

# Progettazione di impianti elettrici industriali

Prof. E. Cardelli

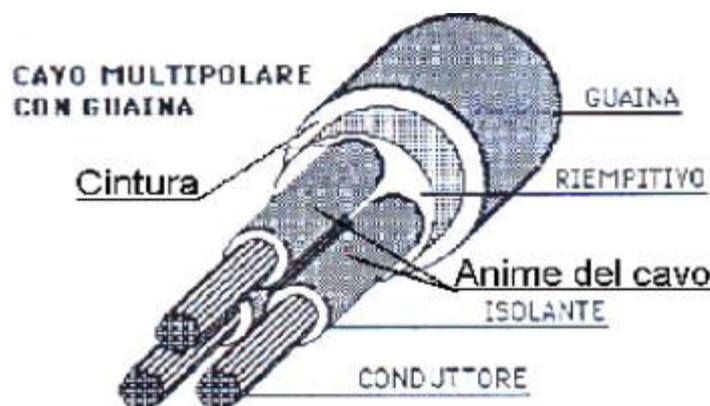
# CAVI ELETTRICI

## Definizioni:

con la denominazione di cavo elettrico si intende indicare un conduttore uniformemente isolato oppure un insieme di più conduttori isolati, ciascuno rispetto agli altri e verso l'esterno, e riuniti in un unico complesso provvisto di rivestimento protettivo.

Il cavo risulta costituito quindi da più parti e precisamente:

- La parte metallica (il rame o altro conduttore) destinata a condurre corrente, costituita da un filo unico o da più fili intrecciati tra di loro e il conduttore vero e proprio.
- Il conduttore è circondato da uno strato di materiale isolante che è formato dalla miscela di materiali opportunamente, scelti, dosati e sottoposti a trattamenti termici e tecnologici vari.
- L'insieme del conduttore del relativo isolamento costituisce l'anima del cavo.
- Un cavo può essere formato da più anime. L'involucro isolante applicato sull'insieme delle anime è denominato cintura.
- La guaina, che può essere rinforzata con elementi metallici, e il rivestimento tubolare continuo avente funzione protettiva delle anime del cavo. La guaina in generale è sempre di materiale isolante.
- Talvolta i cavi sono dotati anche di un rivestimento protettivo avente una funzione di protezione meccanica o chimica come ad esempio una fasciatura o una armatura flessibile di tipo metallico o non metallico.



# Cavi per energia

## Sistema di designazione internazionale

Il presente sistema di designazione, ricavato dalla *Norma CEI 20-27*, si applica ai soli **cavi armonizzati** in sede CENELEC.

I tipi di cavi nazionali, per i quali il CT 20 del CENELEC ha concesso espressamente l'uso, potranno utilizzare questo sistema di designazione.

Per tutti gli altri cavi nazionali si deve applicare la tabella *CEI-UNEL 35011*: "Sigle di designazione".

**Le seguenti indicazioni sono state estratte dalla Norma CEI 20-27.**

La designazione di un cavo è composta di 3 parti:

- ❖ parte 1
  - (1) Norme di riferimento
  - (2) Tensione nominale
  
- ❖ parte 2
  - (3) Materiale isolante
  - (4) Rivestimenti metallici (il relativo simbolo può cambiare posizione)
  - (5) Armatura (il relativo simbolo può cambiare di posizione)
  - (6) Guaina non metallica (il relativo simbolo può cambiare di posizione)
  - (7) Componenti costruttivi e costruzioni speciali
  - (8) Materiale del conduttore
  - (9) Forma del conduttore
  
- ❖ parte 3
  - (10) Numero delle anime / simbolo di moltiplicazione:
    - "X" per cavo senza anima giallo - verde
    - "G" per cavo con anima giallo - verde
  - (10) Sezione del conduttore (in mm<sup>2</sup>)

I seguenti simboli devono essere indicati secondo la sequenza numerica descritta.

(1) **Norme di riferimento**

simbolo	H	conformità a norme armonizzate CENELEC
	A	cavo di tipo nazionale riconosciuto elencato nei supplementi alle Norme armonizzate CENELEC
	xx - N	altro tipo di cavo nazionale

(2) **Tensione nominale**

simbolo	03	tensione nominale di isolamento $U_o/U = 300/300V$
	05	tensione nominale di isolamento $U_o/U = 300/500V$
	07	tensione nominale di isolamento $U_o/U = 450/750V$
	1	tensione nominale di isolamento $U_o/U = 0.6/1KV$

$U_o$  è il valore efficace della tensione tra uno qualsiasi dei conduttori e la terra (rivestimento metallico del cavo o terra dell'ambiente circostante).

U rappresenta il valore efficace della tensione tra due conduttori del cavo qualsiasi.

(3) **Materiale isolante**

simbolo	B	gomma etilenpropilenica
	B3	gomma butilica
	J	treccia di fibra di vetro
	M	minerale
	N	policloroprene (o materiale equivalente)
	R	gomma naturale o gomma stirene-butadiene
	S	gomma siliconica
	V	polivinilcloruro (PVC) di uso comune
	X	polietilene reticolato

(4) **Rivestimenti metallici** (guaine, conduttori concentrici e schermi)

simbolo	A	conduttore concentrico di alluminio
	A5	guaina in alluminio a nastro
	A7	schermo di alluminio
	C	conduttore concentrico di rame
	C2	guaina di rame
	C4	schermo a traccia di rame sull'insieme delle anime
	C7	schermo di rame a fili, piattine o nastri
	F	guaina di acciaio
	K	guaina di zinco

(5) **Armatura**

simbolo	Z2	armatura a fili rotondi d'acciaio
	Z3	armatura a piattine di acciaio
	Z4	armatura a nastri di acciaio
	Y2	armatura a fili rotondi di alluminio
	Y3	armatura a piattine di alluminio

(6) **Guaina non metallica**

simbolo	B	gomma etilenpropilenica
	B3	gomma butilica
	J	treccia di fibra di vetro
	M	minerale
	N	policloroprene (o materiale equivalente)
	R	gomma naturale o gomma stirene-butadiene
	S	gomma siliconica
	V	polivinilcloruro (PVC) di uso comune
	X	polietilene reticolato

(7) **Componenti costruttivi e costituzioni speciali**

simbolo	nessuno	cavo rotondo
	D3	organo portante posto al centro del cavo
	D4	cavo portante in cui il conduttore/i hanno anche la funzione di organo portante
	H2	cavi piatti non divisibili
	H3	cavi piatti con anime distanziate da un listello

(8) **Materiale del conduttore**

simbolo	nessuno	rame
	- A	alluminio
	- Z	conduttore di materiale e/o forma speciale

(9) **Forma del conduttore**

simbolo	- F	conduttore flessibile di un cavo flessibile per servizio mobile
	- H	conduttore flessibilissimo di un cavo flessibile per servizio mobile
	- K	conduttore flessibile di un cavo per installazione fissa
	- R	conduttore rigido, rotondo, a corda
	- S	conduttore rigido, settoriale, a corda
	- U	conduttore rigido, rotondo, a filo unico

(10) **Numero delle anime e sezione del conduttore (in mm<sup>2</sup>)**

*esempi generali:*

3 X 16	cavo a 3 anime di sezione 16 mm <sup>2</sup>
3 X 25 + 1 X 16	cavo a 4 anime, 3 di sezione 25 mm <sup>2</sup> e 1 di sezione 16 mm <sup>2</sup>
5G10	cavo a 5 anime di sezione 10 mm <sup>2</sup> , una anima con isolante giallo-verde
4 X 70 + 1G35	cavo a 5 anime, 4 di sezione 70 mm <sup>2</sup> e 1 di sezione 35 mm <sup>2</sup> con isolante giallo-verde

**Esempio:** cavo sigla di designazione **H07 RN-F 4G6**

- (1) **H** = cavo conforme alle Norme armonizzate CENELEC (HD 22.4 S2)
- (2) **07** = tensione nominale di isolamento  $U_0/U$  450/750V
- (3) **R** = isolante in gomma naturale (EI 1)
- (6) **N** = guaina (non metallica) in policloroprene (EM 2)
- (9) **- F** = conduttore flessibile di cavo flessibile
- (10) **4G6** = a 4 anime di sezione 6 mm<sup>2</sup> di cui 1 con isolante giallo-verde

Nell'esempio, i punti (4) e (5) sono stati omessi, in quanto non interessanti il cavo in esame.

### Sistema di designazione nazionale

Il presente sistema di designazione, estratto dalla tabella *CEI-UNEL 35011 (1987): "Cavi per energia e segnalamento – Sigle di designazione"*, si applica a tutti i cavi **non** armonizzati.

La sigla di designazione di un cavo è formato da simboli che rappresentano le varie parti componenti il cavo stesso, nella successione seguente (cioè procedendo dall'interno verso l'esterno del cavo):

Ai fini della designazione completa di un cavo, la sigla deve essere preceduta dalla denominazione "**Cavo**"

- (1) Numero, sezione nominale ed eventuali particolarità dei conduttori
- (2) Natura e grado di flessibilità dei conduttori
- (3) Natura e qualità dell'isolante
- (4) Conduttori concentrici e schermi sui cavi unipolari o sulle singole anime dei cavi multipolari
- (5) Rivestimenti protettivi (guaine e armature) su cavi unipolari o sulle singole anime dei cavi multipolari
- (6) Composizione e forma dei cavi
- (7) Conduttori concentrici e schermi sull'insieme delle anime dei cavi multipolari
- (8) Rivestimenti protettivi (guaine armature) sull'insieme delle anime dei cavi multipolari
- (9) Eventuali organi particolari
- (10) Tensione nominale

Ai fini della designazione completa di un cavo, alla sigla deve seguire la citazione del numero della tabella *CEI-UNEL*, ove questa esista, e da eventuali indicazioni o prescrizioni complementari precisati per esempio:

- Norma CEI a cui il cavo risponde (se non esiste la tabella *CEI-UNEL*)
- Materiale isolante e/o per guaine (nel caso che il corrispondente simbolo valga per più di una qualità e che la qualità non risulti precisata dalla tabella o Norma)
- Particolari forme costruttive, funzioni, qualità dei componenti del cavo
- Colori dell'isolante e/o del rivestimento protettivo esterno (se non risultano già determinati dalla tabella o Norma)
- Tipo di impregnamento delle tracce tessili

(1) **Numero, sezione nominale ed eventuali particolarità dei conduttori**

- Si indicano le cifre del numero dei conduttori principali seguite dal segno "X" se nessuno dei conduttori ha l'isolante di colore giallo-verde, oppure seguite dalla lettera "G" se uno dei conduttori, di pari sezione, ha l'isolante giallo-verde e quindi se ne indica la sezione nominale in mm<sup>2</sup>.
- Il conduttore di neutro di sezione ridotta (con isolante blu chiaro) si identifica aggiungendo "+" seguito dal valore della sezione ridotta del conduttore stesso e dalla lettera "N".
- Il conduttore di protezione di sezione ridotta (con isolante giallo-verde) si identifica aggiungendo "+1G" seguito dal valore della sezione ridotta del conduttore stesso.

(2) **Natura e grado di flessibilità dei conduttori**

simbolo	nessuno	conduttori in rame
	A	conduttore in alluminio
	F	conduttore a corda flessibile rotonda
	FF	conduttore a corda flessibilissima rotonda
	R	conduttore a corda rigida rotonda, normale o compatta
	S	conduttore a corda settoriale
	SU	conduttore a filo unico settoriale
	U	conduttore a filo unico rotondo

(3) **Natura e qualità dell'isolante** (vedere: Isolante Elastomerici e Termoplastici)

simbolo	E4	polietilene reticolato qualità E4
	G	gomma qualità E1
	G1	gomma qualità G1
	G2	gomma qualità G2
	G3	gomma qualità G3
	G4	gomma qualità E12
	G5	gomma qualità G5
	G7	gomma qualità G7
	G9	gomma reticolato qualità G9
	G10	elastomero reticolato qualità G10
	M	isolante minerale
	R	polivinilcloruro qualità T11 e T12
	R2	polivinilcloruro qualità R2

(4) **Conduttori concentrici e schermi sui cavi unipolari o sulle singole anime dei cavi multipolari**

simbolo	AC	conduttore concentrico di alluminio
	C	conduttore concentrico in rame (se non è una guaina)
	H1	schermo a nastri o piattine o fili di rame
	H2	schermo a traccia o calza di rame

(5) **Rivestimenti protettivi (guaine e armature) sui cavi unipolari o sulle singole anime dei cavi multipolari** (vedere: Guaine Elastomeriche e Termoplastiche)

simbolo	E4	polietilene reticolato qualità E4
	E	guaina in polietilene qualità Ex e Ey
	F	armatura a fili cilindrici, normalmente di acciaio
	G	guaina in gomma qualità EM1 e Gy
	N	armatura a nastri, normalmente di acciaio
	P	guaina in piombo
	Q	guaina in rame
	K	guaine a policloroprene qualità EM2, Ky e Kn
	R	guaina in polivinilcloruro qualità TM1, TM2 e Rz
	M1	guaina in materiale termoplastico qualità M1
	M2	guaina in elastomero qualità M2

