

# SICUREZZA ELETTRICA

1. Elementi di elettrofisiologia (effetti della corrente sul corpo umano).

Correnti e tensioni pericolose.

Contatti pericolosi

Metodi di protezione

# SICUREZZA ELETTRICA

## 1. Elementi di elettrofisiologia (effetti della corrente sul corpo umano)

L'attività biologica del corpo umano è controllata da segnali elettrici che vengono trasmessi dai neuroni del sistema nervoso.

Uno stimolo elettrico esterno, può interferire con il funzionamento elettrico del corpo umano, provocando effetti pericolosi.

Esiste una soglia “di eccitabilità” superata la quale gli stimoli elettrici esterni risultano pericolosi.

La pericolosità degli stimoli elettrici esterni dipende:

1. dall'intensità, dalla natura e dalla durata della corrente che riescono a far circolare nel corpo umano;
2. dalla costituzione fisica della persona (massa corporea e stato di salute).

# SICUREZZA ELETTRICA

## 1. Elementi di elettrofisiologia (effetti della corrente sul corpo umano)

Una corrente elettrica nel corpo umano, con caratteristiche che la pongono al di sopra della soglia di eccitabilità, può produrre effetti che possono essere particolarmente pericolosi e/o mortali:

### Tetanizzazione

Si contraggono i muscoli interessati al passaggio della corrente, risulta difficile staccarsi dalla parte in tensione con cui si è venuti in contatto. Il valore più grande di corrente per cui una persona è ancora in grado di staccarsi della sorgente elettrica si chiama “corrente di rilascio” ed è compreso tra i 10mA e i 15mA (a 50Hz).

### Arresto della respirazione

Se la corrente elettrica attraversa i muscoli che controllano il movimento dei polmoni, la contrazione involontaria di questi muscoli altera il normale funzionamento del sistema respiratorio e il soggetto può morire soffocato. Il fenomeno è reversibile solo se si provvede con prontezza, anche con l'ausilio della respirazione artificiale, al soccorso dell'infortunato per evitare danni al tessuto cerebrale.

# SICUREZZA ELETTRICA

## 1. Elementi di elettrofisiologia (effetti della corrente sul corpo umano)

### Fibrillazione ventricolare

Contrazioni scoordinate del cuore. E' particolarmente pericolosa quando si verifica nella zona ventricolare perché diventa un fenomeno non reversibile in quanto il fenomeno persiste anche se lo stimolo è cessato. Meno pericolosa, grazie alla sua natura reversibile, è invece la fibrillazione atriale. La fibrillazione ventricolare è reversibile entro i primi due o tre minuti soltanto se il cuore è sottoposto ad una scarica elettrica molto violenta (viene impiegato il "defibrillatore").

