Elettronica e Biomedica

Laurea in

Ingegneria Informatica, Biomedica e delle Telecomunicazioni

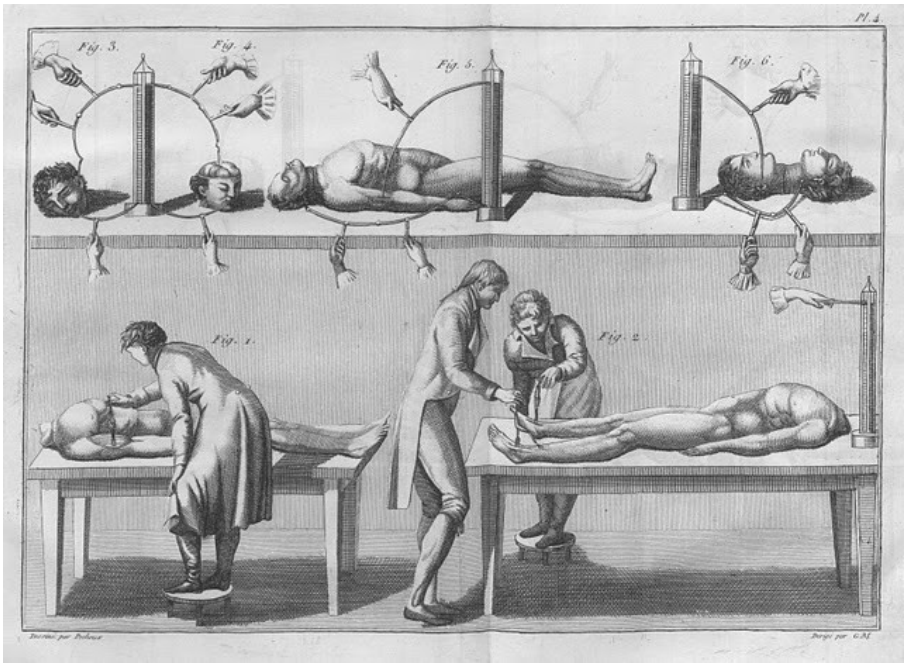
Fabio Baselice

Argomenti

- Shock elettrico
- Sorgenti di pericolo
- Sistemi di protezione

Cenni storici

Il primo effetto che emerge dall'applicazione dall'esterno di uno stimolo elettrico è la contrazione muscolare.