(6) **Composizione e forma dei cavi**

simbolo	nessuno	cavo unipolare
	O	cavo multipolare in forma rotonda
	D	cavo multipolare di forma piatta
	W	cavo multipolare piatto divisibile

(7) **Conduttori concentrici e schermi sull'insieme delle anime dei cavi multipolari**

simbolo	AC	conduttore concentrico di alluminio
	C	conduttore concentrico di rame (se non è una guaina)
	H1	schermo a nastri o piattine o fili di rame
	H2	schermo a traccia o calza di rame

(8) **Rivestimenti protettivi (guaine e rame) sull'insieme delle anime dei cavi multipolari**

simbolo	E4	polietilene reticolato qualità E4
	E	guaina in polietilene qualità Ex e Ey
	F	armatura a fili cilindrici, normalmente di acciaio
	G	guaina in gomma qualità EM1 e Gy
	N	armatura a nastri, normalmente di acciaio
	P	guaina in piombo
	Q	guaina in rame
	K	guaina in policloroprene qualità EM2, Ky e Kn
	R	guaina in polivinilcloruro qualità TM1, TM2 e Rz
	M1	guaina in materiale termoplastico qualità M1
	M2	guaina in elastomero qualità M2

(9) **Eventuali organi particolari**

simbolo	S	organo portante, generalmente metallico, incorporato nella guaina non metallica
	Y	organo portante, tessile o metallico, incluso tra le anime legato estremamente al cavo

(10) **Tensione nominale**

concludono la sigla ed è costituito dai seguenti numeri corrispondenti alle due tensioni nominali di isolamento, verso terra ( $U_o$ ) e concatenata (U), separate da una barra"/" e precedute da un trattino "-":

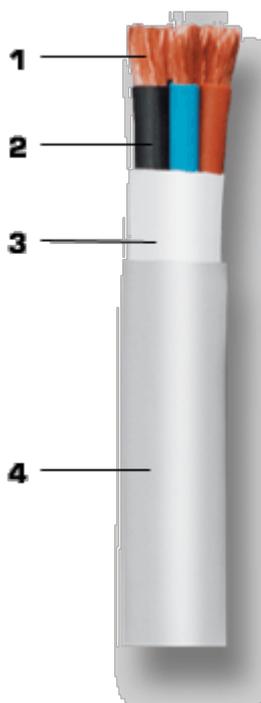
- tensione nominale di isolamento  $U_o/U=$  - 300/300 V (ex grado 1,5)
- tensione nominale di isolamento  $U_o/U=$  - 300/500 V (ex grado 2)
- tensione nominale di isolamento  $U_o/U=$  - 450/750 V (ex grado 3)
- tensione nominale di isolamento  $U_o/U=$  - 0.6/1 KV (ex grado 4)

**Esempio:**

**cavo                    3X50+25N   RG5OR   - 0.6/1 KV   UNEL 35356**

IEC 60502.1  
IEC 332.3  
UNEL 35375  
CEI 20-13  
CEI 20-22 II

## FG7OR-0,6/1KV NPI



**1 Conduttore: Rame flessibile rosso**  
**2 Isolante: Gomma HEPR qualità G7 ad alto modulo**  
**3 Guaina interna (ove richiesta): Riempitivo antifiamma**  
**4 Guaina esterna: PVC qualità Rz antifiamma**  
**Colore Grigio RAL 7035**

Tensione di Esercizio 0,6 / 1 KV
Tensione di Prova 4 KV
Temp. minima Ambiente: -30° C (DC)
Temp massima di esercizio: +90° C
Temp. minima di Posa: 0° C
Temp. di Corto Circuito 250° C
Min. raggio di curvatura: 4XD (DC)

### Descrizione e impiego

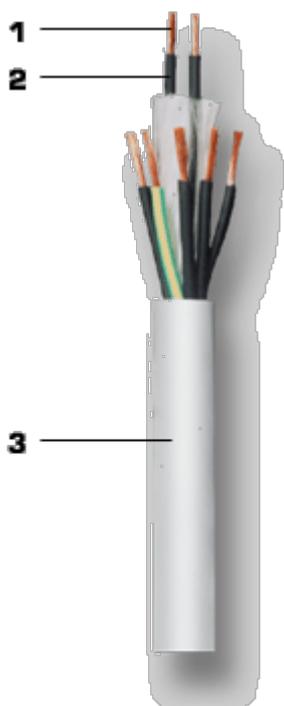
Questi cavi devono essere impiegati ogni qualvolta la *norma CEI 64-2 "impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione"* e la *norma CEI 64-8 "impianti elettrici utilizzatori"* prevedano cavi non propaganti l'incendio.

Oltre alla non propagazione dell'incendio questi cavi durante la combustione emettono una quantità contenuta di gas acidi e corrosivi ed avendo l'isolante in gomma offrono una maggior garanzia di funzionamento per quanto riguarda sovraccarichi e cortocircuiti e, sia pur limitata nel tempo, una continuità di esercizio anche durante l'esposizione alla fiamma.

### Condizioni di posa

Posa all'interno, in ambienti anche bagnati, ed all'esterno; posa fissa su murature e strutture metalliche. Posa anche interrata.

## FG7OR-0,6/1KVmulti NPI SCHERMATA E NON



**1 Conduttore: Rame flessibile rosso**  
**2 Isolante: Gomma HEPR qualità G7 ad alto modulo**  
**3 Guaina esterna: PVC qualità Rz antifiamma**  
**Colore Grigio RAL 7035**

Tensione di Esercizio 0,6 / 1 KV
Tensione di Prova 4 KV
Temp. minima Ambiente: -30° C (DC)
Temp massima di esercizio: +90° C
Temp. minima di Posa: 0°C
Temp. di Corto Circuito 250° C
Min. raggio di curvatura: 4XD (DC)

### Descrizione e impiego

I cavi multipolari per segnalamento e comandi di questo tipo devono essere impiegati ogni qualvolta la *norma CEI 64-2* "impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione" e la *norma CEI 64-8* "impianti elettrici utilizzatori" prevedano cavi non propaganti l'incendio.

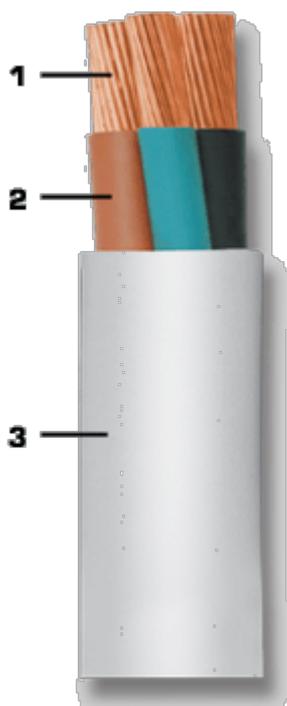
Il tipo di isolante impiegato (EPR qualità G7) conferisce migliori prestazioni sotto l'aspetto elettrico e meccanico nelle condizioni di impiego più varie e, nel caso di incendio, consentono una sia pur limitata continuità di esercizio anche durante l'esposizione alla fiamma.

### Condizioni di posa

Posa all'interno, in ambienti anche bagnati, ed all'esterno; posa fissa su murature e strutture metalliche. Posa anche interrata. Per una veloce identificazione le anime sono numerate progressivamente facilitando le operazioni di cablaggio e abbreviandone i tempi.

IEC 60502.1  
IEC 332.3  
UNEL 35376  
CEI 20-13  
CEI 20-22 II

## (U)-RG70R-0,6/1KV NPI



**1 Conduttore: Rame rigido rosso**  
**2 Isolante: Gomma HEPR qualità G7 ad alto modulo**  
**3 Guaina esterna: PVC qualità Rz antifiamma Colore Grigio RAL 7035**

Tensione di Esercizio 0,6 / 1 KV
Tensione di Prova 4 KV
Temp. minima Ambiente: -30° C (DC)
Temp massima di esercizio: +90° C
Temp. minima di Posa: 0°C
Temp. di Corto Circuito 250° C
Min. raggio di curvatura: 10XD (DC)

### Descrizione e impiego

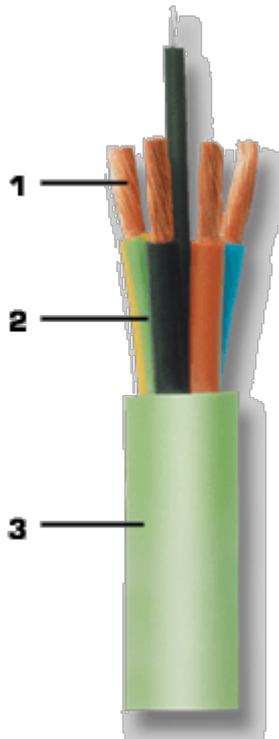
Questi cavi devono essere impiegati ogni qualvolta la *norma CEI 64-2 "impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione"* e la *norma CEI 64-8 "impianti elettrici utilizzatori"* prevedano cavi non propaganti l'incendio.

Oltre alla non propagazione dell'incendio questi cavi durante la combustione emettono una quantità contenuta di gas acidi e corrosivi ed avendo l'isolante in gomma offrono una maggior garanzia di funzionamento per quanto riguarda sovraccarichi e cortocircuiti e, sia pur limitata nel tempo, una continuità di esercizio anche durante l'esposizione alla fiamma.

### Condizioni di posa

Posa all'interno, in ambienti anche bagnati, ed all'esterno; posa fissa su murature e strutture metalliche. Posa anche interrata.

## FG7OM1-0,6/1KV



- 1 Conduttore: Rame rosso flessibile**
- 2 Isolante: Gomma HEPR qualità G7 ad alto modulo**
- 3 Guaina: Speciale miscela termoplastica qualità M1, colore verde**

Tensione di Esercizio 0,6 / 1 KV
Tensione di Prova 4 KV
Temp. minima Ambiente: -40° C (DC)
Temp massima di esercizio:+90° C
Temp. minima di Posa: 0°C
Temp. di Corto Circuito 250° C
Min. raggio di curvatura: 4XD (DC)

### Descrizione e impiego

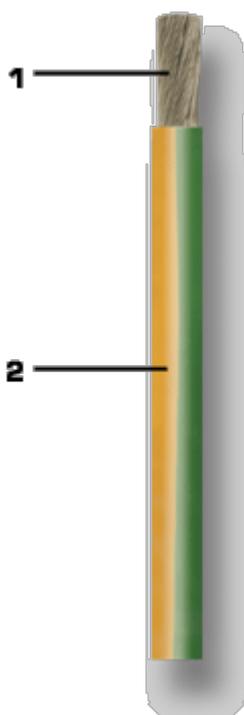
Questi cavi sono realizzati con speciali materiali che in caso di combustione conferiscono sia la caratteristica della non propagazione dell'incendio, superando la prova secondo la *norma CEI 20-22 III* da ritenersi la più restrittiva a livello europeo, sia la non emissione di alogeni, gas tossici e fumi opachi in accordo con la *norma CEI 20-38* e determinati secondo la *norma CEI 20-37*. Per questo se ne raccomanda l'impiego in luoghi a maggior rischio in caso di incendio soddisfacendo la *normativa CEI 64-2 e CEI 64-8*. L'eventuale combustione non sviluppa fumi opachi ed asfissianti permettendo una corretta evacuazione dai locali senza panico.

### Condizioni di posa

Posa fissa all'esterno ed all'interno in ambienti anche bagnati; ammessa anche la posa interrata.

## N07G9-K

CEI 20-22 II  
CEI 20-38  
IEC 332.3



**1 Conduttore: Rame flessibile stagnato**  
**2 Isolante: Elastometro reticolato qualità G9.**

**Colore Isolante: Blu, Marrone, Nero,  
Giallo/Verde, Rosso, Grigio.**

Tensione di Esercizio 450/750 V
Tensione di Prova 2500 V
Temp. minima Ambiente: -40° C (DC)
Temp massima di esercizio: +90° C
Temp. minima di Posa: -15° C
Temp. di Corto Circuito 250° C
Min. raggio di curvatura: 3XD

### Descrizione e impieghi

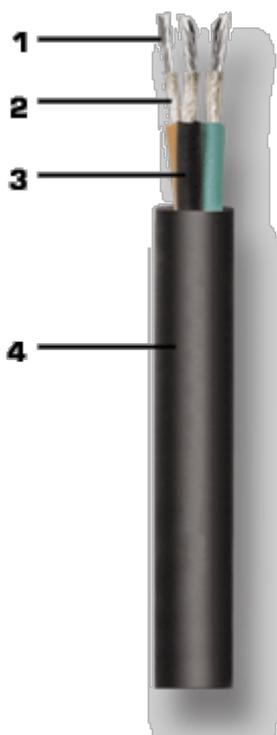
Particolarmente indicati per installazioni in luoghi con rischio di incendio e con elevata presenza di persone.

I cavi della serie N07G9-K sono isolati in elastomero speciale che in caso di combustione conferisce loro sia la caratteristica della non propagazione dell'incendio, superando la prova secondo la *norma CEI 20-22 II* che è da ritenersi la più restrittiva a livello europeo, che la non emissione di alogeni, gas tossici e fumi opachi in accordo con la *norma CEI 20-38* e determinati secondo *norma CEI 20-37*.