### Ustioni

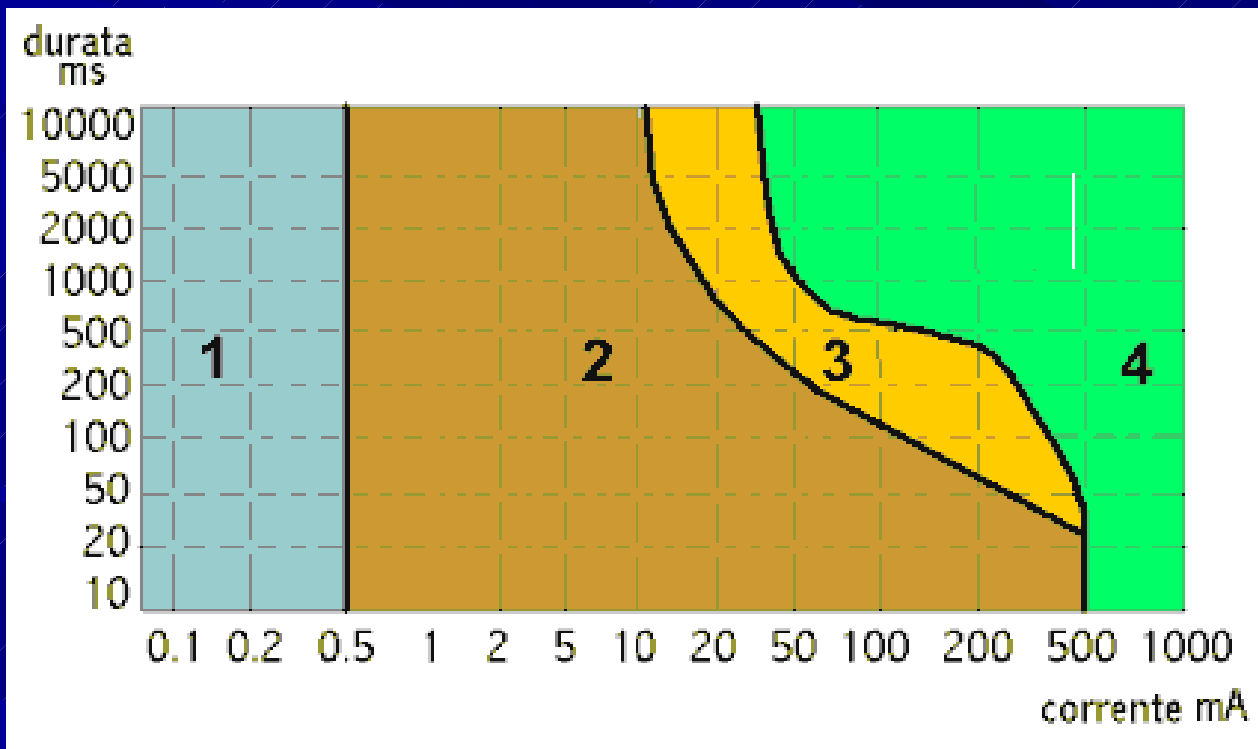
Sono prodotte dal calore che si sviluppa per effetto Joule a causa della corrente elettrica che fluisce attraverso il corpo (per esempio, se attraverso la pelle si innesca un flusso di corrente la cui densità è di circa 60 milliampere al mm<sup>2</sup>, questa verrà carbonizzata in pochi secondi).

# SICUREZZA ELETTRICA

## 2. Correnti pericolose

### Limiti di pericolosità della corrente elettrica

I limiti convenzionali di pericolosità della corrente elettrica, in funzione del tempo per cui fluisce attraverso il corpo umano, sono stati riassunti, dalle Norme, in un grafico tempo-corrente.



*Pericolosità della corrente elettrica alternata a 50, 60 Hz*

**Zona 1** - La corrente esterna si percepisce appena;

**Zona 2** - Non si hanno normalmente effetti pericolosi;

**Zona 3** - Effetti quasi sempre reversibili che possono divenire pericolosi a causa della tetanizzazione;

**Zona 4** - Si può innescare la fibrillazione, arresto della respirazione o ustioni.

# SICUREZZA ELETTRICA

## 2. Correnti pericolose

Il percorso seguito dalla corrente ha una grande influenza sulla probabilità d'innescio della fibrillazione, per questo motivo è stato definito un “fattore di percorso” che indica la pericolosità dei diversi percorsi seguiti dalla corrente considerando come riferimento il percorso mano sinistra - piedi.