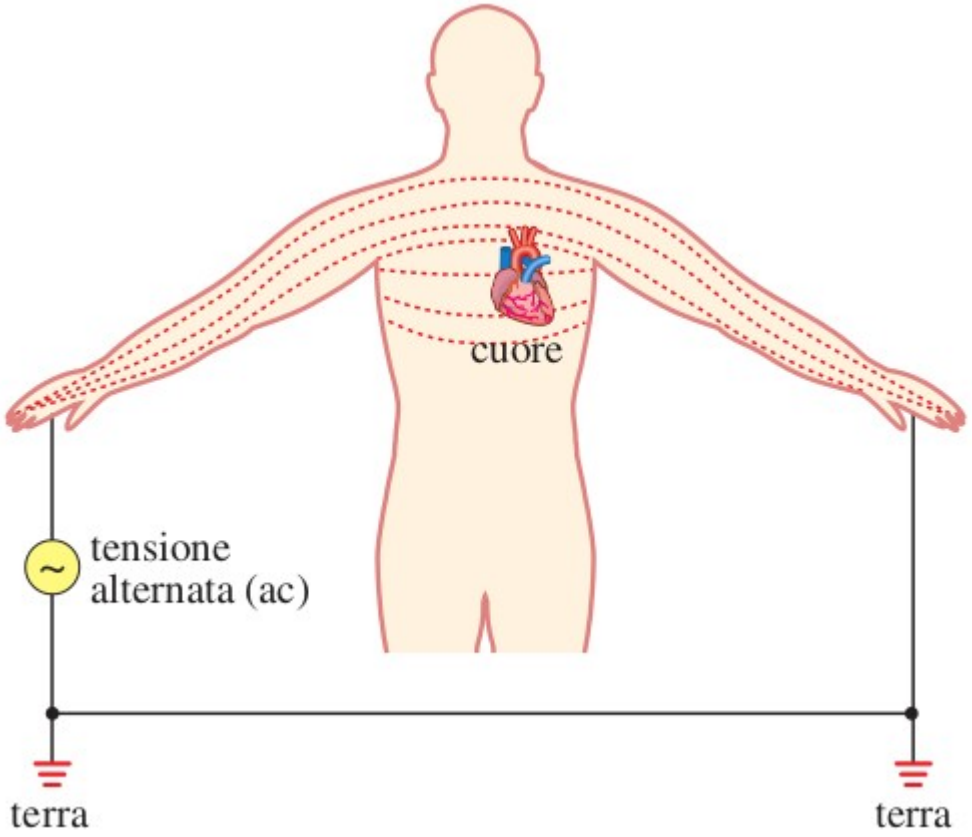


Giovanni Aldini

Shock elettrico

L’applicazione di una differenza di potenziale elettrico fra due punti del corpo umano, o di un qualsiasi organismo animale, comporta, in generale, anomale concentrazioni di ioni o loro improvvise migrazioni, che possono sconvolgere a tal punto il sistema elettrico biologico da provocare gravi danni, anche quando gli effetti fisici (come la produzione di calore per effetto Joule) sono trascurabili.

Shock elettrico

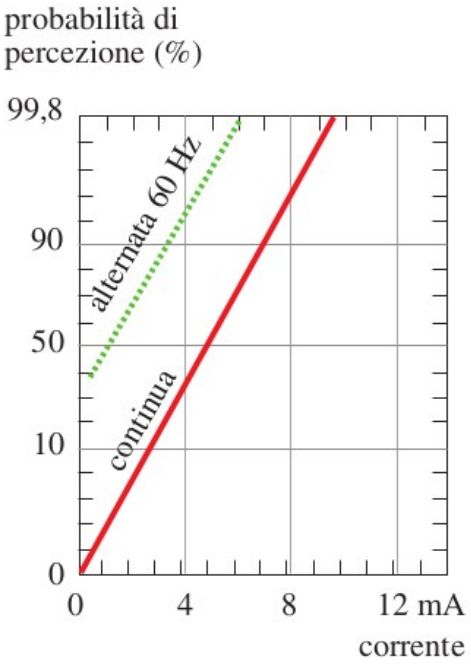


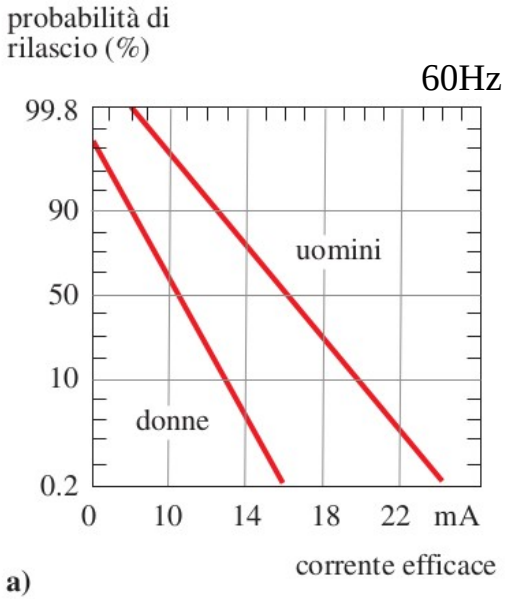
Shock elettrico.

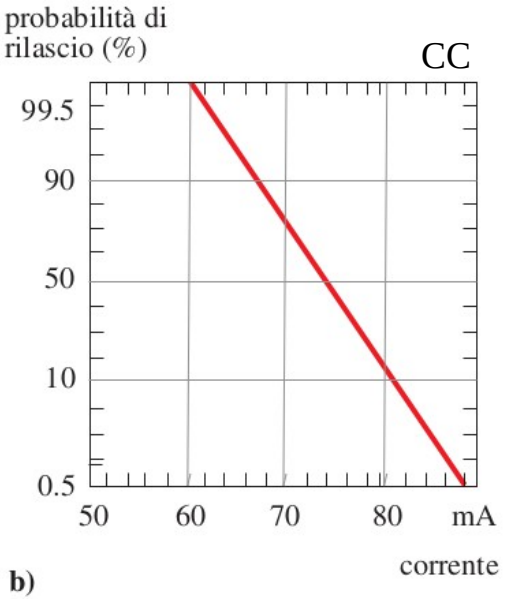
Shock elettrico

L’entità dello shock elettrico dipende direttamente dalla quantità di carica elettrica immessa nell’organismo nell’unità di tempo, cioè dall’intensità di corrente elettrica I in circolazione nel sistema biologico. L’azione di questa, in generale, è caratterizzata da vari parametri, quali la sua frequenza, la durata del contatto e il percorso.