### Condizioni di posa

Installazione in armadi, tubazioni in vista od incassate o sistemi chiusi similari. Installazioni fisse e protette su o entro apparecchi di illuminazione o di interruzione e di comando.

## FG10 OM1 0,6/1KV



- 1 Conduttore: Rame flessibile stagnato con nastratura ignifuga**
- 2 Nastro: Vetro Mica**
- 3 Isolante: Gomma atossica tipo G10**
- 4 Guaina: Termoplastica atossica tipo M1**

Tensione di Esercizio 0,6/1KV
Tensione di Prova 4000 V
Temp. minima Ambiente: -30° C (DC)
Temp massima di esercizio: +90° C
Temp. minima di Posa: 0° C
Temp. di Corto Circuito 250° C
Min. raggio di curvatura: 6XD

### Descrizione e impieghi

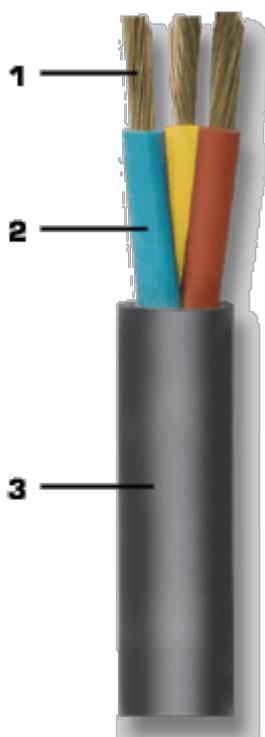
Sono specificamente studiati per funzionare durante l'incendio e garantire l'esercizio degli impianti allestiti con essi: non propagano l'incendio e, durante l'incendio, non emettono fumi opachi e gas tossici e corrosivi.

L'impiego di questi cavi è obbligatorio negli impianti elettrici di emergenza, cioè negli impianti in cui la continuità di funzionamento deve essere garantita, per un determinato periodo di tempo, anche durante l'incendio.

Essi quindi devono essere utilizzati per gli impianti di illuminazione, ventilazione, segnalamento, aspirazione fumi, etc., in locali di pubblico spettacolo e in edifici pubblici come ospedali, scuole, uffici, e in gallerie autostradali e ferroviarie, etc. Il loro uso è invece consigliabile, anche in assenza di prescrizione normativa, nei seguenti casi: ospedali (sale operatorie e di rianimazione, etc.), centri EDP, impianti industriali a "rischio"; in generale, per tutti i casi in cui l'aumento di costo dell'impianto legato all'impiego di cavi resistenti al fuoco in sostituzione di cavi normali, è giustificato dai benefici economici, derivanti dalla possibilità di portare a termine le attività intraprese, in condizioni di sicurezza per le persone e senza danni per gli impianti e le attrezzature.

## FG10 OM1 (M2)-0,6/1KV

UNEL 35369  
CEI 20-22 III  
CEI 20-38  
IEC 754.1  
IEC 332.3



**1 Conduttore: Rame flessibile stagnato rosso**  
**2 Isolante: gomma EPR qualità G10**  
**3 Guaina: Speciale miscela termoplastica qualità M1 o reticolato qualità M2**  
**Colore: Nero**

Tensione di Esercizio 0,6 / 1 KV
Tensione di Prova 4 KV
Temp. Min. Ambiente: -30° C M1 (DC) ; -40° C M2 (DC)
Temp massima di esercizio:+90° C
Temp. minima di Posa: 0° C (-25° C con M2)
Temp. di Corto Circuito 250° C
Min. raggio di curvatura: 4XD (DC)

### Descrizione e impiego

Sono realizzati con speciali materiali che in caso di combustione conferiscono sia la caratteristica della non propagazione dell'incendio, superando la prova secondo la *norma CEI 20-22 III* da ritenersi la più restrittiva a livello europeo, sia la non emissione di alogeni, gas tossici e fumi opachi in accordo con la *norma CEI 20-38* e determinati secondo la *norma CEI 20-37*.

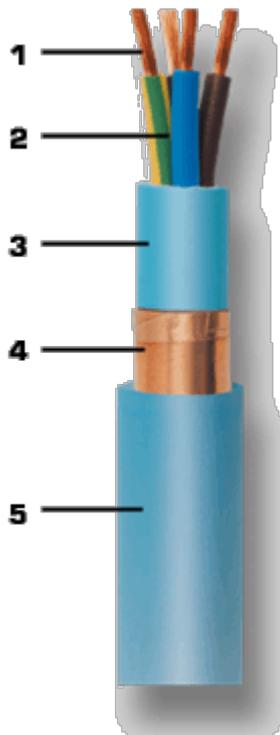
Per questo se ne raccomanda l'impiego in luoghi a maggior rischio in caso di incendio soddisfacendo la *normativa CEI 64-2* e *CEI 64-8*. L'eventuale combustione non sviluppa fumi opachi ed asfissianti permettendo una corretta evacuazione dai locali senza panico.

### Condizioni di posa

Posa fissa all'esterno ed all'interno in ambienti anche bagnati; ammessa anche la posa interrata.

UNEL 35757 unip.  
UNEL 35756 multip.  
CEI 20-22 II  
CEI 20-14  
IEC 502.1  
IEC 332.3

## N1VV-K / N1VC7V-K



- 1 Conduttore: Rame flessibile rosso
- 2 Isolante: PVC qualità R2 antifiamma
- 3 Guaina interna: Riempitivo antifiamma
- 4 Schermo (se richiesto): Nastri di rame
- 5 Guaina esterna: PVC qualità RZ antifiamma. Colore Blu Chiaro RAL 5012

Tensione di Esercizio: 600 / 1000 V
Tensione di Prova: 4 KV
Temp. minima Ambiente: -30° C (DC)
Temp massima di esercizio: +70° C
Temp. minima di Posa: +5° C
Temp. di Corto Circuito: 160° C
Min. raggio di curvatura: 8XD (DC)

### Descrizione e impiego

I cavi sopradescritti devono essere usati ogni qualvolta la *norma CEI 64-2 "impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione"* e la *norma CEI 64-8 "impianti elettrici utilizzatori"* prevedano impianti con cavi non propaganti l'incendio.

Sono definiti non propaganti l'incendio secondo la normativa italiana (*CEI 20-22 II*) che è da ritenersi la più restrittiva a livello europeo.

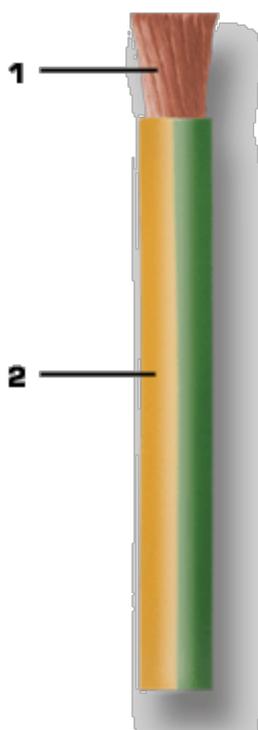
L'isolante, il riempitivo e la guaina, in caso di combustione emettono una limitata quantità di acidi alogenidrici gassosi (22%) determinati secondo *norma CEI 20-37.1*.

### Condizioni di posa

Posa all'interno, in ambienti anche bagnati, ed all'esterno; posa fissa su murature e strutture metalliche; è ammessa anche la posa interrata.

## NO7V-K

UNEL 35752  
CEI 20-22 II  
CEI 20-20  
(dove applicabile) IEC 332.3



- 1 Conduttore: Rame flessibile rosso**
- 2 Isolante: PVC qualità R2 antifiamma**

Tensione di Esercizio: 450 / 750 V
Tensione di Prova: 2,5 KV
Temp. minima Ambiente: -30° C (DC)
Temp massima di esercizio:+70° C
Temp. minima di Posa: +5°C
Temp. di Corto Circuito: 160° C
Min. raggio di curvatura: 3XD (DC)

### Descrizione e impieghi

I cavi sopradescritti devono essere usati ogni qualvolta la *norma CEI 64-2 "impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione"* e la *norma CEI 64-8 "impianti elettrici utilizzatori"* prevedano impianti con cavi non propaganti l'incendio.

Sono definiti non propaganti l'incendio secondo la normativa italiana (*CEI 20-22 II*) che è da ritenersi la più restrittiva a livello europeo.

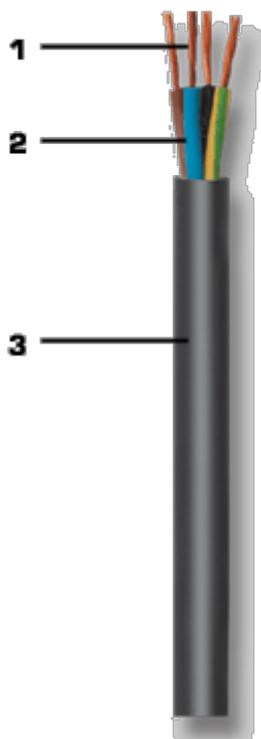
L'isolante in speciale PVC di qualità R2, in caso di combustione emette una limitata quantità di acidi alogenidrici gassosi (22%) determinata secondo norme CEI 20-37.1.

### Condizioni di posa

Per installazioni entro tubazioni in vista o incassate o entro canalette.

La sezione da 1 mm<sup>2</sup> è prevista soltanto per circuiti elettrici di ascensori e montacarichi o per cablaggi interni di quadri elettrici per segnalamento e comando.

## FROR-450/750 V



- 1 Conduttore flessibile: rame rosso**
- 2 Isolante: PVC qualità TI 2**
- 3 Guaina: PVC qualità TM 2**

Tensione di Esercizio 450 / 750 V
Tensione di Prova 3 KV
Temp. Min. Ambiente: -15° C (DC); +5° C (AC)
Temp massima di esercizio: +60° C
Temp. minima di Posa: +5°C
Temp. di Corto Circuito 150° C
Min. raggio di curvatura: 6XD (DC); 9XD (AC)

### Descrizione e impiego

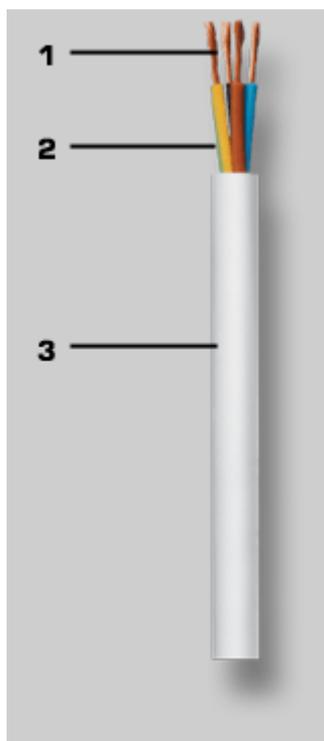
Cavi flessibili isolati in PVC di qualità comune con guaina pesante in PVC. Per impieghi temporanei all'esterno e per l'interno in ambienti umidi o bagnati di tipo artigianale, industriale o agricolo.

### Condizioni di posa

Posa con sforzo a trazione non superiore a 5 Kg x mm<sup>2</sup> della somma delle sezioni dei conduttori. Posa fissa o parzialmente mobile come collegamento di apparecchiature e macchinari non soggetti a vibrazioni.

**FROR-450/750V NPI**

CEI 20-45  
 CEI 20-36  
 CEI 20-38  
 CEI 20-22 III  
 IEC 331



**1 Conduttore: Rame flessibile rosso**  
**2 Isolante: PVC qualità TI2 NPI**  
**3 Guaina: PVC qualità TM2 NPI**  
**Colore: Grigio Chiaro RAL 7035**

Tensione di Esercizio 450 / 750 V
Tensione di Prova 2,5 KV
Temp. Min. Ambiente: -30° C (DC) ; -5° C (AC)
Temp massima di esercizio:+70° C
Temp. minima di Posa: 0°C
Temp. di Corto Circuito 160° C
Min. raggio di curvatura: 4XD (DC)

### Descrizione e impiego

Per il problema della sicurezza in caso di incendio, particolarmente significativo negli ambienti pubblici (vedi *CEI 64-8*) consentendo l'uso in apparecchiature mobili o utilizzi ripetitivi (prolunghe, cordoni di alimentazione).

Sono disponibili con formazione particolarmente flessibile e con isolamento in PVC del tipo non propagante l'incendio secondo la norma italiana *CEI 20-22 II*.

Grazie alla loro flessibilità e maneggevolezza sono indicati per utilizzi mobili ripetitivi con la sicurezza in più della non propagazione dell'incendio.

### Condizioni di posa

Per installazioni all'interno in ambienti anche umidi; per collegamenti mobili di macchine ed apparecchi, esclusi quelli termici, quando le sollecitazioni meccaniche del cavo siano moderate. Non è ammessa la posa interrata.

