



Esercizi sicurezza



ESERCIZIO A

Per quanto tempo una persona può sopportare una corrente alternata di 100 mA con probabilità del 5% di incorrere in fibrillazione cardiaca?

SOLUZIONE

Dalla **fig. 1** in Appendice, la linea c2 descrive la possibilità di incorrere nella fibrillazione ventricolare con probabilità al 5%; pertanto, il tempo massimo si ricava incrociando tale linea con la corrente indicata ed è pari a 800 ms.

ESERCIZIO 1

A causa di un guasto nell'isolamento di un attrezzo da lavoro, un operaio è attraversato da una corrente alternata di valore 50 mA. Per quanto tempo può sopportarla con probabilità del 5% di incorrere in fibrillazione cardiaca?

[Ris.: 2 s]



ESERCIZIO B

A causa di un guasto nell'isolamento di un piccolo elettrodomestico, una casalinga è attraversata da una corrente alternata di valore 50 mA. Per quanto tempo può sopportarla senza subire effetti fisiologicamente pericolosi?

SOLUZIONE

Dalla **fig. 1** in Appendice, la zona priva di effetti fisiologicamente pericolosi è la 2; pertanto, il tempo massimo si ricava incrociando la linea b ed è pari a poco più di 200 ms.

ESERCIZIO 2

Per quanto tempo una persona può sopportare una corrente alternata di 200 mA senza subire effetti fisiologicamente pericolosi?

[Ris.: 50 ms]



ESERCIZIO C

Per quanto tempo una persona può sopportare una corrente alternata di 100 mA senza pericolo di incorrere in fibrillazione cardiaca?

SOLUZIONE

Dalla **fig. 1** in Appendice, la zona esente da pericolo di fibrillazione cardiaca è la 3, limitata dalla curva c1; pertanto, il tempo massimo si ricava incrociando tale linea con la corrente indicata ed è pari a 500 ms.

ESERCIZIO 3

Per quanto tempo una persona media può sopportare di essere percorsa da una corrente alternata di 50 mA senza pericolo di incorrere in fibrillazione cardiaca?

[Ris.: 1 s]



ESERCIZIO D

A causa del cedimento dell'isolante di un trapano elettrico, un tecnico è attraversato da una corrente alternata di valore 100 mA. Per quanto tempo può sopportarla con probabilità del 50% di incorrere in fibrillazione cardiaca?

SOLUZIONE

Dalla **fig. 1** in Appendice, la linea c3 descrive la possibilità di incorrere nella fibrillazione ventricolare con probabilità al 50%; pertanto, il tempo massimo si ricava incrociando tale linea con la corrente indicata ed è pari a 1.500 ms.

ESERCIZIO 4

A causa del cedimento dell'isolante di una prolunga, un operaio è attraversato da una corrente alternata di valore 500 mA. Per quanto tempo può sopportarla con probabilità del 50% di incorrere in fibrillazione cardiaca?

[Ris.: 400 ms]



ESERCIZIO E

Una linea di distribuzione trifase in bassa tensione presenta:

- quattro conduttori di distribuzione;
- tre conduttori di colore blu;
- un conduttore neutro;
- quattro tensioni concatenate e tre tensioni di fase.

SOLUZIONE

Una linea di distribuzione trifase in bassa tensione presenta quattro conduttori di distribuzione, di cui uno di neutro di colore blu; le tensioni concatenate (tra fase e fase) sono tre, come pure le tensioni di fase (tra fase e neutro). Le sole risposte esatte sono quindi la prima e la terza.

**ESERCIZIO F**

Un uomo tocca con dita asciutte uno dei conduttori in tensione di una linea trifase a 400 V con neutro a terra. Egli calza scarpe di cuoio su terreno asciutto, tanto che la resistenza piede-terreno può valutarci 50 M Ω . Valutarne le conseguenze.

SOLUZIONE

La tensione tra fase e terreno vale 230 V. Valutando in 2 k Ω la resistenza del corpo, si ha $R_{TOT} = 25,002 \text{ M}\Omega$ e la corrente risulta: $I = V/R_{TOT} = 230 \text{ V}/25.002 \text{ k}\Omega = 9,2 \mu\text{A}$.

Tale corrente risulta inoffensiva; l'uomo, avvertita la "scossa", abbandonerà il contatto.

**ESERCIZIO G**

Un tecnico tocca inavvertitamente con le due mani ($R = 2.000 \Omega$) entrambi i conduttori di una linea monofase in tensione a 230 V. Valutarne gli effetti e indicare le opportune protezioni.

SOLUZIONE

La resistenza del corpo in questo caso chiude tra loro i due conduttori di linea, comportandosi come un normale utilizzatore che assorbe una corrente:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{230 \text{ V}}{2.000 \Omega} = 115 \text{ mA}$$

senza intervento del differenziale. Poiché tale corrente è sopportabile senza conseguenze per un tempo non superiore a 90 ms, è necessario predisporre una protezione preventiva, mediante la costruzione di un impianto "a regola d'arte", con conduttori e morsetti ben isolati, scatole di derivazione ben chiuse, apparecchi utilizzatori con involucri che impediscano la penetrazione di oggetti fino a 1 mm di diametro, prese con cavità protette a metà da isolante, ecc.

ESERCIZIO 5

Nello svitare una lampadina, una persona in pantofole ($R = 2.000 \Omega$) entra in contatto con la linea di fase 230 V. Sapendo che la resistenza delle due pantofole con il pavimento vale $R_p = 5.000 \Omega$, valutare il tempo di intervento del relè differenziale e determinare gli effetti fisiologici sulla persona.