Shock elettrico







Esiste un valore di soglia dell'intensità di corrente, al di sopra del quale i suoi effetti vengono percepiti, e un valore di rilascio, al di sotto del quale il contatto elettrico accidentale può essere interrotto autonomamente da parte del soggetto.

Shock elettrico

Al di sopra del valore di rilascio, a causa della tetanizzazione, il soggetto viene “congelato” al circuito e lo shock può essere molto pericoloso, anche se il contatto è stato di breve durata. Si può avere paralisi respiratoria, a causa del permanere della contrazione muscolare, e/o alterazioni più o meno persistenti dell’attività bioelettrica cerebrale, lesioni neurologiche del midollo spinale con conseguente paralisi più o meno estesa, lesioni di organi di senso (vertigini, sordità, abbagliamento o indebolimento della vista) e infine ustioni.

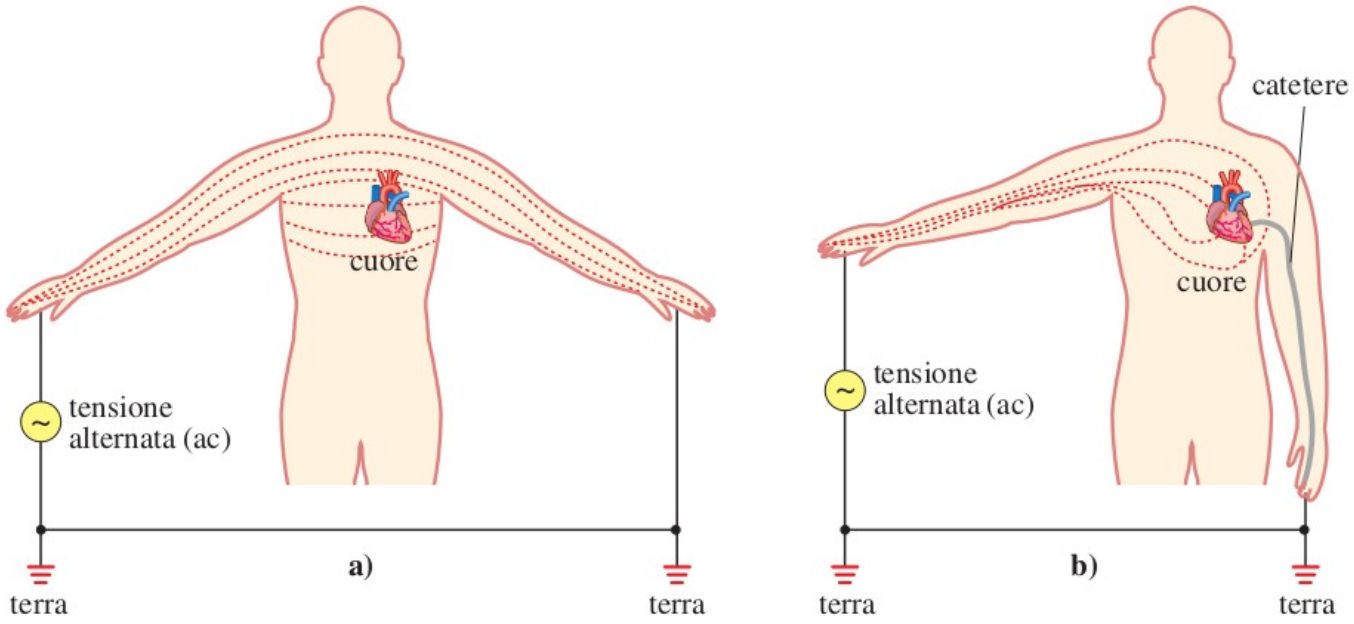
Shock elettrico

Le ustioni sono legate all'effetto Joule. Utilizzando la legge di Ohm possiamo ricavare il calore Q prodotto, in termini di calorie:

$$Q = \frac{1}{4.18} R I^2 \Delta t$$

Più che alla corrente I, la gravità delle ustioni è legata alla densità di corrente J. Risulta quindi assai più pericolosa una corrente che entra nel corpo umano attraverso un contatto di piccole dimensioni, che la stessa corrente immessa tramite un contatto avente una grande superficie.