## Portata a 30 °C di un singolo cavo installato ( $I_0$ )

La portata  $I_0$  (la tab. 1. riporta un esempio di portata  $I_0$  di cavi unipolari in rame, senza guaina con isolamento in PVC o EPR per uno degli otto tipi di posa fondamentali ai fini della determinazione della portata che sono indicati nella Tabella C della parte 5 della **Norma CEI 64-8** Allegato A) di un singolo cavo varia a seconda del tipo di cavo installato (unipolare con guaina, unipolare senza guaina, multipolare con guaina), dal numero di conduttori percorsi da corrente (caricati) nel funzionamento normale, e dalle modalità di posa. Il conduttore di protezione non è da considerare conduttore caricato, mentre il neutro, che normalmente non si considera caricato, lo diventa in presenza di armoniche. Ad influenzare la portata  $I_0$  di un cavo concorrono anche la sezione, il numero di conduttori (circuito bipolare, tripolare) e il metodo di posa (tubo protettivo, canale, passerella, ecc..).

Sezione ( $mm^2$ )	Numero di conduttori			
	2		3	
	PVC	EPR	PVC	EPR
1,5	17,5	23	15,5	20
2,5	24	31	21	28
4	32	42	28	37
6	41	54	36	48
10	57	75	50	66
16	76	100	68	88
25	101	133	89	117
35	125	164	110	144
50	151	198	134	175
70	192	253	171	222
95	232	306	207	269
120	269	354	239	312
150	309	402	275	355

**Tab. 1** - Portata  $I_0$ , in ampere, di singoli cavi unipolari senza guaina, isolati in PVC o EPR, posati in tubo o incassati nella muratura alla temperatura ambiente di 30 °C

- **Coefficiente di correzione della temperatura ambiente ( $k_1$ )** - Le portate  $I_0$  vengono definite alla temperatura ambiente convenzionale di 30 °C (si considera che la temperatura possa occasionalmente raggiungere la temperatura di 35 °C). Se la temperatura ambiente è più bassa rispetto a quella convenzionale la portata aumenta, al contrario se la temperatura aumenta la portata diminuisce (tab. 2).

Temperatura Ambiente (°C)	PVC	EPR
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
30	1	1
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,50	0,71
65	---	0,65
70	---	0,58
75	---	0,50
80	---	0,41

**Tab. 2 - Coefficiente correttivo  $K_1$  per temperature ambiente diverse da 30 °C**

- **Coefficiente di riduzione per gruppi di cavi in fascio o strato ( $k_2$ )** - I cavi possono essere posati in fascio o in strato (ovviamente si tratta di cavi multipolari o unipolari appartenenti a circuiti diversi). Un fascio è un raggruppamento di cavi non distanziati, uno strato è un insieme di cavi affiancati o distanziati disposti orizzontalmente o verticalmente (possono essere posati in passerella, a muro, a soffitto ecc.). Se la distanza tra i cavi posati in strato supera due volte il diametro esterno del cavo di sezione maggiore i cavi si dicono distanziati (più cavi disposti in strati sovrapposti dentro un unico contenitore ma non distanziati costituiscono un fascio di cavi). In definitiva il coefficiente di riduzione  $k_2$  tiene conto del tipo di posa ed è applicabile a cavi aventi la stessa temperatura massima di funzionamento. In caso contrario è necessario considerare per tutto l'insieme dei cavi una portata relativa alla temperatura  $J_s$  più bassa. Ad esempio posare assieme cavi in PVC con cavi in EPR significa declassare i cavi isolati in EPR a cavi in PVC in quanto non sarebbe ammissibile installare cavi in EPR, che possono raggiungere temperature di  $J_s=90$  °C, vicino a cavi in PVC che invece sopportano una

temperatura di  $J_s=70$  C. Il coefficiente  $k_2$  (alcuni coefficienti  $k_2$  sono riportati nelle tabelle 3 e 4) si applica a gruppi di cavi con sezioni contigue e uniformemente caricate; le sezioni devono cioè essere contenute entro tre valori adiacenti unificati come ad esempio 16, 25, 35 mm<sup>2</sup> oppure 6, 10, 16 mm<sup>2</sup> ecc... Questo porta a sotto utilizzare i cavi di grossa sezione per cui, per un migliore utilizzo dei cavi, è conveniente non mescolare nello stesso fascio cavi di sezione molto diversa.

<i>Numero di circuiti o di cavi multipolari</i>	<i>Fattore <math>k_2</math></i>
2	0,80
3	0,70
4	0,65
5	0,60
6	0,57
7	0,54
8	0,52
9	0,50
12	0,45
16	0,41
20	0,38

**Tab. 3** - Coefficiente  $K_2$  per cavi posati in fascio

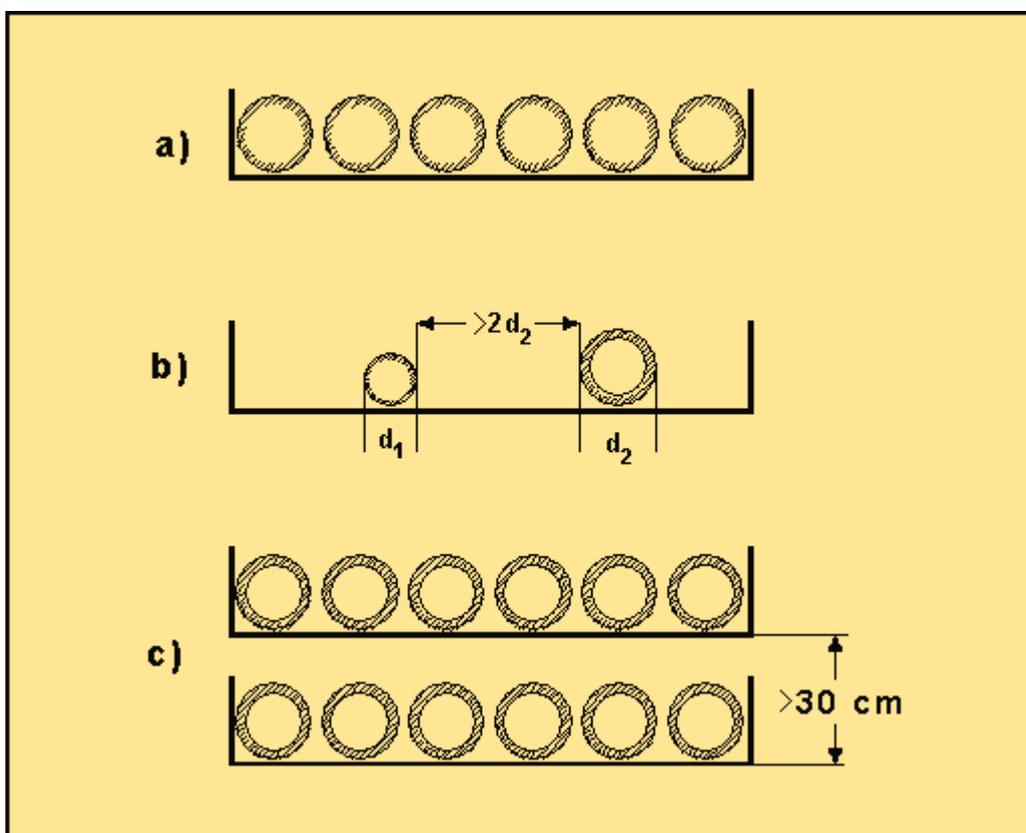
<i>Numero di cavi Multipolari in Passerella</i>	<i>Numero di passerelle</i>		
	1	2	3
2	0,88	0,87	0,86
3	0,82	0,80	0,79
4	0,77	0,77	0,76
6	0,73	0,73	0,71
9	0,72	0,68	0,66

**Tab. 4** - Coefficiente  $k_2$  per cavi multipolari non distanziati posati in strato su passerella perforate, orizzontali sovrapposte.

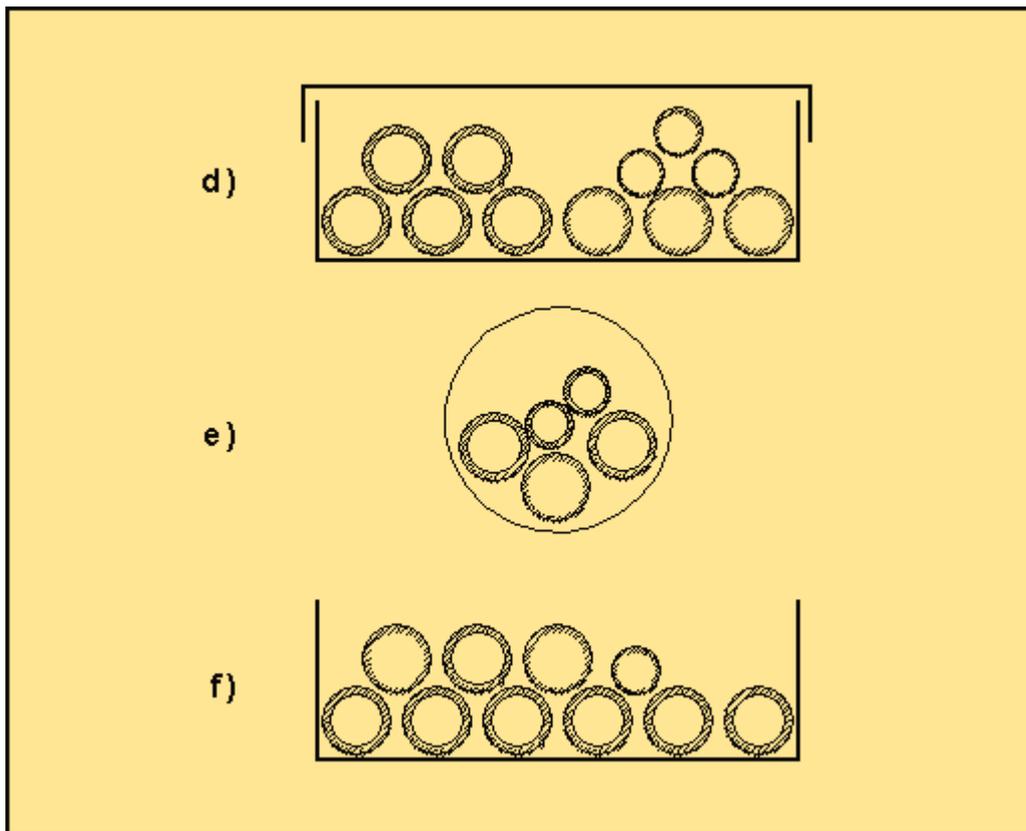
Se così non fosse il progettista può calcolare la situazione ottimale (i calcoli sono piuttosto laboriosi) oppure, a favore della sicurezza, può applicare il fattore di riduzione:

$$k_2 = \frac{1}{\sqrt{n}}$$

dove  $n$  è il numero dei circuiti raggruppati. La Norma permette di non considerare i cavi caricati fino al 30% della portata  $I_z$  mentre per i cavi non caricati alla massima portata è possibile aumentare il coefficiente  $K_2$  a discrezione del progettista (la Norma non dà indicazioni in proposito).



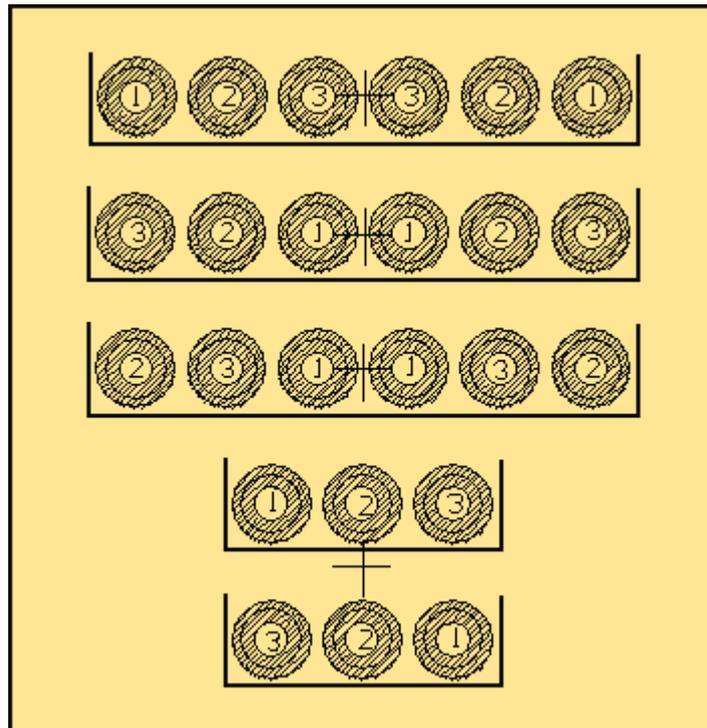
**Tab. 5** - Cavi in strato: a) non distanziati; b) distanziati; c) in doppio strato



**Tab 6** - Cavi in fascio: d) in canale; e) in tubo; f) su passerella perforata

## Cavi in parallelo

Quando le correnti da trasportare sono elevate, per evitare di utilizzare cavi di sezione eccessiva o non disponibile oppure per aumentare la potenza da trasferire con condutture già esistenti, si installano cavi di sezione più piccola collegati in parallelo. La portata  $I_2$  di  $n$  conduttori per fase in parallelo, di un circuito trifase, si determina considerando  $n$  circuiti tripolari. Si calcola innanzi tutto la portata  $I_0$  di un circuito tripolare, secondo il tipo di cavo e la modalità di posa, e si applica quindi il coefficiente di riduzione  $k_2$  relativo a  $n$  circuiti installati in fascio o in strato a seconda del caso. I cavi in parallelo sono in genere protetti da un unico interruttore di corrente nominale uguale o inferiore alla somma delle portate dei cavi di ogni fase. Per questo motivo i cavi in parallelo devono presentare la stessa impedenza ed in particolare devono avere la stessa sezione in modo che la corrente si distribuisca in parti uguali su ciascun cavo ad evitare che alcuni cavi si carichino più di altri. Per sezioni fino a circa  $70 \text{ mm}^2$  la resistenza prevale sulla reattanza mentre per cavi di sezione maggiore la reattanza non è più trascurabile rispetto la resistenza. Per rendere uniforme la reattanza sui vari cavi è necessario disporre i cavi in modo il più possibile simmetrico rispetto al centro ideale del fascio di cavi (tab. 7).



