mA}$, allora $R_T \leq 50 \Omega$

Colorazioni caratteristiche:

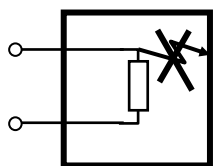
- rosso o nero o marrone per il conduttore di fase
- azzurro per il conduttore di neutro
- giallo-verde per il conduttore di protezione

Inoltre, prese e spine devono essere tripolari.

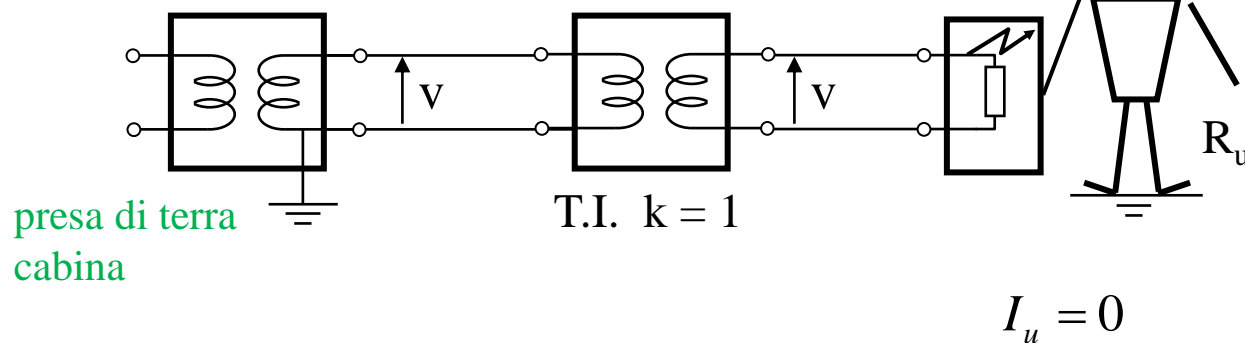
PROTEZIONI CONTRO I CONTATTI INDIRETTI (2)

Passive, senza messa a terra di apparecchi

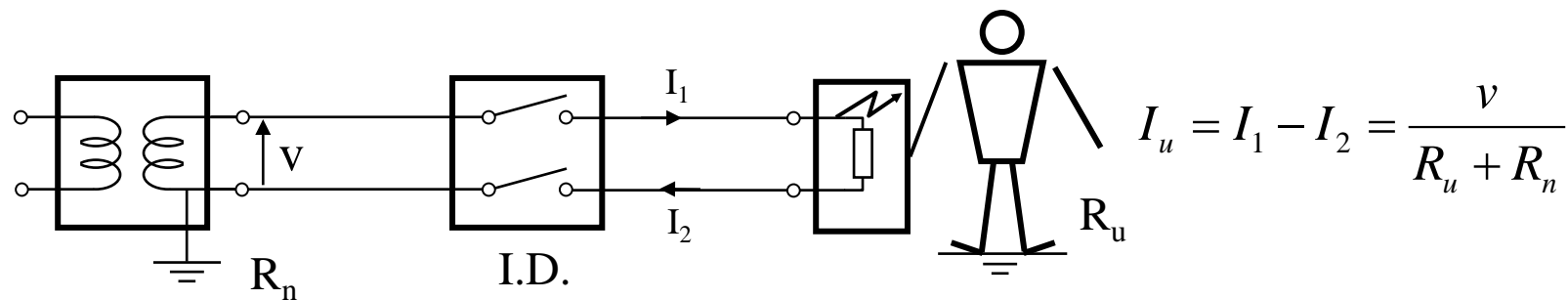
doppio isolamento di apparecchi (as es. mobili)



trasformatore di isolamento T.I.