Shock elettrico



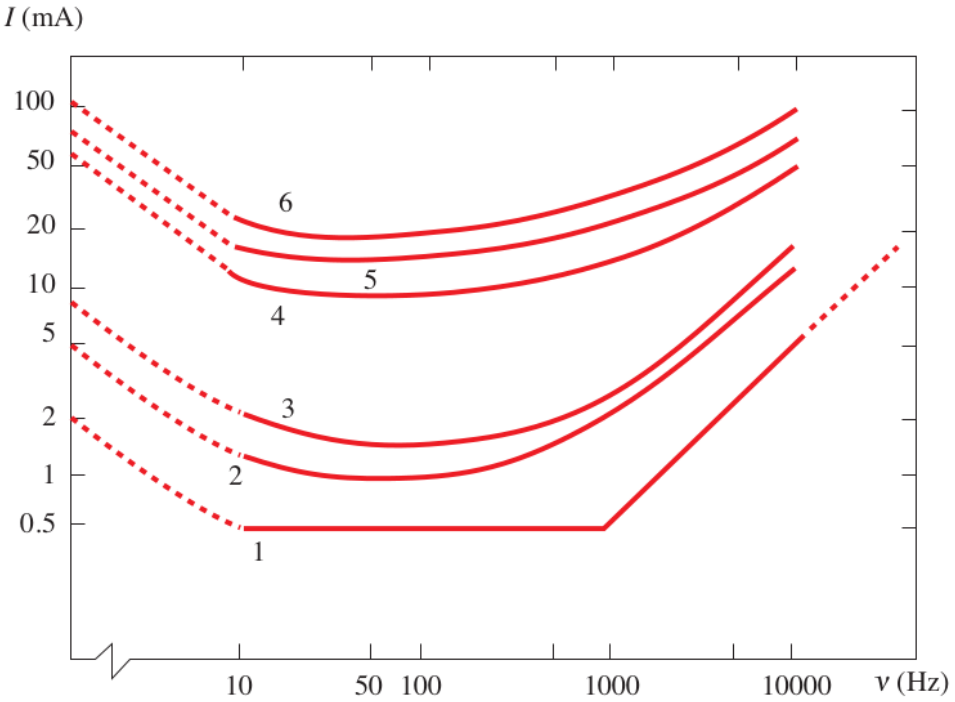
Macroshock: la corrente si distribuisce in tutto il corpo (a). Microshock: la corrente applicata attraverso un catetere intracardiaco fluisce nel cuore (b).

Shock elettrico

Dall'espressione precedente possiamo rilevare che la parte più superficiale della cute, possedendo un'elevata resistività specifica e un basso calore specifico, è il tessuto che viene maggiormente danneggiato.

Le ustioni elettriche sono pressoché indolori, a causa della rapida distruzione delle terminazioni sensitive, e sono progressive nel senso che attorno alle zone necrotizzate vi sono tessuti colpiti che muoiono molto più lentamente.

Shock elettrico



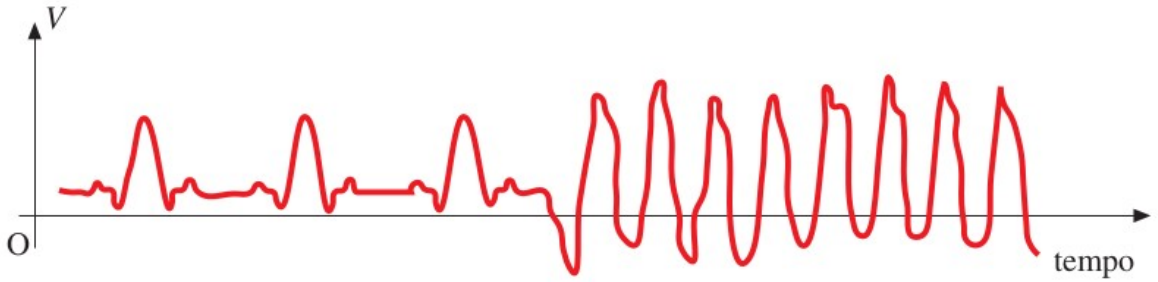
Limiti di pericolosità della corrente alternata in funzione della frequenza: 1) limite di percezione; 2) e 3) probabilità di percezione è del 50% e del 99.5%; 4), 5) e 6) casi in cui il 99.5%, il 50% e lo 0.5% degli esaminati è riuscito a staccarsi dal contatto.