### *Fattori di percorso*

<i>Percorso</i>	<i>Fattore di percorso</i>
Mani - Piedi	1
Mano sinistra - Piede sinistro	1
Mano sinistra - Piede destro	1
Mano sinistra - Entrambi i piedi	1
Mano sinistra - Mano destra	0,4
Mano sinistra - Dorso	0,7
Mano sinistra - Torace	1,5
Mano destra - Piede sinistro	0,8
Mano destra - Piede destro	0,8
Mano destra - Dorso	0,3
Mano destra - Torace	1,3
Glutei - Mani	0,7

# SICUREZZA ELETTRICA

## 3. Tensioni pericolose

### Limiti di pericolosità della tensione elettrica

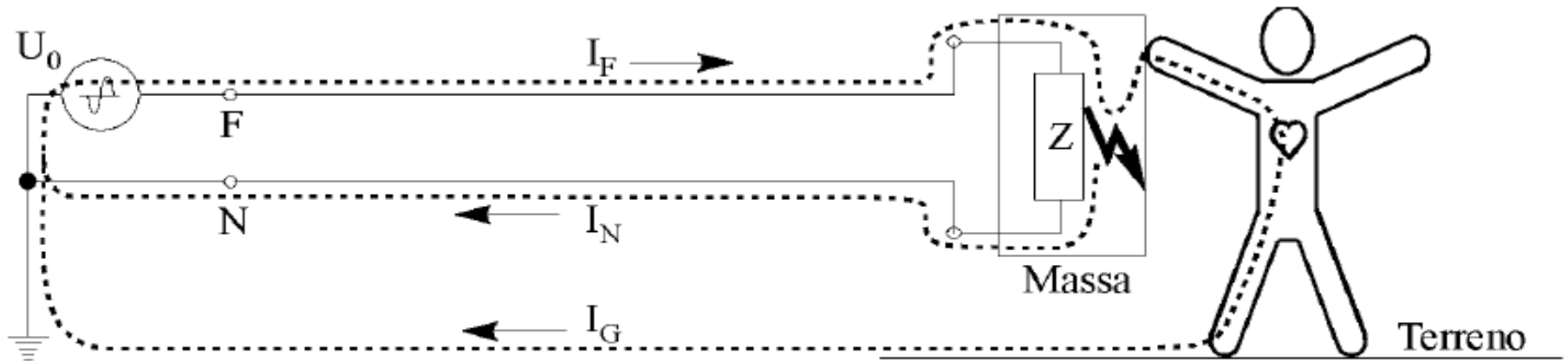
Ai fini pratici, è più conveniente riferirsi ai valori di “tensione pericolosa” per il corpo umano, piuttosto che non direttamente ai valori di corrente.

Per arrivare a definire i valori di tensione pericolosa, è necessaria una stima - statistica – del valore della resistenza del corpo umano.