[Ris.: $I = 32,86 \text{ mA}$; $\Delta t = 40 \text{ ms}$; zona 2, non esiste pericolosità]

**ESERCIZIO H**

Nel pulire il lampadario con un panno umido, una casalinga ($R = 2.000 \Omega$) tocca la parte metallica di una delle lampadine entrando in contatto con la linea di fase 230 V. Sapendo che indossa ciabatte non isolanti ($R_c = 500 \Omega$), valutare il tempo di intervento del relè differenziale e determinare gli effetti fisiologici sulla persona.

SOLUZIONE

La corrente di terra vale:

$$I = \frac{V}{R + R_c} = \frac{230 \text{ V}}{2.000 \Omega + 500 \Omega} = 92 \text{ mA}$$

perciò scatta il differenziale da 30 mA entro circa 23 ms. Si tratta, quindi, di un punto di pericolosità in zona 2, senza effetti fisiologici di rilievo.

**ESERCIZIO I**

La resistenza di riscaldamento di una lavatrice ($P = 1.000 \text{ W}$) ha l'isolamento logoro nella parte centrale. Sapendo che la carcassa è messa a terra ($R_T = 200 \Omega$) e che l'impianto è provvisto di relè differenziale da 30 mA, cosa succede quando carica acqua nel cestello? E se la carcassa non fosse connessa a terra?

SOLUZIONE

Quando la lavatrice carica acqua nel cestello, il riscaldamento è spento, perciò non succede nulla. Quando invece la lavatrice inizia l'operazione di riscaldamento, l'acqua crea un cortocircuito tra la parte centrale della resistenza di riscaldamento e la carcassa metallica, innescando una corrente di terra. La resistenza della lavatrice è:

$$R_L = \frac{V^2}{P} = \frac{(230 \text{ V})^2}{1.000 \text{ W}} = 52,9 \Omega$$

la corrente di terra vale:

$$I = \frac{V}{\frac{R_L}{2} + R_T} = \frac{230 \text{ V}}{26,45 \Omega + 200 \Omega} = 1,01 \text{ A}$$

e il differenziale interviene in meno di 20 ms.

Se la carcassa non fosse connessa a terra, si avrebbe una corrente di guasto non appena una persona tocca la lavatrice mentre questa sta scaldando l'acqua. In tal caso, considerando di 2.000 Ω il valore della resistenza del corpo verso terra, la corrente di terra varrebbe:

$$I = \frac{V}{\frac{R_L}{2} + R_c} = \frac{230 \text{ V}}{26,45 \Omega + 2.000 \Omega} = 113,5 \text{ mA}$$

Il differenziale interverrebbe entro 23 ms. Si tratterebbe di una situazione di pericolosità in zona 2, senza effetti fisiologici di rilievo. Se però la persona avesse mani bagnate e fosse a piedi nudi (come può capitare quando si è in bagno), la resistenza del corpo risulterebbe estremamente bassa e il tempo di intervento dell'interruttore differenziale non sarebbe sufficientemente breve per evitare la fibrillazione cardiaca.

Per esempio, con $R_c = 200 \Omega$, $I = 1,01 \text{ A}$ e con 20 ms di ritardo si è in zona 4, con il 50% di probabilità di fibrillazione.

ESERCIZIO 6

Nel pulire l'asta metallica di sostegno del lampadario con un detersivo liquido, una casalinga ($R = 2.000 \Omega$) pone in contatto l'asta metallica, che sta toccando, con la linea di fase 230 V. Sapendo che il lampadario è messo a terra ($R_T = 200 \Omega$), valutare il tempo di intervento del relè differenziale e determinare gli effetti fisiologici sulla persona.

$$[\text{Ris.: } \frac{V}{R} + \frac{V}{R_T} = 115 \text{ mA} + 1,15 \text{ A} = 1,265 \text{ A},$$

il differenziale da 30 mA scatta in meno di 20 ms.

La persona è attraversata da 115 mA per 20 ms, perciò si tratta di un punto di pericolosità in zona 2, senza effetti fisiologici di rilievo]



ESERCIZIO J

Determinare il valore massimo della resistenza di terra per un condominio di dieci appartamenti, ciascuno con relè differenziale da 30 mA.

SOLUZIONE

In caso di corrente di perdita in tutti gli appartamenti, la corrente di terra complessiva senza intervento dei differenziali sfiora i 300 mA. In questa situazione, la tensione dell'impianto di terra non deve superare i 50 V previsti dalla norma, perciò:

$$R_T < \frac{50 \text{ V}}{300 \text{ mA}} = 166,7 \Omega$$

ESERCIZIO 7

Determinare il valore massimo della resistenza di terra per un condominio di dodici appartamenti, ciascuno dotato di relè differenziale da 30 mA.

[Ris.: $R_T \leq 138,9 \Omega$]



ESERCIZIO K

Quattro picchetti lunghi un metro sono infissi nel terreno, bloccati mediante colata di cemento e ghiaia, in rapporto 1 a 5, e connessi in parallelo tra loro e al collettore di terra. Trascurando la resistenza dei conduttori di connessione, determinare la resistenza della maglia di terra.

SOLUZIONE

La resistività (ρ) tipica del terreno indicato vale $400 \Omega \text{ m}$, pertanto ciascun picchetto presenta una resistenza equivalente:

$$R_p = \frac{\rho}{l} = \frac{400 \Omega \text{ m}}{1 \text{ m}} = 400 \Omega$$

Considerando poi la dispersione dei conduttori di connessione, la resistenza della maglia di terra risulta minore di:

$$\frac{R_p}{4} = 100 \Omega$$