Shock elettrico

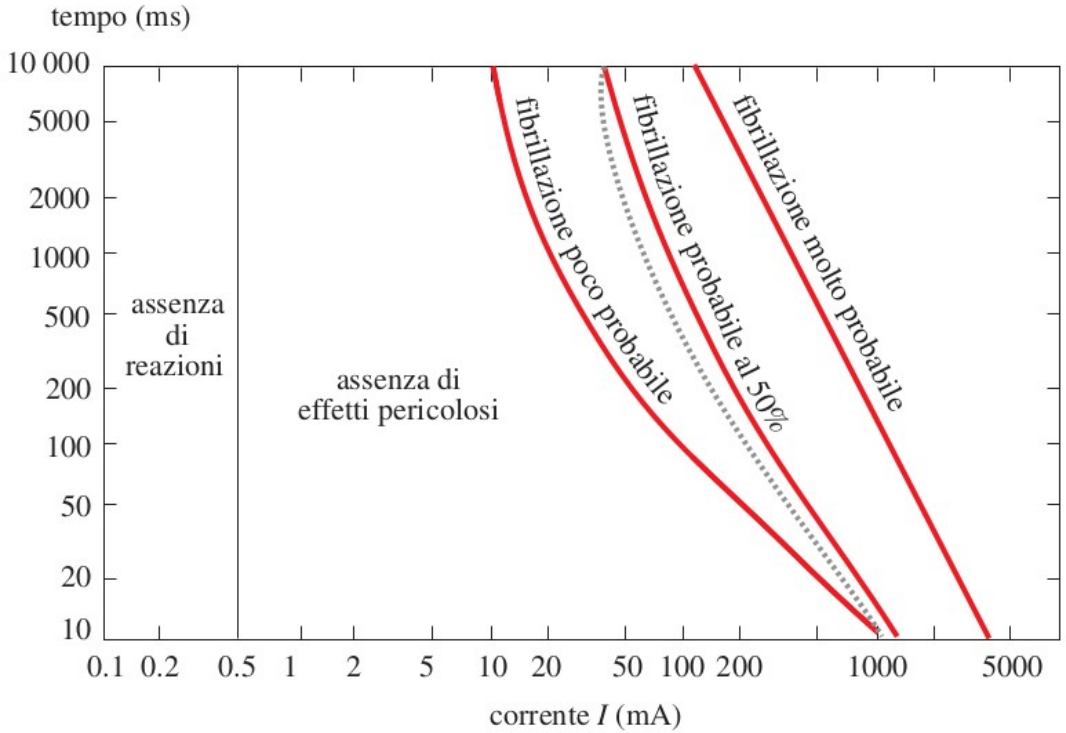
Le correnti alternate sono più pericolose, in quanto causano facilmente il fenomeno della tetanizzazione.
Tuttavia, all'aumentare della frequenza la pericolosità della corrente diminuisce: infatti se lo stimolo alternato ha un periodo molto breve, non viene raggiunto il potenziale di soglia nelle cellule eccitabili e i potenziali d'azione non si innescano.
Ad 1 MHz non si ha più shock elettrico e la corrente generalmente causa solo ustioni. Esiste un effetto (effetto pelle) per il quale all'aumentare della frequenza la corrente tende a interessare strati di tessuto sempre meno profondi.

Shock elettrico

Il percorso della corrente all'interno del sistema biologico determina la gravità dello shock, in particolare si rivelano più pericolosi quei percorsi che interessano organi vitali molto sensibili.
Ad es., una sovrastimolazione delle fibre muscolari cardiache ne altera la contrazione, portando all'instaurarsi di un regime di funzionamento anomalo, chiamato fibrillazione.