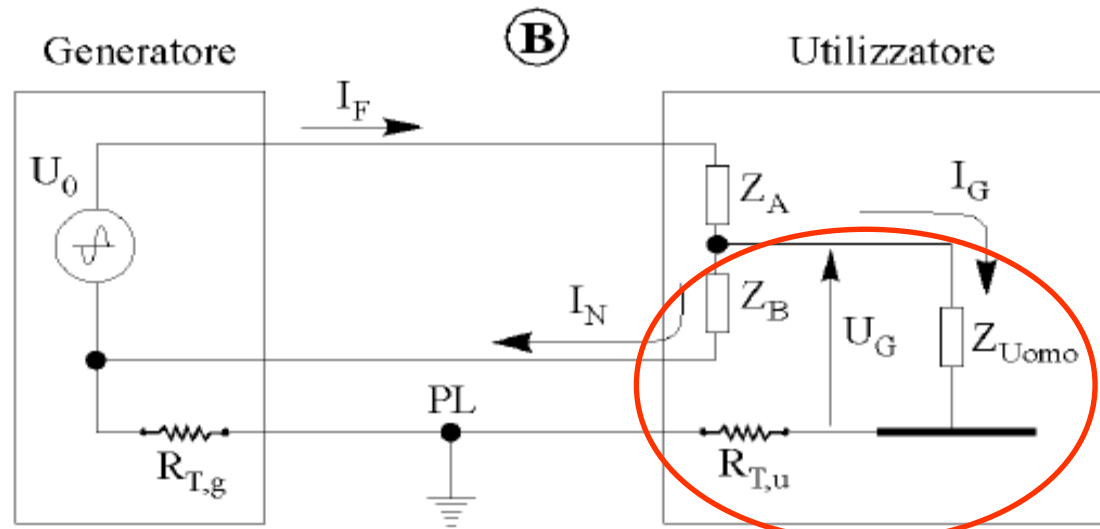
# SICUREZZA ELETTRICA

## 3. Tensioni pericolose

### *Limiti di pericolosità della tensione elettrica*



*Contatto indiretto in un circuito con guasto a massa.*

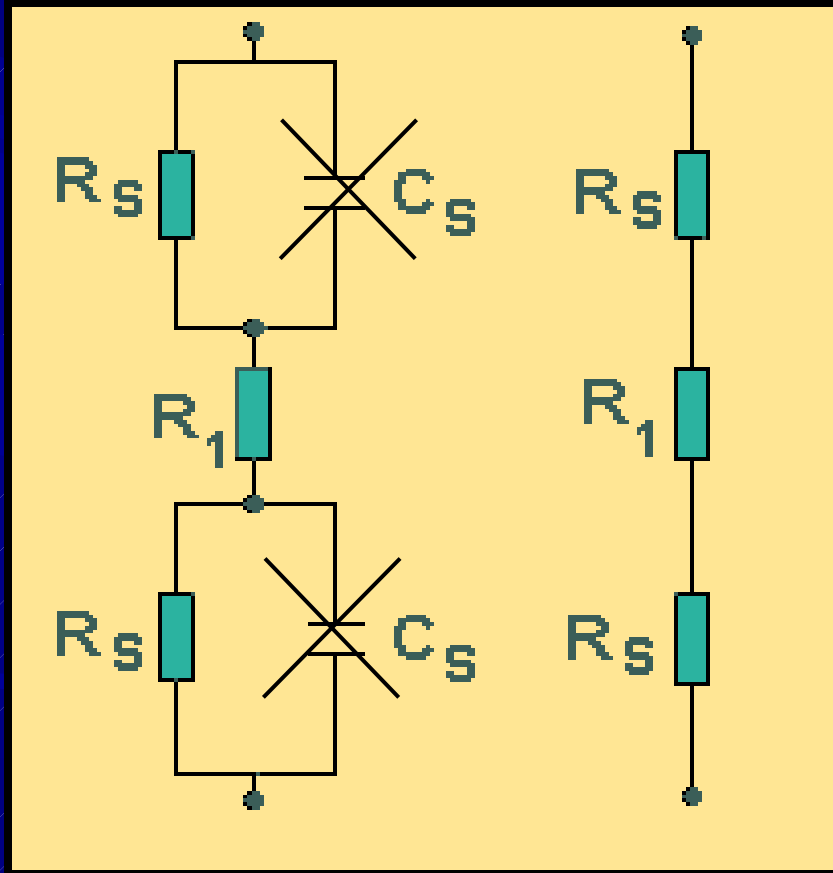




# SICUREZZA ELETTRICA

## 3. Tensioni pericolose

### Resistenza del corpo umano



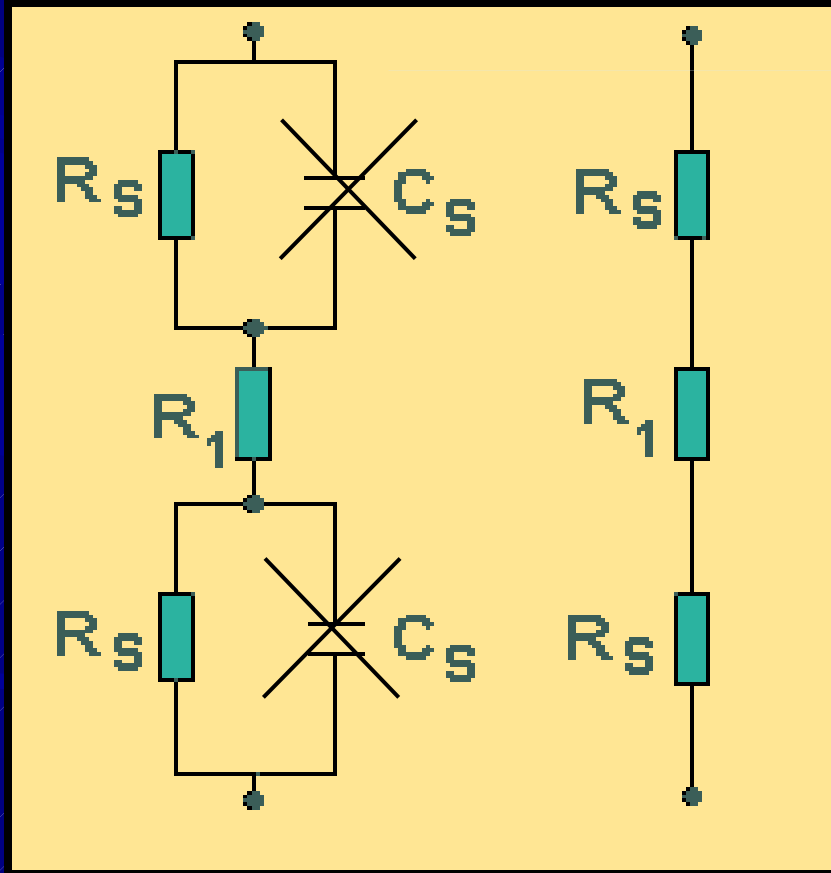
*Circuito equivalente  
del corpo umano*

Dare dei valori precisi alla resistenza elettrica del corpo umano risulta piuttosto difficoltoso essendo questa influenzata da molte variabili: percorso della corrente, stato della pelle (presenza di calli, sudore, umidità, tagli, abrasioni ecc..), superficie di contatto, tensione di contatto (sperimentalmente si è visto che all'aumentare della tensione diminuisce la resistenza). Come tale è possibile valutarla solo statisticamente e quindi le norme CEI fanno riferimento a valori convenzionali riferiti ad un campione medio di popolazione.

# SICUREZZA ELETTRICA

## 3. Tensioni pericolose

### Resistenza del corpo umano



*Circuito equivalente  
del corpo umano*

<i>Tensione di contatto</i>	<i>Valori di <math>R_c</math> non superati dal 5% della popolazione (percorso mani - piedi)</i>
25 V	875 $\Omega$
50 V	725 $\Omega$
75 V	625 $\Omega$
100 V	600 $\Omega$
125 V	562 $\Omega$
220 V	500 $\Omega$
700 V	375 $\Omega$