**Tab 7** - *Disposizione di cavi in parallelo. I cavi di una stessa fase devono essere disposti in modo il più possibile simmetrico rispetto al centro ideale del fascio di cavi.*

## 1 Cavi schermati e/o armati

Nei cavi di questo tipo, funzionanti in corrente alternata, le tabelle si applicano se l'armatura o lo schermo contengono tutti conduttori attivi appartenenti al circuito. Per i cavi unipolari armati o schermati occorre calcolare la portata col metodo indicato dalla *Norma CEI 20-21*.

## 2 Portata nei sistemi trifasi

I sistemi trifasi si suppongono equilibrati. Nel caso di squilibri di piccola entità per il calcolo della portata si considera la fase più caricata mentre, per forti squilibri, si deve calcolare la portata per il singolo caso particolare, verificando anche l'adeguatezza del conduttore di neutro (senza dimenticare l'eventuale presenza di armoniche, terza e multipli). Si osserva inoltre che, essendo la reattanza di un cavo funzione della distanza dei conduttori, nei sistemi trifasi, con sezioni superiori a  $10 \text{ mm}^2$  (per sezioni inferiori la reattanza è trascurabile rispetto alla resistenza) le pose consigliate sono del tipo a trifoglio. La *Norma CEI 64-8* infatti, prevede che in caso di mancata disposizione a trifoglio siano almeno effettuate delle trasposizioni per lunghezze superiori a 100 m.

### 3 Cavi in aria libera

Un cavo si considera installato in aria libera se:

- la distanza del cavo dalla parete è sufficiente per permettere l'applicazione delle portate appropriate per la posa in aria libera
- se in passerella forata per più del 30% della sua superficie di base

Se il cavo è posato in tubo o canale aperti alle estremità, non si ha riduzione di portata se la lunghezza dell'attraversamento non supera i seguenti limiti:

- 0,5 m per cavi di sezione dei conduttori fino a  $10 \text{ mm}^2$
- 1,0 m per sezioni oltre  $10 \text{ mm}^2$  e fino a  $95 \text{ mm}^2$
- 1,5 m per sezioni oltre  $95 \text{ mm}^2$

### 4 Conduttori debolmente caricati

Se, alle condizioni normali di funzionamento, il carico per tutti i conduttori attivi è inferiore alla loro portata, il fattore di correzione  $k_2$  può essere aumentato. Se infine per un circuito la condizione di esercizio è tale per cui la corrente che lo attraversa è inferiore al 30% di quella ottenuta applicando tutti i coefficienti di correzione relativi a tutto il fascio o strato di cavi, allora il circuito può non essere considerato ai fini del calcolo del coefficiente di correzione.

### 5 Carico intermittente e variabile

Se il carico dei conduttori attivi è variabile o intermittente, il fattore  $k_2$  può essere più elevato.

### 6 Portata termica delle condutture

La portata termica è il massimo valore della corrente che un conduttore può sopportare, in condizioni di posa specificate, senza che la sua temperatura superi un valore specificato (massima temperatura di funzionamento). La portata dipende dal bilancio termico tra la potenza sviluppata a causa dell'effetto Joule e la potenza ceduta all'ambiente circostante.

## Caduta di tensione

Una eccessiva caduta di tensione pregiudica il buon funzionamento delle apparecchiature perciò è necessario, nei vari punti dell'impianto, verificarne il valore. Le Norme CEI raccomandano di non superare, tra l'origine dell'impianto elettrico e ogni punto di utilizzo, il 4% della tensione nominale. In particolare negli impianti di forza motrice una caduta di tensione superiore al 4% può provocare malfunzionamenti per i seguenti motivi:

- i motori funzionano correttamente se la tensione nominale non supera  $\pm 5\%$  della tensione nominale;
- essendo la corrente di avviamento dei motori piuttosto elevata ( $5/7 I_n$  e oltre) al momento dell'avviamento la caduta di tensione potrebbe essere anche molto elevata con una riduzione, che potrebbe essere inaccettabile, della coppia di spunto (si consiglia, all'avviamento, di non superare la caduta di tensione del 10%);
- problemi di funzionamento per altre apparecchiature sensibili se alimentate dalla stessa linea che alimenta il motore.

Il valore della caduta di tensione può essere determinato con l'impiego di tabelle oppure mediante la seguente formula:

$$\Delta U = k \times I_B \times L \times (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

In percentuale, infine si ha:

$$\Delta u \% = \frac{\Delta U}{U_n} \times 100$$

Dove:

$I_B$  = corrente del cavo (A)

$k$  = coefficiente che vale 2 per i circuiti monofasi/bifasi e  $\sqrt{3}$  per i circuiti trifase

$L$  = lunghezza della linea (km)

$R$  = resistenza di un chilometro di cavo (ohm/km)

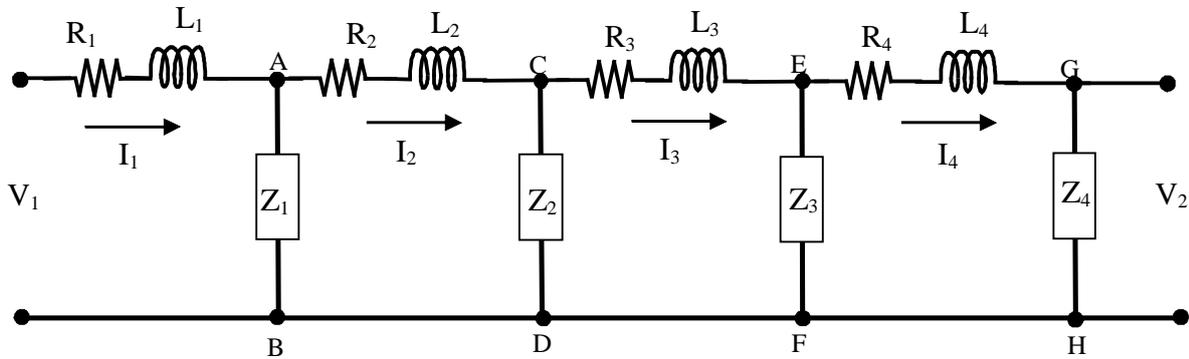
$X$  = reattanza di un chilometro di cavo (ohm/km)

$U_n$  = tensione nominale dell'impianto

$\cos \varphi$  = fattore di potenza del carico

Quando si hanno delle reti elettriche, per un valore più preciso della caduta di tensione, si ricorre alle leggi dell'analisi fasoriale di rete.

Data ad esempio la seguente rete:



si ha:

$$\dot{V}_1 - \dot{V}_{AB} = (R_1 + j\omega L_1)\dot{I}_1$$

$$\dot{V}_{AB} - \dot{V}_{CD} = (R_2 + j\omega L_2)\dot{I}_2$$

$$\dot{V}_{CD} - \dot{V}_{EF} = (R_3 + j\omega L_3)\dot{I}_3$$

$$\dot{V}_{EF} - \dot{V}_2 = (R_4 + j\omega L_4)\dot{I}_4$$

utilizzando il metodo delle correnti di maglia:

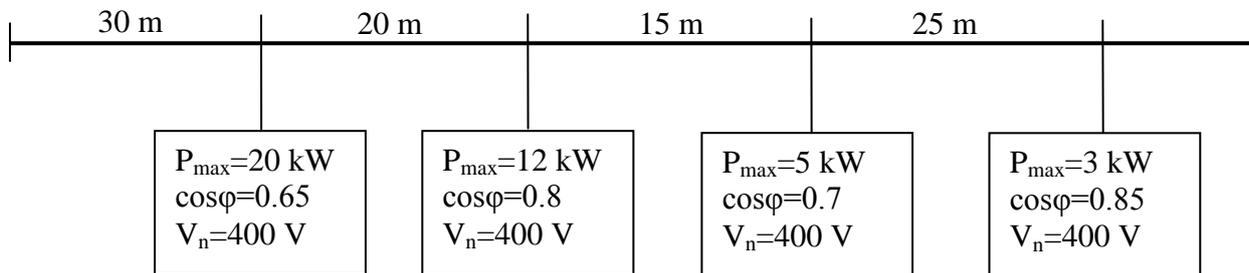
$$\dot{V}_1 = (R_1 + j\omega L_1)\dot{I}_{m1} + \bar{Z}_1(\dot{I}_{m1} - \dot{I}_{m2})$$

$$(R_2 + j\omega L_2)\dot{I}_{m2} + \bar{Z}_2(\dot{I}_{m2} - \dot{I}_{m3}) + \bar{Z}_1(\dot{I}_{m2} - \dot{I}_{m1}) = 0$$

$$(R_3 + j\omega L_3)\dot{I}_{m3} + \bar{Z}_3(\dot{I}_{m3} - \dot{I}_{m4}) + \bar{Z}_1(\dot{I}_{m3} - \dot{I}_{m2}) = 0$$

$$(R_4 + j\omega L_4)\dot{I}_{m4} + \bar{Z}_4\dot{I}_{m4} + \bar{Z}_3(\dot{I}_{m4} - \dot{I}_{m3}) = 0$$

**Esempio:**



$$I_n = \frac{P_{tot}}{\sqrt{3} \cdot V_n \cdot \cos \varphi_{med}} = 77 \text{ A}$$

Supposto che il cavo corrisponda alle caratteristiche della tab. 1, la minima sezione di un cavo che posso usare sarà  $25 \text{ mm}^2$ .

Per esercizio, determinare, sia con il metodo semplificato delle norme che con il calcolo fasoriale, per quale sezione del cavo la caduta di tensione rientra nei valori accettabili:

Per determinare i valori di  $R_{cavo}$  e  $L_{cavo}$  usare la seguente tabella:

sezione ( $\text{mm}^2$ )	R ( $\Omega/\text{Km}$ )	L ( $\Omega/\text{Km}$ )
25	0.92	0.018
35	0.665	0.016
50	0.4915	0.017

# CAVIDOTTI

## Riferimento normativo: CEI 64-8

### Tubi protettivi

I tubi protettivi, flessibili o rigidi, in materiale isolante, posati sotto pavimento o interrati, devono essere di tipo pesante. I tubi di tipo leggero possono essere posati sottotraccia a parete, o a soffitto, oppure nel controsoffitto.

Le dimensioni dei cavi devono essere tali da permettere l'agevole introduzione dei cavi dopo la messa in opera dei tubi stessi. Allo scopo è raccomandato un diametro interno dei tubi almeno uguale a 1.3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio dei cavi da contenere.

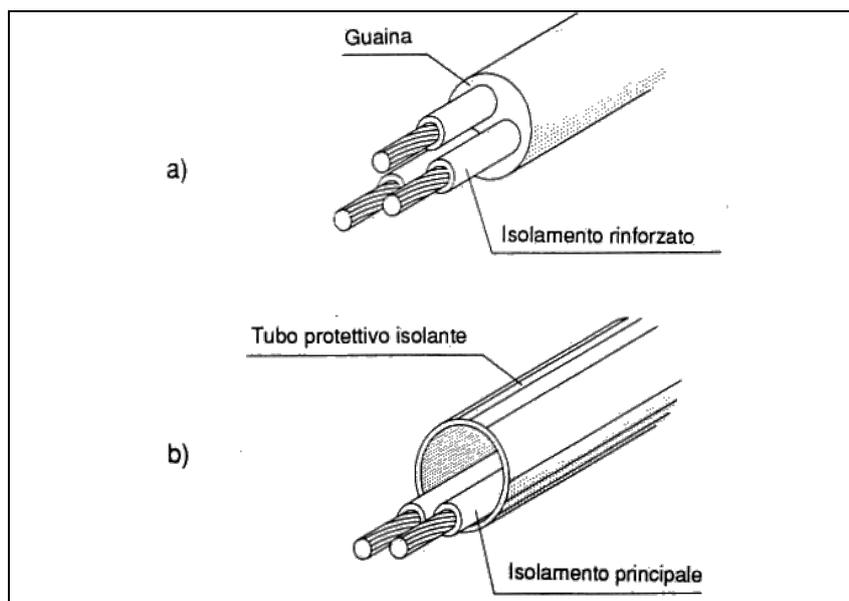


fig. 1 a) cavo multipolare N1VV-K ( $U_0/U = 0.6/1$  kV)  
b) cavo unipolare H07V-K posato entro tubo protettivo isolante

Nei sistemi di distribuzione a pavimento con prese in torretta, spesso vengono impiegate tubazioni in PVC pesante di forma rettangolare incassate nella struttura del pavimento. Dette tubazioni devono far capo ad idonee **cassette** a pavimento che permettano l'introduzione dei cavi senza danneggiamenti.