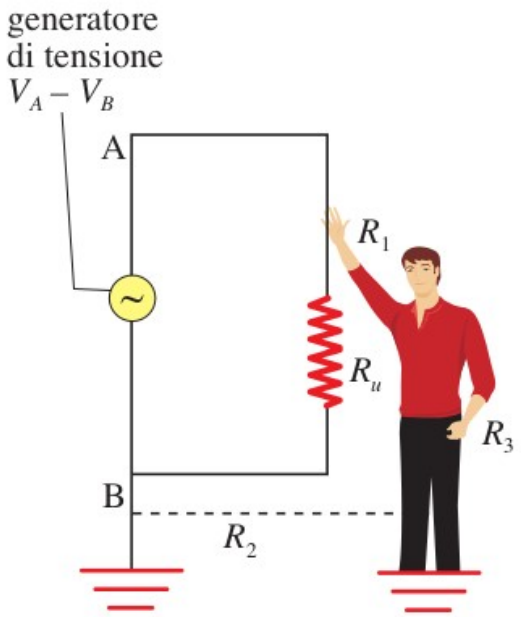


Shock elettrico



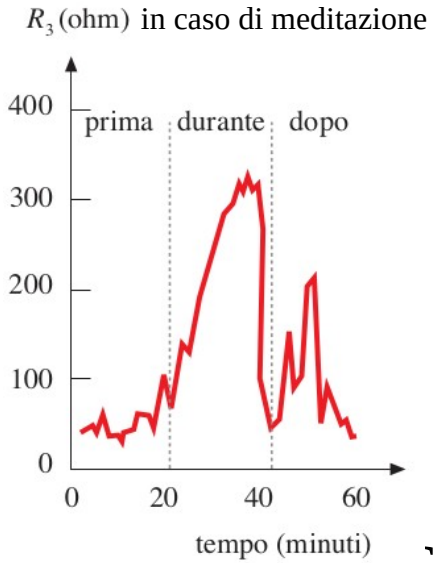
Le linee a tratto pieno corrispondono a correnti alternate di 50 Hz, mentre quella punteggiata separa la regione priva di effetti pericolosi da quella pericolosa (zona a destra) per le correnti continue.

Shock elettrico



$$I = \frac{V_A - V_B}{R_1 + R_2 + R_3}$$

R_1 = res. di contatto
R_2 = res. del suolo
R_3 = res. del corpo



È complicato valutare la resistenza complessiva del circuito equivalente. Inoltre R_3 è molto variabile.

Shock elettrico

Esercizio - Se una persona, con una resistenza interna di 120 ohm, prende con le mani bagnate 2 conduttori a diverso potenziale elettrico, calcolare:

(1) la d.d.p. necessaria per produrre una corrente di 10 mA, tale da irrigidirgli le mani sui conduttori;

(2) quella necessaria per produrre una corrente da 100 mA, tale da causare, dopo circa un secondo, la fibrillazione ventricolare.

Shock elettrico

Esercizio - Se una persona, con una resistenza interna di 120 ohm, prende con le mani bagnate 2 conduttori a diverso potenziale elettrico, calcolare:

(1) la d.d.p. necessaria per produrre una corrente di 10 mA, tale da irrigidirgli le mani sui conduttori;

$$\Delta V = R i = 120\,\Omega \cdot 10 \cdot 10^{-3}\,A = 1.2\,V$$

(2) quella necessaria per produrre una corrente da 100 mA, tale da causare, dopo circa un secondo, la fibrillazione ventricolare.