# SICUREZZA ELETTRICA

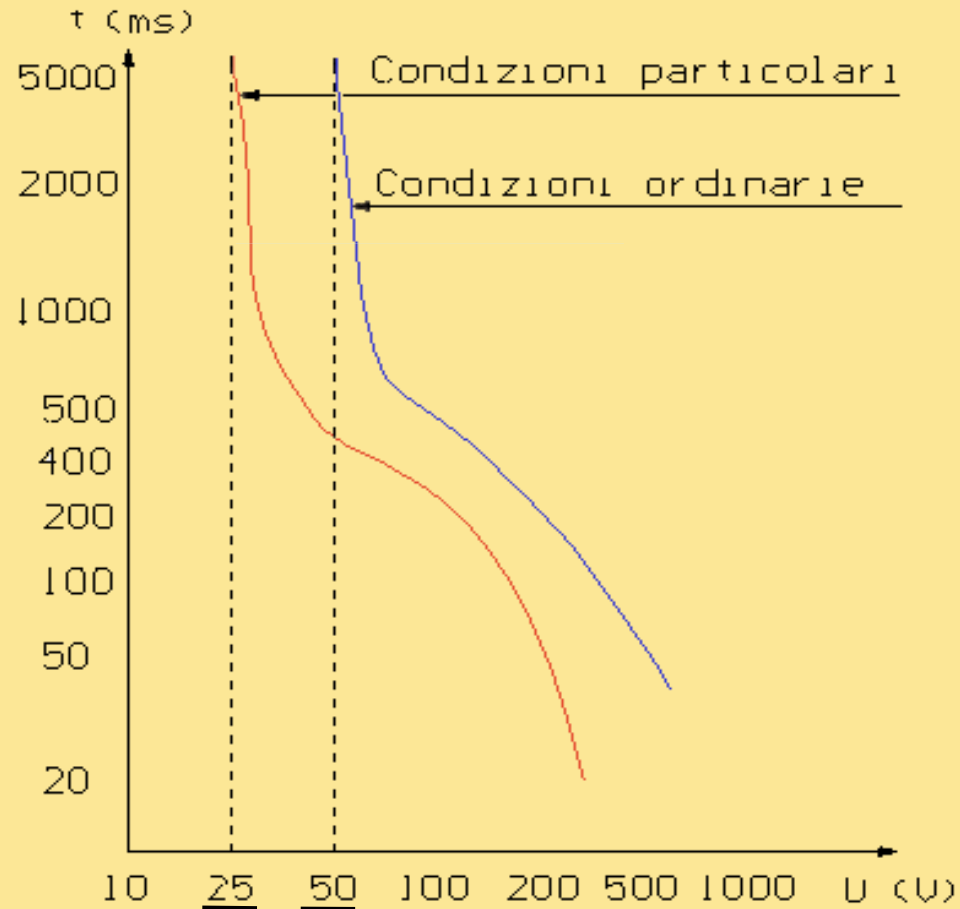
## 3. Tensioni pericolose

<i><u>Valori di <math>R_{T,u}</math></u></i>	
Condizioni Ordinarie	Condizioni Non ordinarie
1000 $\Omega$	200 $\Omega$

<i><u>Valori di <math>R_c + R_{T,u}</math></u></i>		
Tensione di Contatto [V]	Condizioni Ordinarie	Condizioni Non ordinarie
25	1875 $\Omega$	1075 $\Omega$
50	1725 $\Omega$	925 $\Omega$
75	1625 $\Omega$	825 $\Omega$
100	1600 $\Omega$	800 $\Omega$

# SICUREZZA ELETTRICA

## 3. Tensioni pericolose



Condizioni ordinarie

<i>Tensione di contatto</i>	<i>Tempo soppr.zione</i>
< 50 V	infinito
50 V	5 s
75 V	1 s
90 V	0.5 s
110 V	0.2 s
150 V	0.1 s
220 V	0.05 s
280 V	0.03 s

Curve di sicurezza tensione-tempo

# SICUREZZA ELETTRICA

## 4. Contatti pericolosi

### **4.1 Contatti diretti**

Si parla di contatto diretto quando si entra in contatto con una parte attiva dell'impianto e cioè con conduttori che sono normalmente in tensione, ad esempio i conduttori di una linea elettrica compreso il neutro (ma escluso il conduttore PEN).