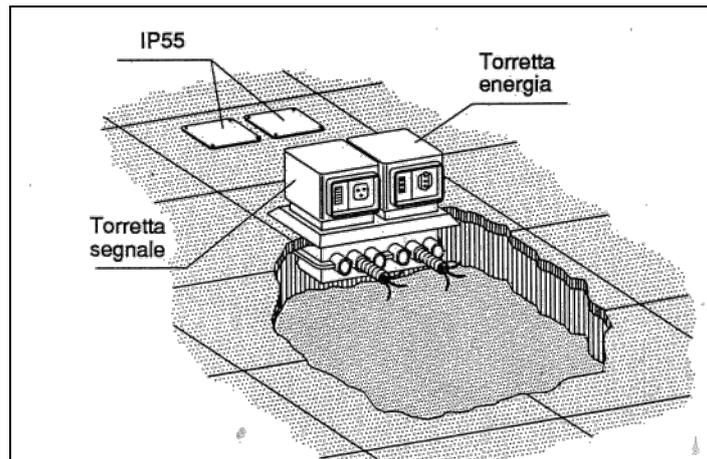


fig. 2 tubi protettivi di sezione circolare incassati nel pavimento

## Canali

Per canale si intende un involucro chiuso con coperchio, che assicura la protezione meccanica dei cavi e ne permette la posa senza tiro.

I canali possono essere in materiale isolante o metallico; richiedono l'assenza di asperità e di spigoli vivi, ed un grado di protezione almeno IPX2.

Nei canali la sezione occupata dai cavi di energia, tenuto conto del volume occupato dalle connessioni, non deve superare il 50% della sezione del canale stesso.

Tale prescrizione non si applica ai cavi di segnalazione e comando e ai cavi per telecomunicazione.

Se uno stesso canale è utilizzato per cavi di energia e cavi di segnale deve essere munito di setti separatori o utilizzare cavi di segnale isolati per la tensione nominale dei cavi di energia

Se si utilizzano canali metallici o tubi metallici, tutti i cavi del medesimo circuito devono essere installati nello stesso tubo o canale, per evitare riscaldamento dovuti a correnti indotte.

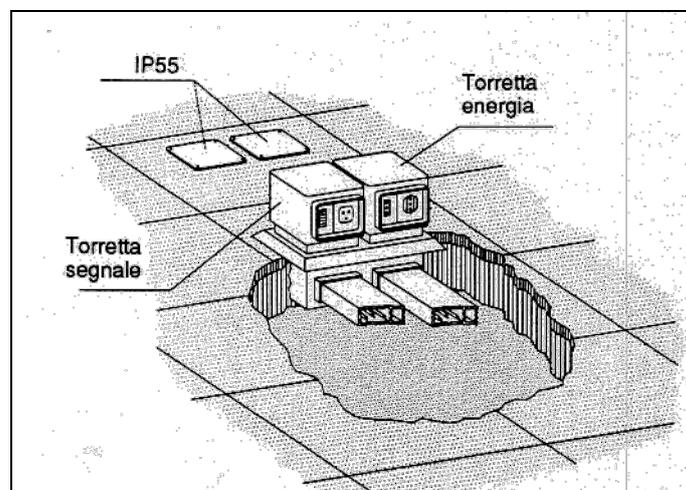


fig. 3 canali protettivi di sezione rettangolare incassati nel pavimento

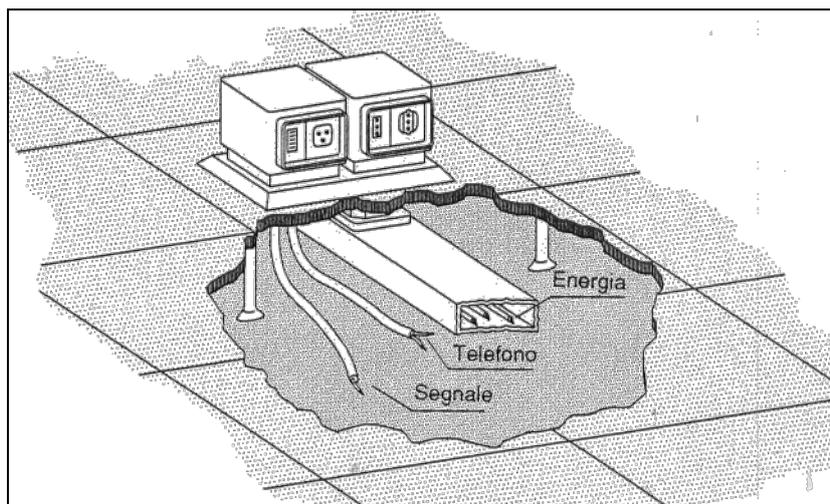
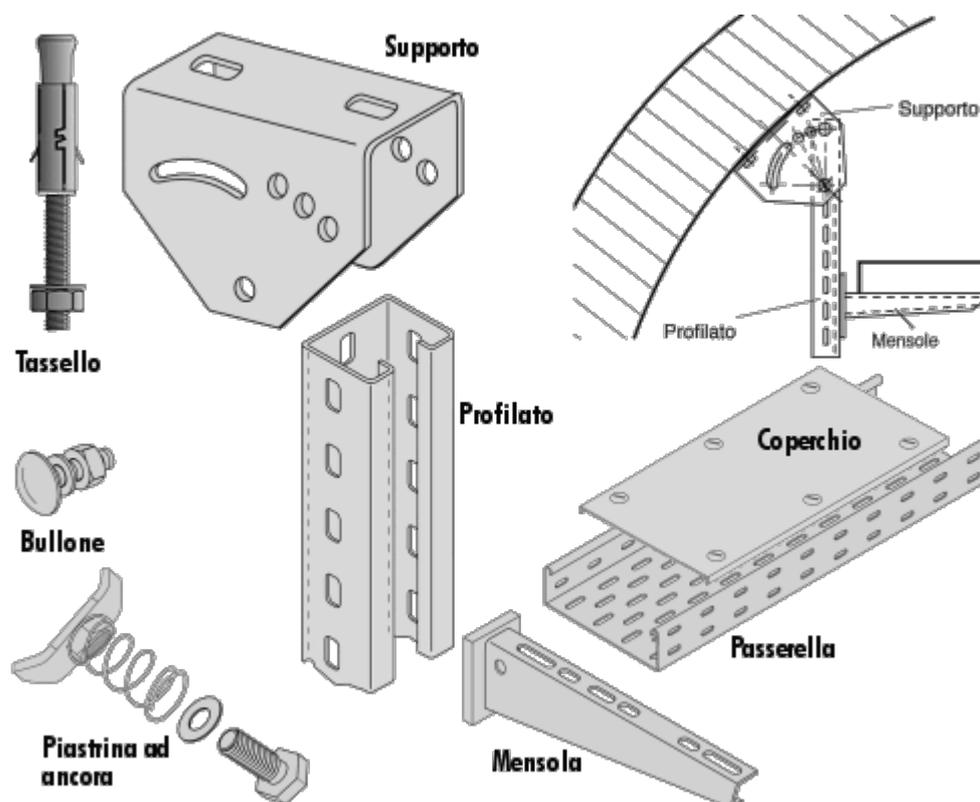


fig. 4 esempio di posa sotto il pavimento galleggiante dei cavi di energia, del telefono e di segnale

## Passerelle

Nell' impiantistica elettrica "pesante" vengono impiegate notevoli quantità di componenti metallici solitamente in acciaio zincato a caldo dopo lavorazione.

In questi componenti all'acciaio viene demandata la funzione di resistenza meccanica ed alla zincatura quella di protezione dalla corrosione. Durante la posa in opera, un insufficiente proporzionamento della resistenza meccanica, spesso, si evidenzia già all'atto dell'installazione, mentre una zincatura scadente si evidenzia solo dopo un certo tempo compromettendo dopo pochi anni impianti che dovrebbero durare almeno 10 anni.



La caratteristica principale delle soluzioni meccaniche, proposte ed illustrate in seguito, è quella che tutti i componenti sono prodotti standard, largamente utilizzati per la costruzione di vie cavo negli impianti elettrici industriali, con caratteristiche tecniche e qualitative note da tempo, di facile approvvigionamento e semplici da installare.

## Conessioni

Le connessioni (giunzioni e derivazioni) vanno eseguite con appositi morsetti, con o senza vite. Non è consentito ridurre la sezione dei conduttori, né lasciare parti scoperte.

Le connessioni devono essere accessibili per manutenzione, ispezioni e prove, e per questo motivo sono in genere ubicate entro cassette. Le connessioni non sono ammesse nei tubi, mentre lo sono nei canali, anche se nel minor numero possibile e con isolamento e resistenza meccanica equivalente a quella dei cavi.

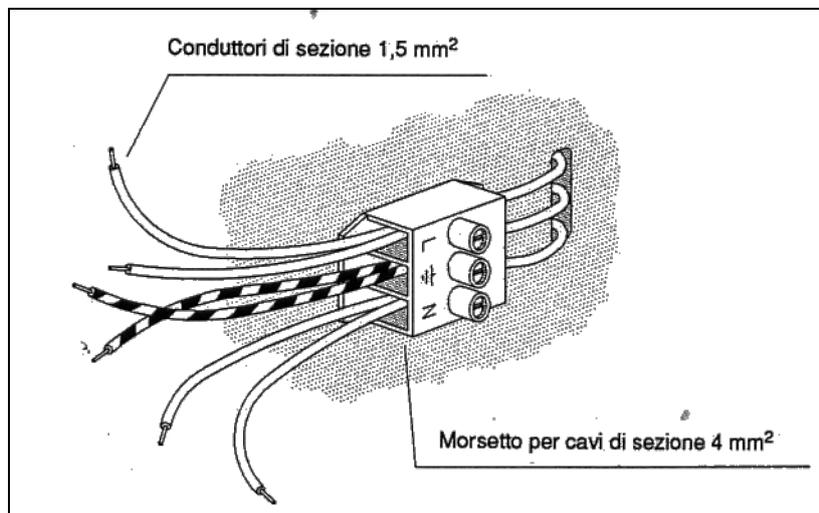


fig. 5 connessione entra-esce

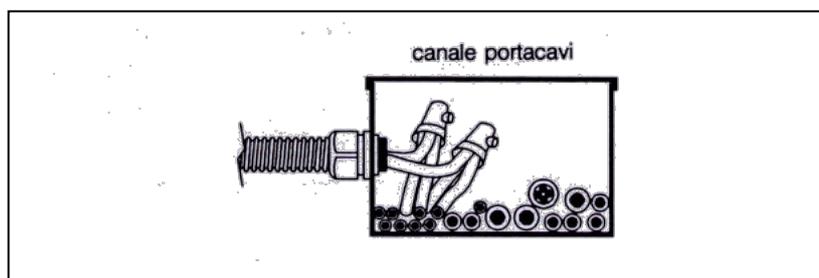


fig. 6 connessione a cappellotto

## Distribuzioni

### Pavimenti galleggianti

I pavimenti galleggianti vengono impiegati in locali con addensamento di servizi elettrici, telefonici, e telematici per agevolare la posa delle condutture e delle torrette a pavimento, e per permettere un facile spostamento dei vari servizi a seguito di modifiche nella dislocazione dei posti di lavoro.