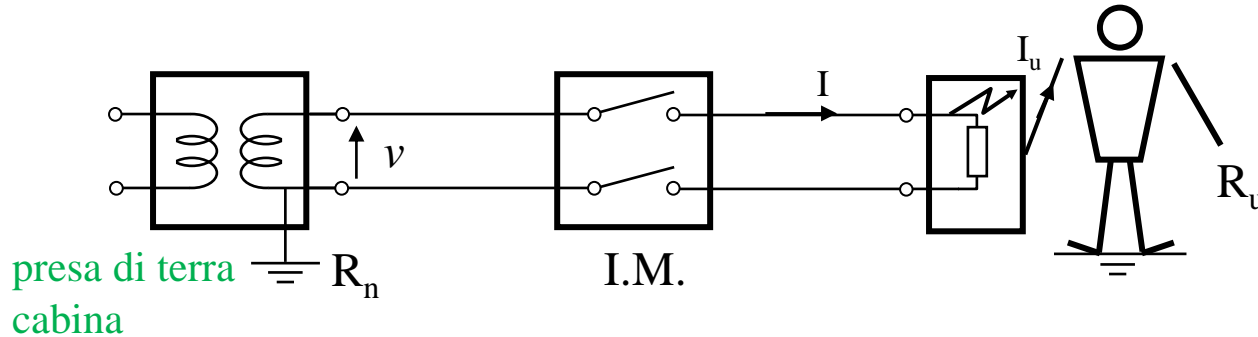


Attive, senza messa a terra di apparecchi e con interruttore differenziale I.D.



$I_1 \neq I_2$ scatta I.D. anche se R_n non è piccola

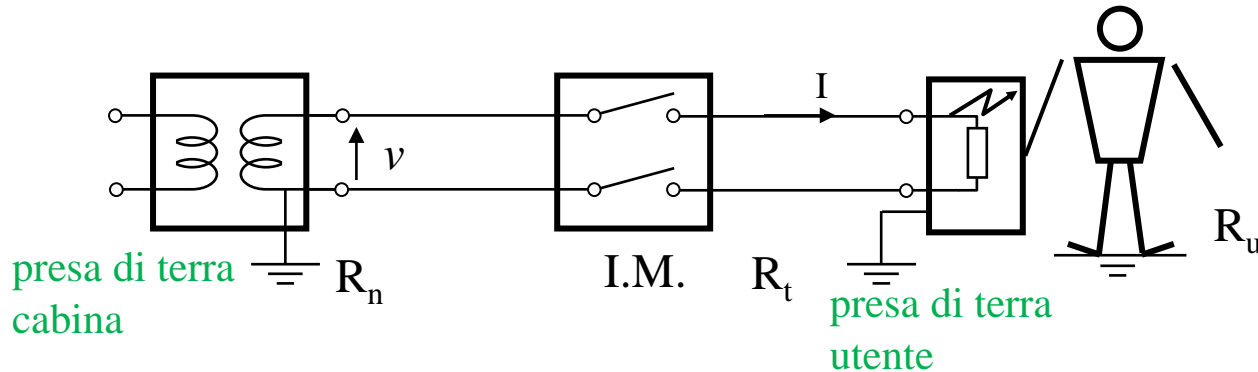
Attive senza messa a terra di apparecchi e con interruttore di max corrente (I.M.)



$$I_u = \frac{v}{R_u + R_n}$$

può essere
bassa per far aprire I.M.
alta da costituire pericolo

Attive con messa a terra di apparecchi e con interruttore di max corrente (I.M.)



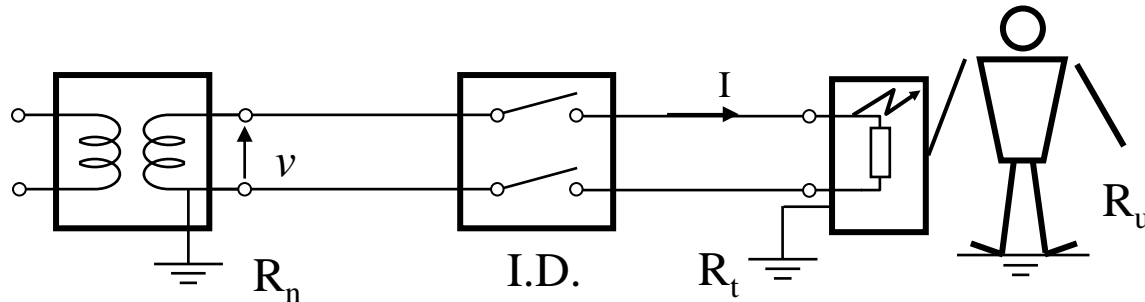
$$R_t \ll R_u, I_u \approx 0, I_g = \frac{v}{R_t + R_n}$$

alta, fa aprire I.M.

$$R_t \leq \frac{50}{I_g}$$

I_g corrente di guasto
 R_t deve essere bassa
($< 20 \Omega$)

Attive con messa a terra e interruttore differenziale (I.D.)