### **4.2 Contatti indiretti**

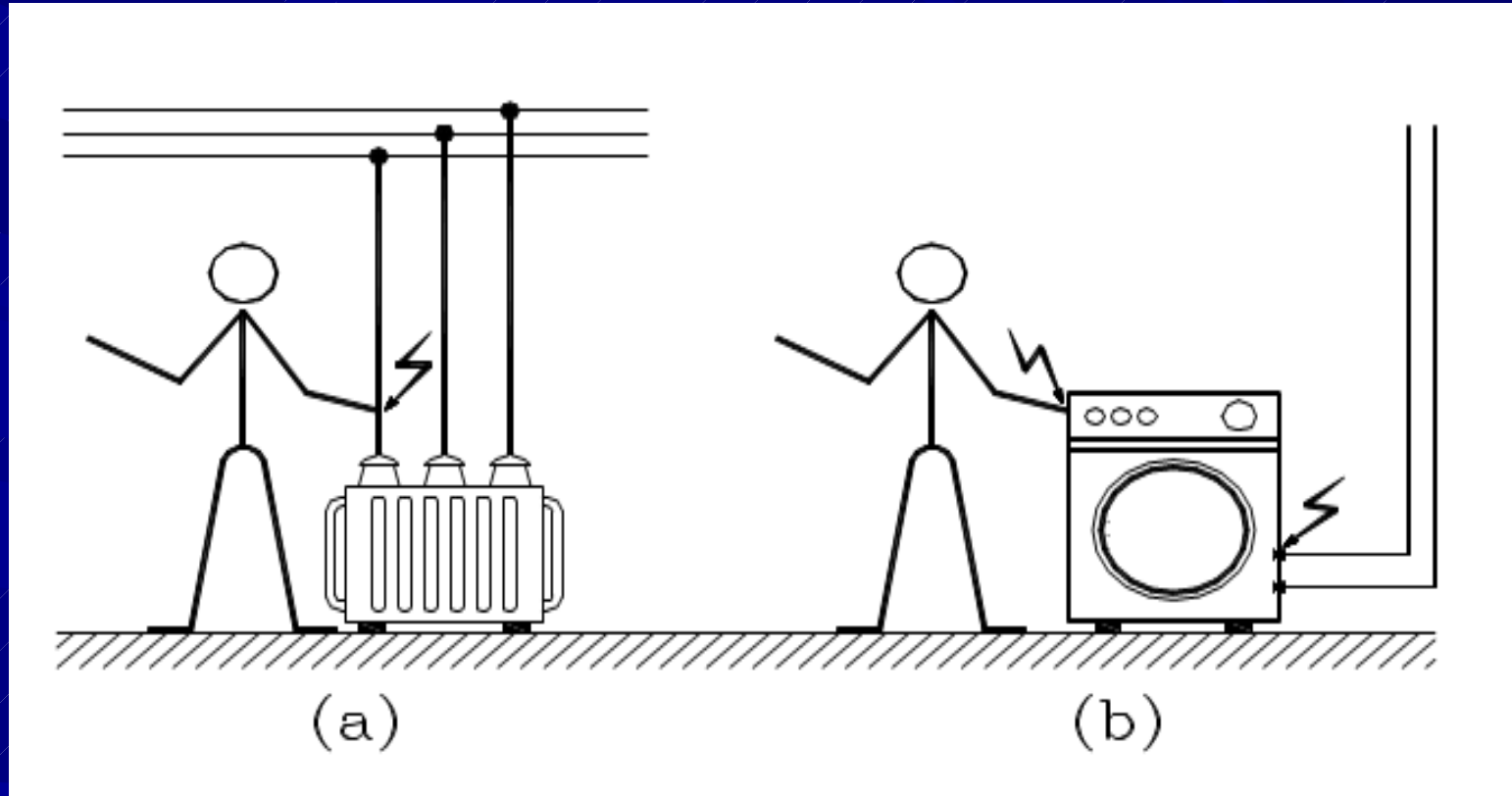
Un contatto indiretto è il contatto di una persona con una massa o con una parte conduttrice a contatto con una massa durante un guasto all'isolamento (ad esempio la carcassa di un elettrodomestico).

*Il contatto indiretto è più “insidioso” del contatto diretto.*

*Infatti, mentre nel caso del contatto diretto il pericolo è “visibile”, nel contatto indiretto il pericolo è “invisibile” ed inaspettato, perché si presenta, a causa di un guasto, in situazioni che si è abituati a considerare non pericolose.*

# SICUREZZA ELETTRICA

## 4. Contatti pericolosi



Contatto diretto

Contatto indiretto