Sotto il pavimento galleggiante è preferibile eseguire le connessioni dei cavi di energia entro cassette saldamente fissate alle strutture e aventi grado di protezione almeno IP52

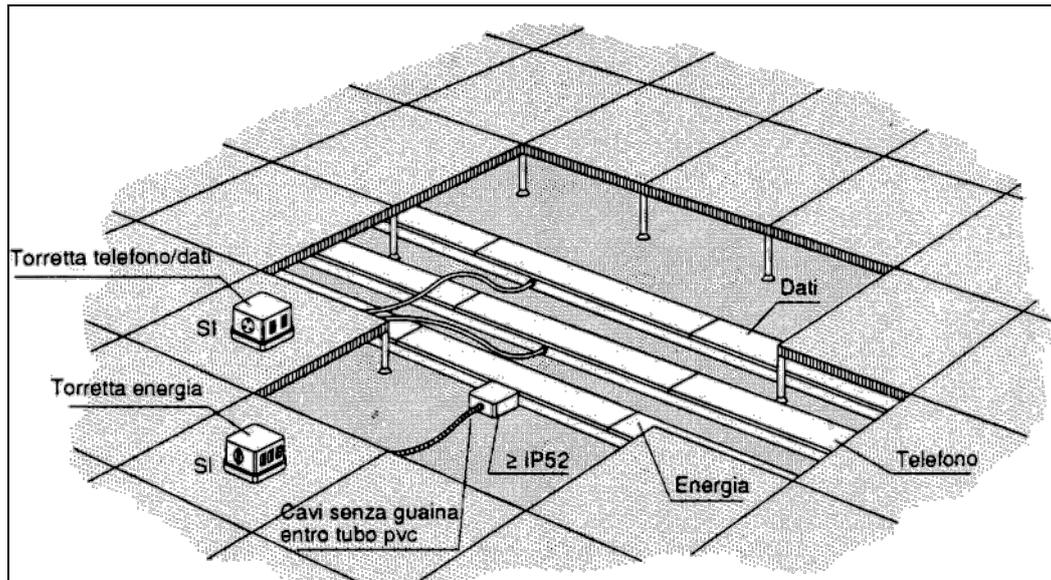


fig. 6 pavimento galleggiante

sotto il pavimento galleggiante è ammessa la posa diretta solo dei cavi con guaina. I cavi senza guaina devono essere posati in tubi protettivi o canali (non sono ammessi nelle passerelle)

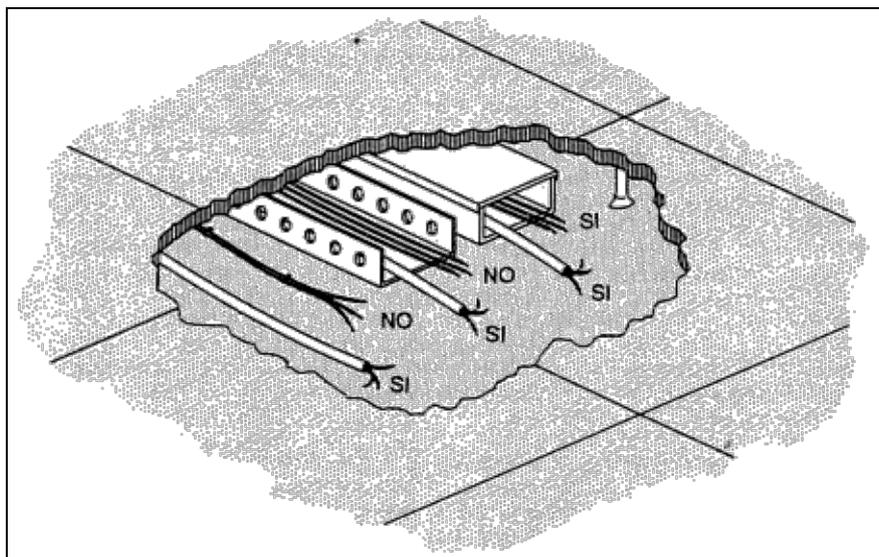


fig. 7 posa dei cavi sotto il pavimento galleggiante

### Distribuzione sotto moquette

Recentemente sono stati introdotti sul mercato cavi elettrici di forma piatta, tipo URW-1, isolati in materiale sintetico accoppiato a mescole di materiale termoplastico, con caratteristiche di non propagazione della fiamma e a bassa emissione di gas tossici e corrosivi. Tali cavi sono destinati a posa fissa sotto tappeti o moquette e devono essere installati con appositi accessori e in nastri di supporto di larghezza pari ad almeno 1.1 volte quella del cavo.

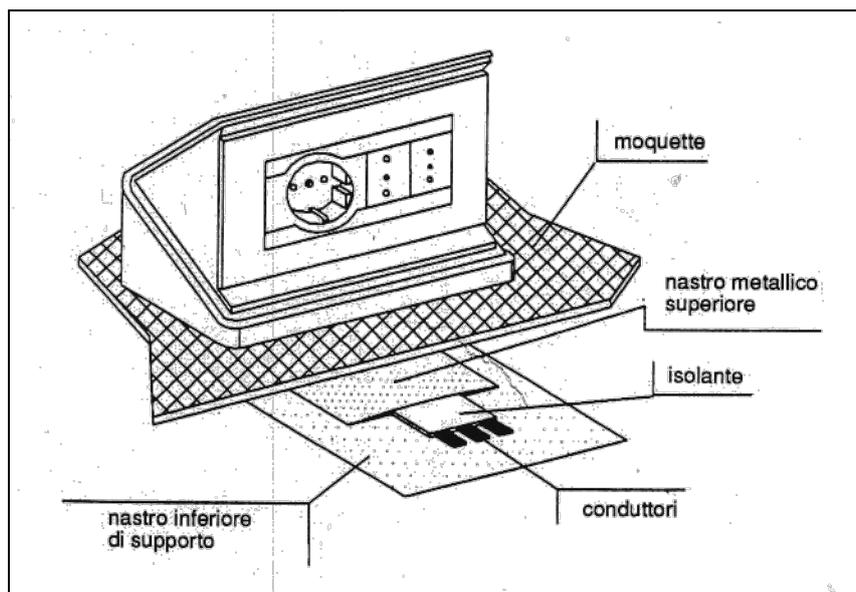


fig. 7 posa dei cavi sotto moquette

### Distribuzione nel controsoffitto

Nel controsoffitto, oltre alle condutture elettriche, possono essere installati anche apparecchi di illuminazione e impianti di condizionamento

I cavi possono essere installati nel controsoffitto entro tubi, canali o passerelle, fissati alla parete o al soffitto. E' ammessa la posa dei cavi con guaina direttamente al controsoffitto a condizione che il controsoffitto ne regga il peso.

I controsoffitti metallici non sono in genere delle masse e non è quindi necessario collegarli a terra ai fini della protezione contro i contatti indiretti:

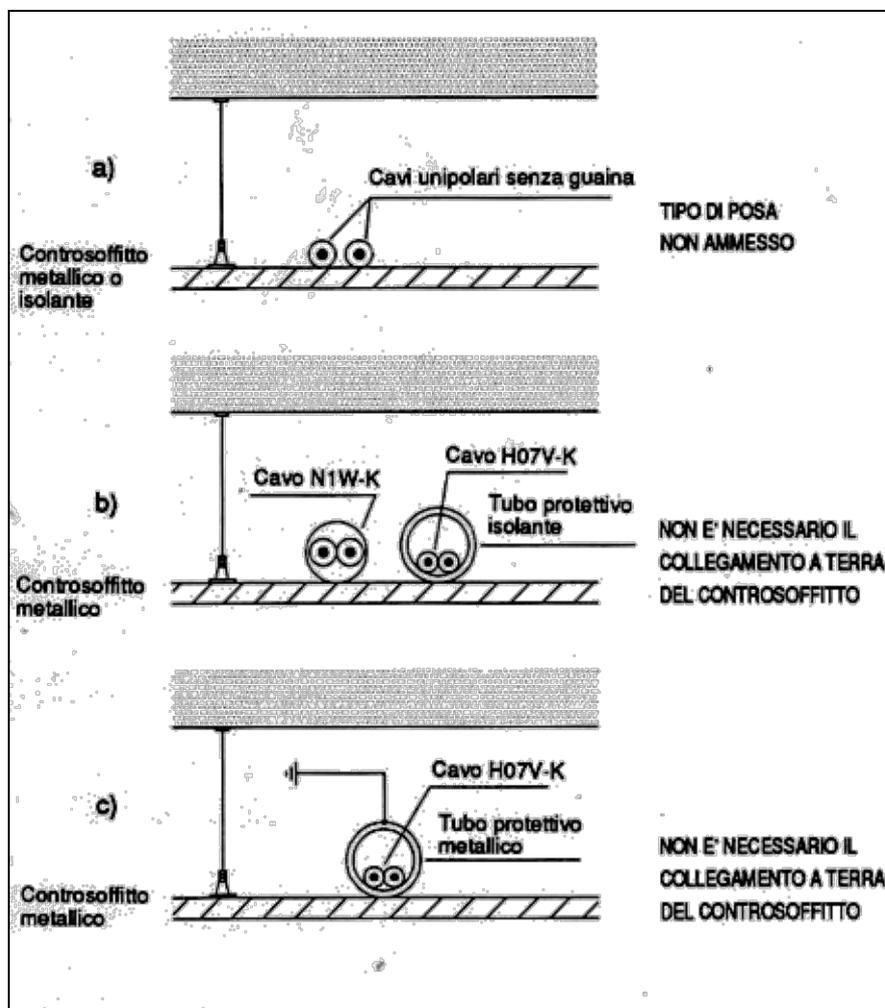


fig. 8 posa dei cavi nel controsoffitto

Gli apparecchi di illuminazione e relative condutture di alimentazione posati nel controsoffitto devono essere protetti contro i contatti diretti, anche se in condizioni ordinarie non sono accessibili:

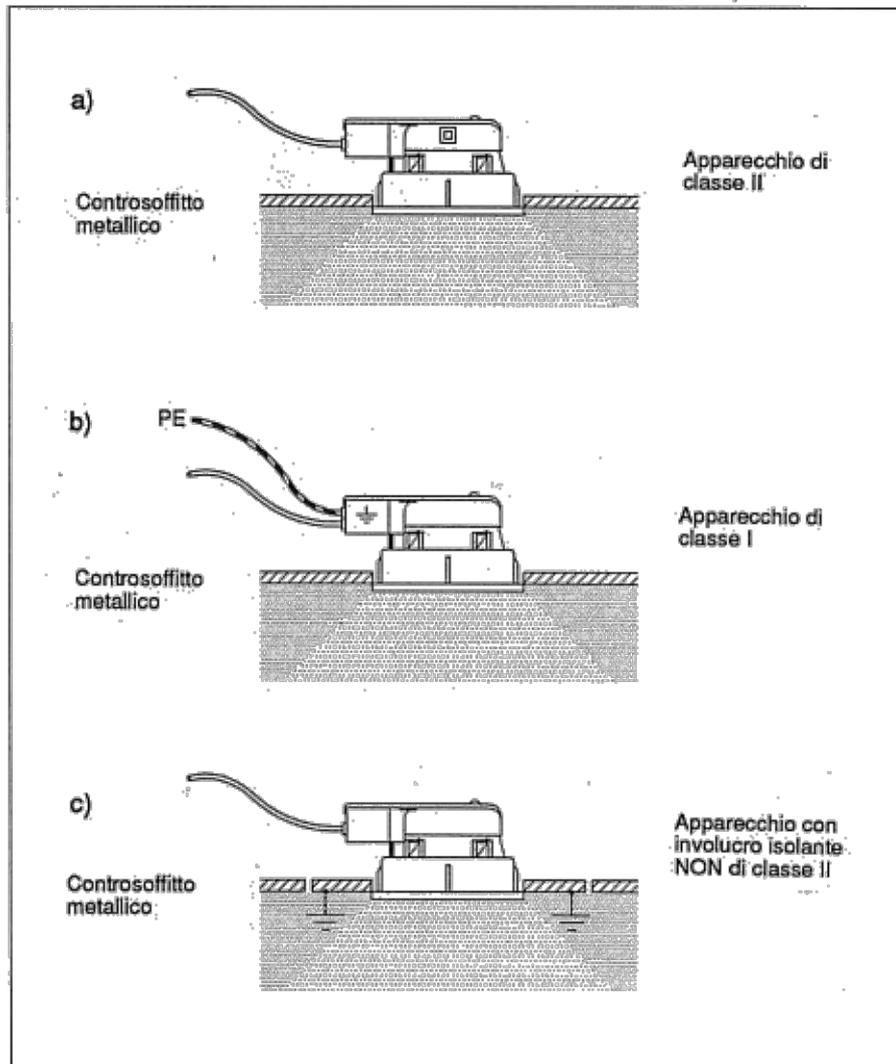


fig. 9 posa dei cavi nel controsoffitto

Negli uffici a spazio aperto o in locali di lavoro, la distribuzione in controsoffitto comporta l'impiego di colonne porta-apparecchi fissate tra pavimento e soffitto. Le prese e gli eventuali apparecchi di comando possono essere ubicate in tali colonne, così come le prese telefoniche e di trasmissione dati, purchè installate in condotti e scatole separati tra loro