$$\Delta V = R i = 120\,\Omega \cdot 100 \cdot 10^{-3}\,A = 12\,V$$

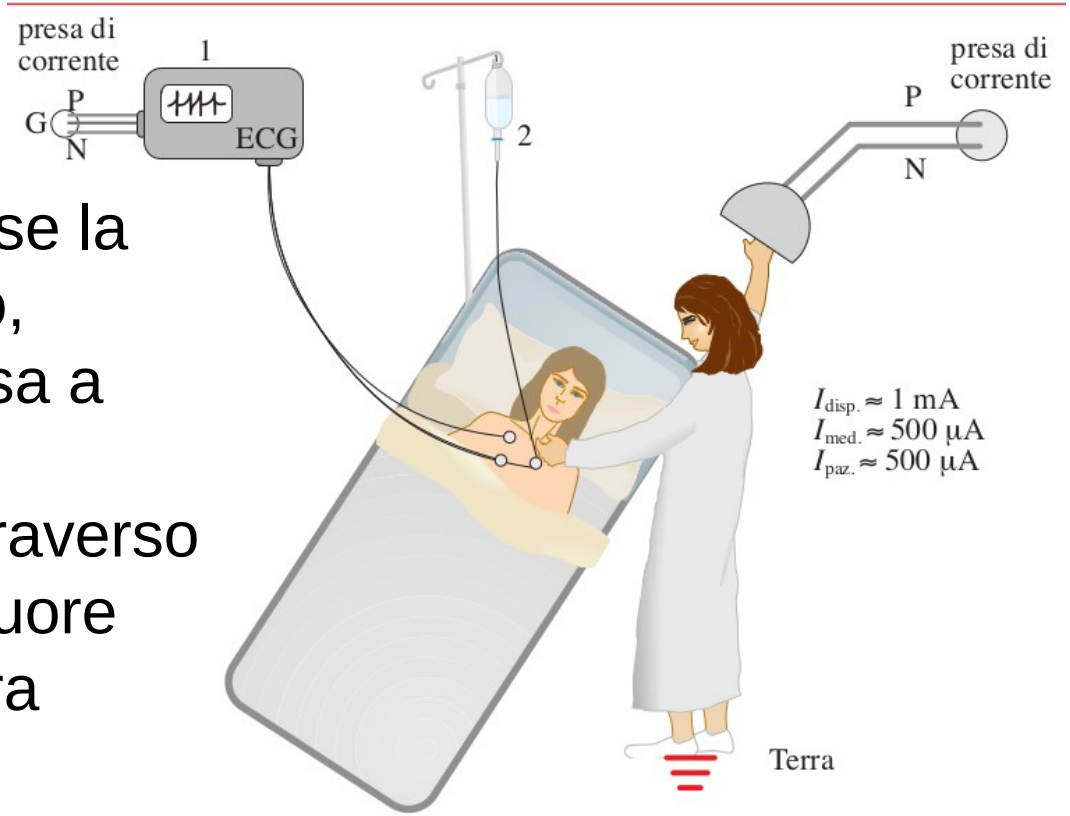
Sistemi di protezione

La **corrente di dispersione** è costituita da un flusso di cariche elettriche verso parti dell'apparecchiatura che dovrebbero essere totalmente isolate dai conduttori con tensione diversa da quella di terra (tutti i punti esterni dell'apparecchiatura come involucro, comandi e cavi sono normalmente collegati a massa, salvo i terminali non isolati da applicare al paziente, ovvero elettrodi e trasduttori).

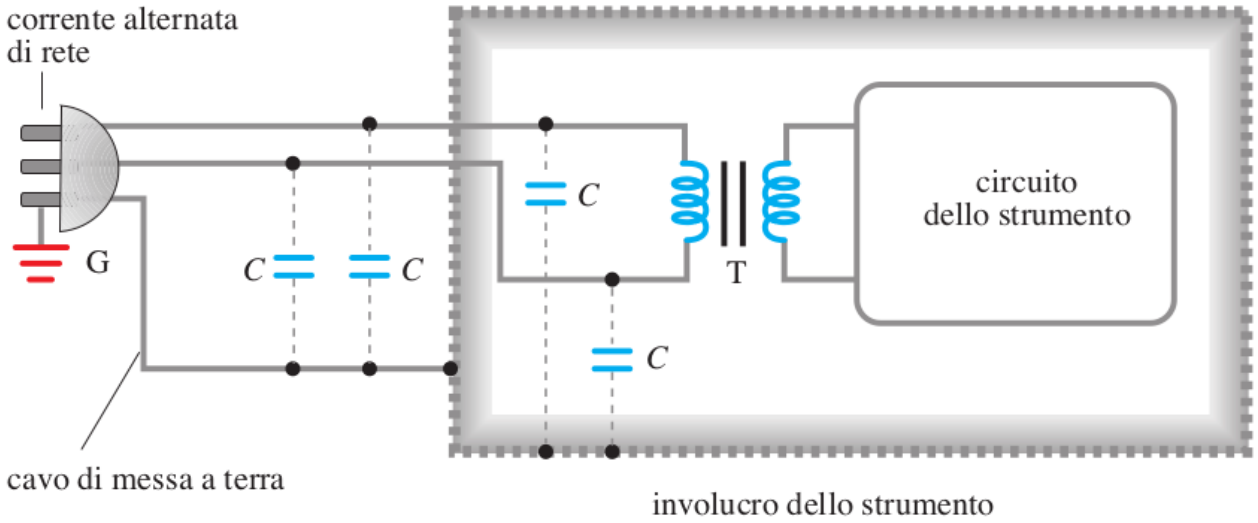
Per ogni determinata apparecchiatura, possono essere misurati i valori della corrente di dispersione verso terra, sull'involucro e nel paziente.