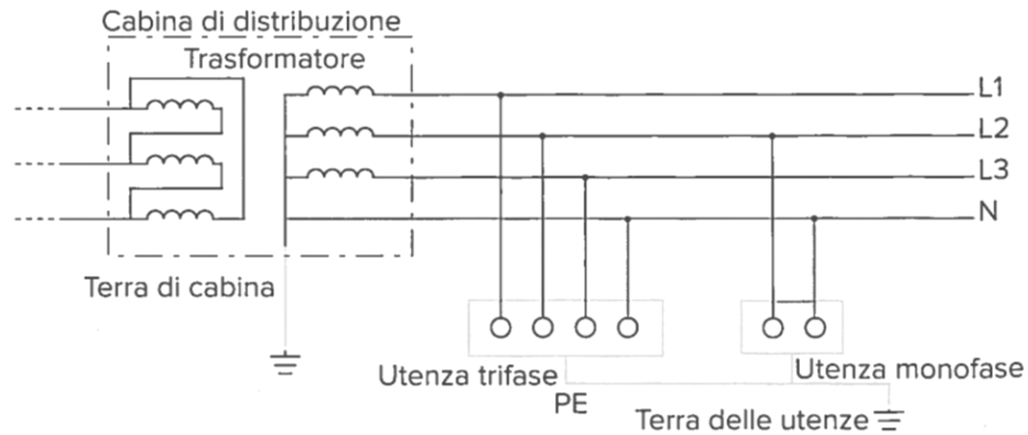
deve essere

$$R_t \leq \frac{50}{\Delta I}$$

rispetto al caso precedente
è possibile una R_t più alta
(ΔI soglia imposta da I.D.)

Sistema di distribuzione TT

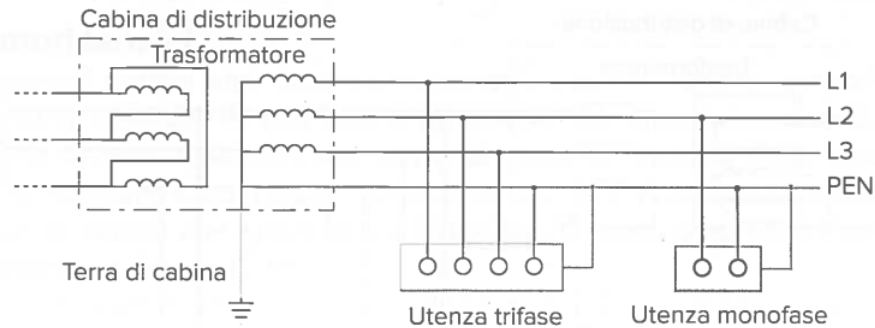
- masse collegate al conduttore di protezione, a sua volta collegato a terra;
- neutro collegato a terra in cabina.



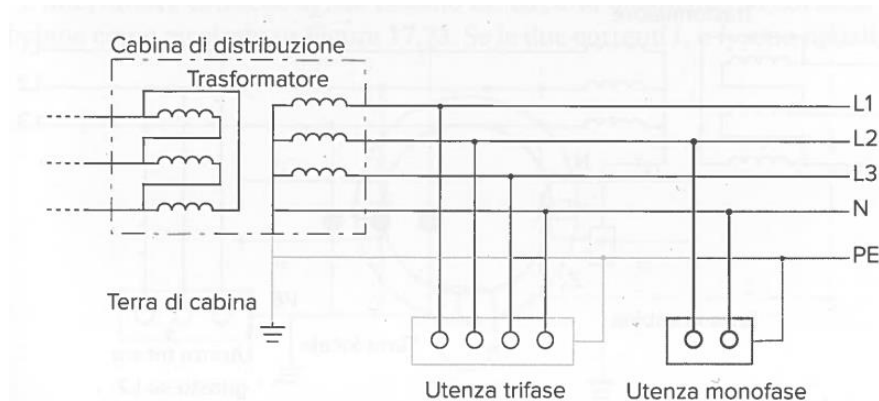
Sistema di distribuzione TN

- masse collegate al conduttore di protezione, a sua volta collegato al neutro;
- neutro collegato a terra in cabina.