Sistemi di protezione

Un medico controlla l'inserzione del catetere: se la lampada è di vecchio tipo, senza conduttore di messa a terra, la sua corrente di dispersione si scarica attraverso il medico e attraverso il cuore del paziente, verso la terra dell'elettrocardiografo.
Ciò provoca la fibrillazione ventricolare.



Sistemi di protezione

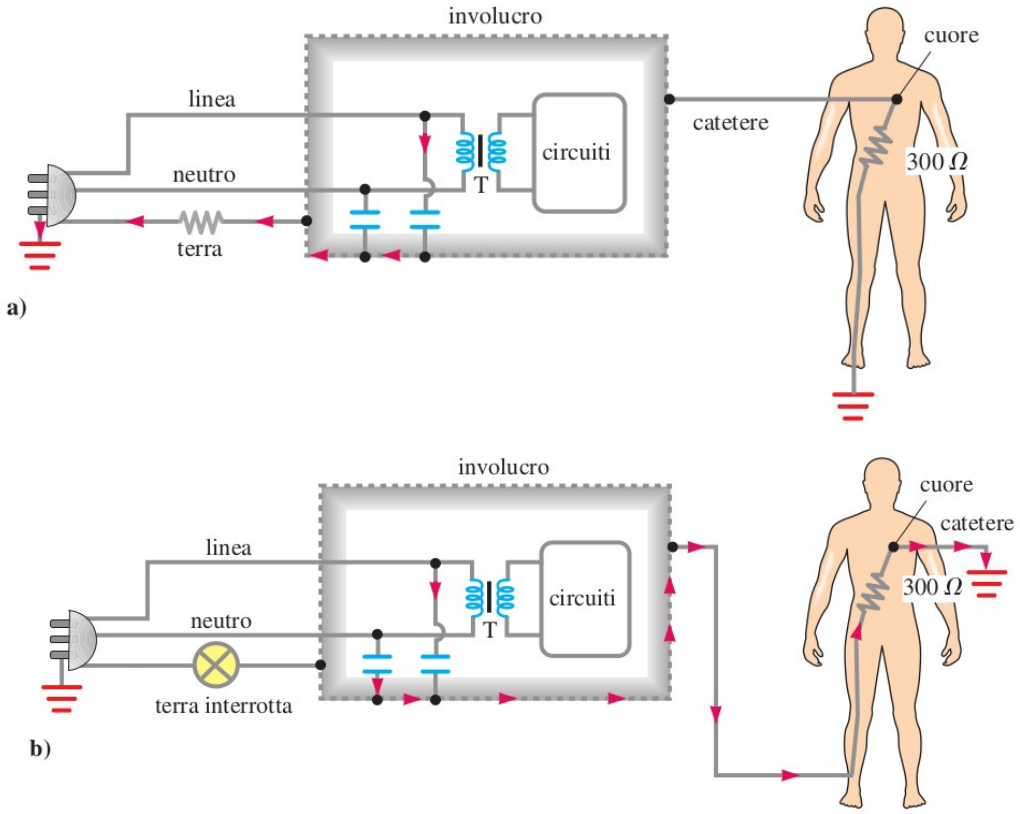


Circuito elettrico dell'alimentazione di uno strumento dove sono mostrate le capacità di isolamento C fra i conduttori di alimentazione e la terra e fra il trasformatore T e il suo involucro, collegato anch'esso alla terra G.

Sistemi di protezione

Percorsi della corrente di dispersione

(a) la connessione di terra è intatta e la maggior parte della corrente di dispersione fluisce verso terra;

(b) la terra è interrotta e tutta la corrente di dispersione fluisce attraverso il cuore.

T è un trasformatore.