Sistema di distribuzione TN-C

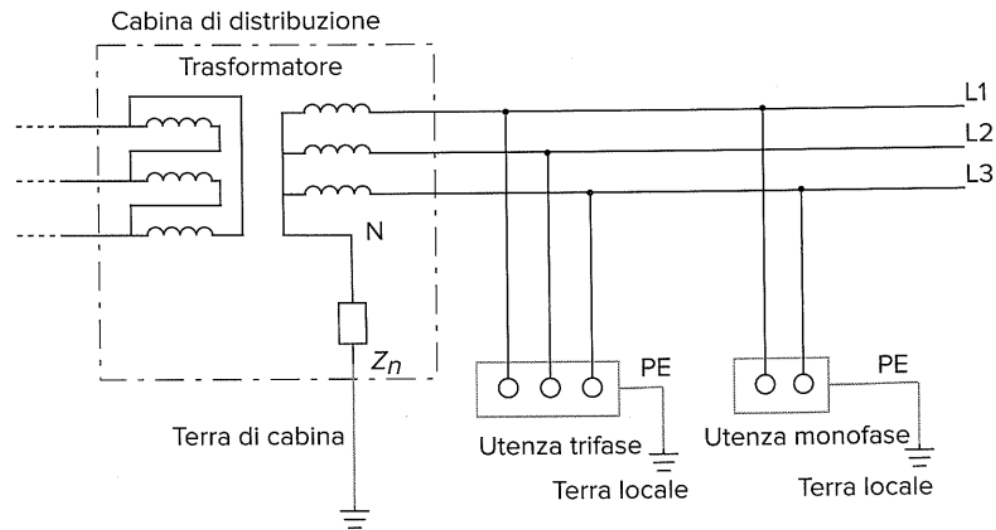


Sistema di distribuzione TN-S



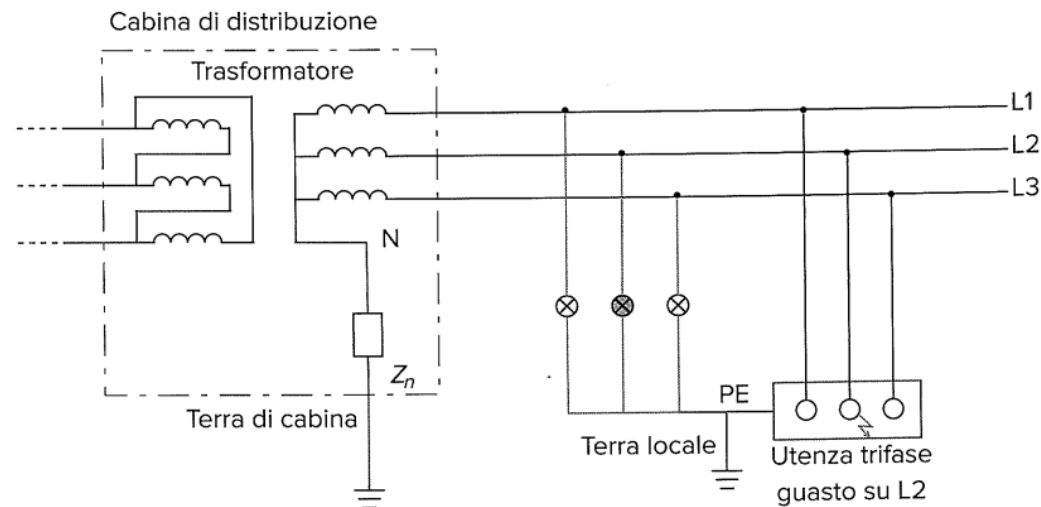
Sistema di distribuzione IT (1)

- masse collegate al conduttore di protezione, a sua volta collegato a terra;
- neutro scollegato da terra oppure collegato mediante impedenza elevata.



Sistema di distribuzione IT (2)

- masse collegate al conduttore di protezione, a sua volta collegato a terra;
- neutro scollegato da terra oppure collegato mediante impedenza elevata.



La continuità di esercizio è garantita anche in presenza del primo guasto segnalato