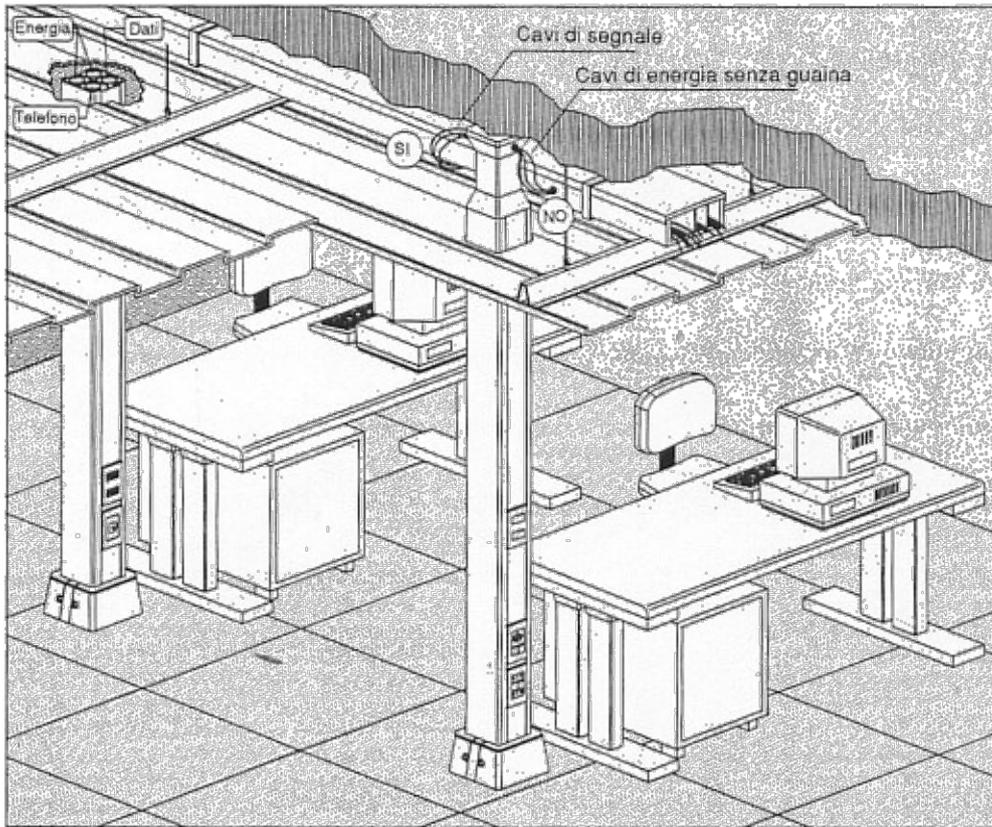


fig. 10 posa dei cavi nel controsoffitto in uffici a spazio aperto

# PRESE

## Prese a spina

### Norma CEI 23-16

I tipi di presa più diffusi sono:

2 P+T 10 A a poli allineati con alveoli schermati



2 P+T 16 A a poli allineati con alveoli schermati



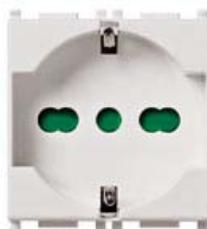
2 P+T 10/16 A a poli allineati con alveoli schermati tipo bipasso



2 P+T 16 A con terra laterale (schuko)



UNIVERSALE



CEE 3P+T 16 A VOLANTE DRITTA



SPINA CEE 3P+T 16 A DRITTA IP44



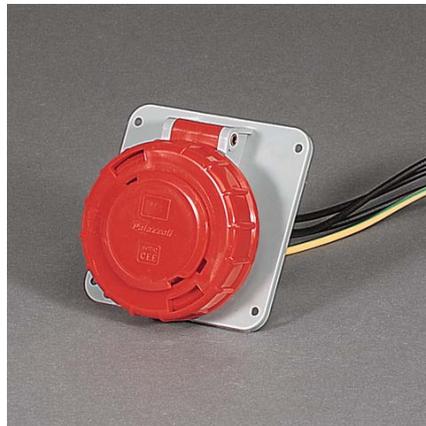
PRESA DA PARETE 24 V



PRESA QUADRO DRITTA IP44



PRESA TRIFASE DA QUADRO IP55



3X16A DA QUADRO



2X16A+T CON FUSIBILI



CASSETTA PER PRESA INTERBLOCCATA SINGOLA

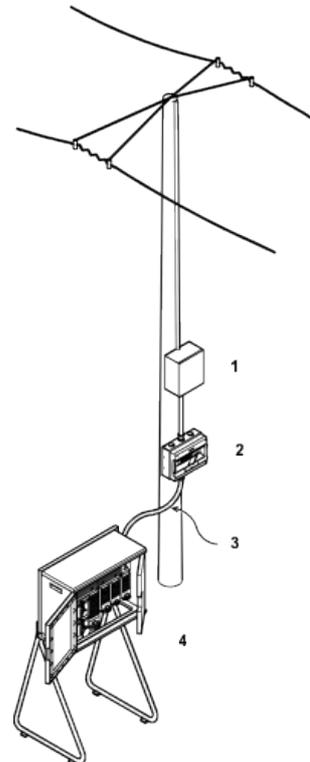


L'accoppiamento presa con cassetta dà una IP55

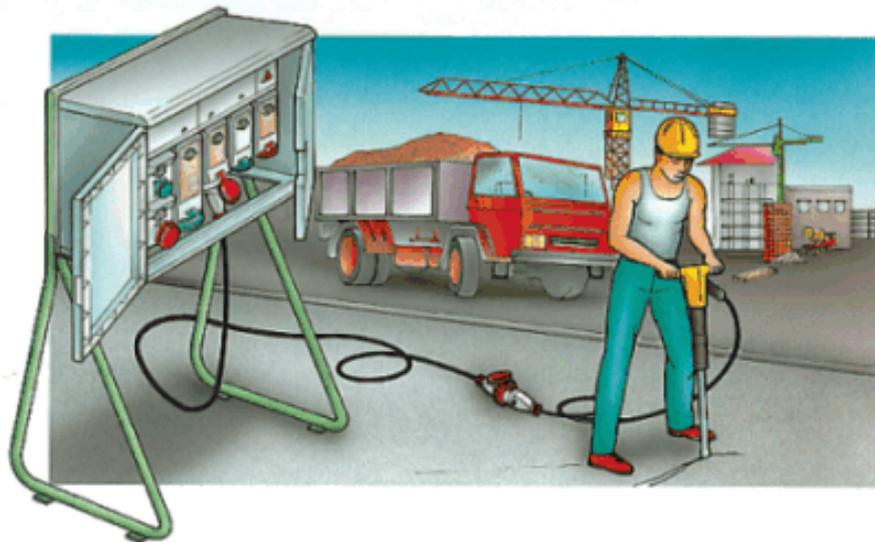
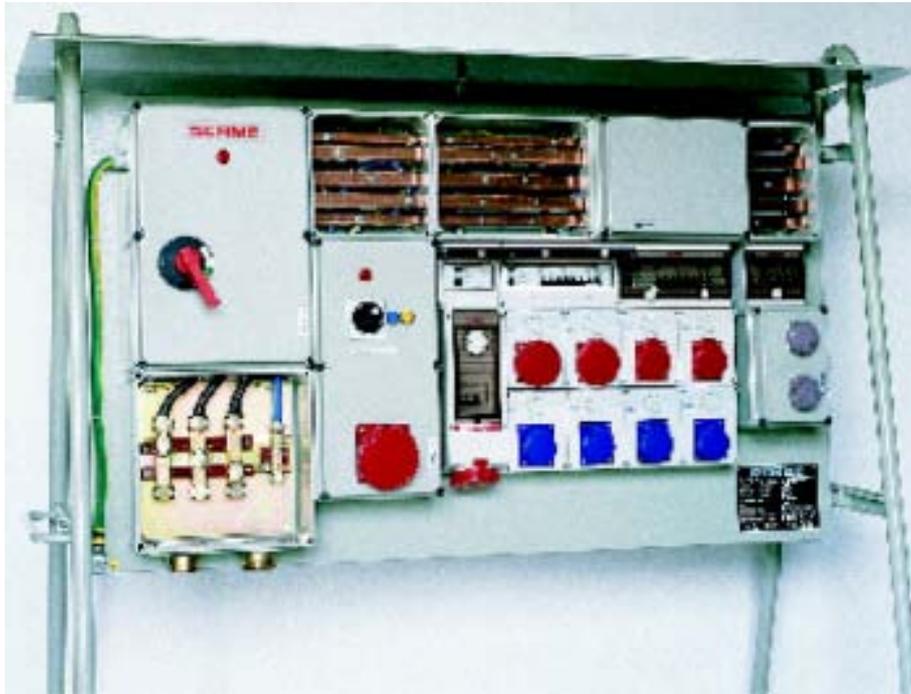
### SUPPORTO PER PRESE INTERBLOCCATE



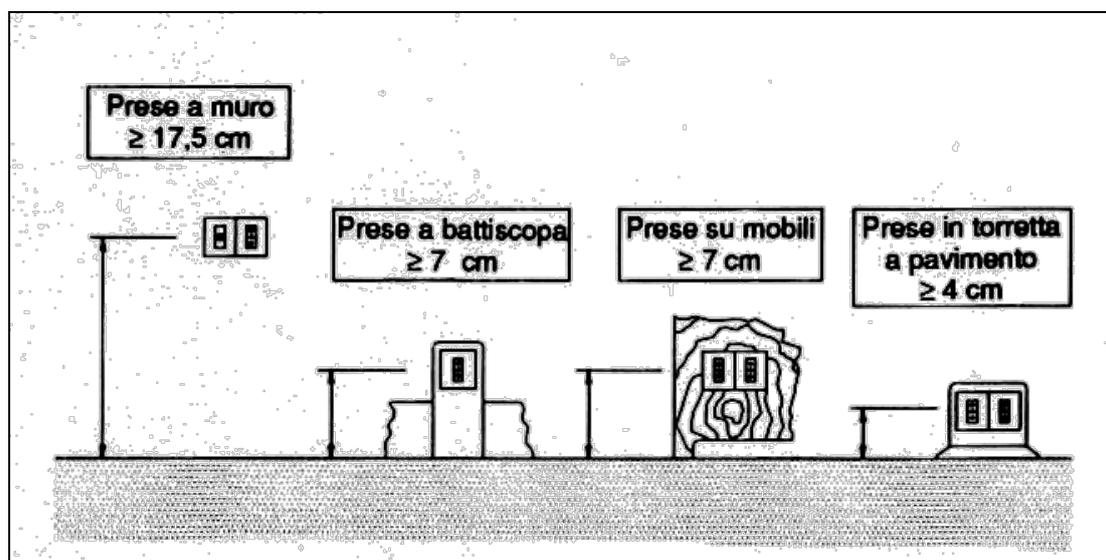
### QUADRO PRESE ASC (da cantiere)



## QUADRO PRESE DA CANTIERE



## Quote minime di installazione delle prese (Norma 64-8/5)



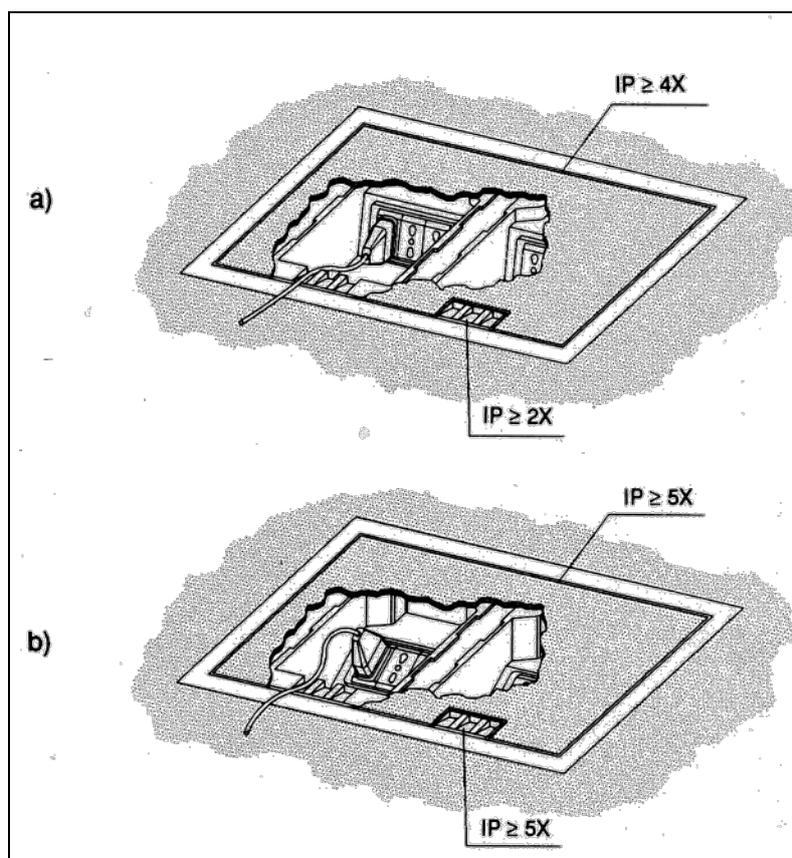
### Torrette a pavimento

Le torrette a pavimento e le scatole affioranti dal pavimento (*prese a scomparsa*) devono assicurare almeno un grado di protezione IP52 nell'accoppiamento meccanico sul piano del pavimento, in previsione di liquidi per la pulitura. In caso in cui lo spargimento dei liquidi di lavaggio sia escluso, il grado di protezione richiesto è IP4X.

Il grado di protezione non si riferisce alla presa con relativa placca, che può avere grado di protezione inferiore.

Nei pavimenti in cui si prevedono spargimenti di liquido, le prese a comparsa installate con direzione di inserzione orizzontale o prossima all'orizzontale devono avere grado di protezione, sul contorno del coperchio, IP4X ad eccezione del passaggio per l'entrata dei cavi, nel quale è ammesso grado di protezione IP2X.

## Prese a scomparsa



### scatole a scomparsa

a) Asse d'intersezione delle prese orizzontale, o prossimo all'orizzontale

Grado di protezione minimo:

- IP4X sul contorno del coperchio
- IP2X sull'entrata dei cavi

b) Asse d'intersezione delle prese verticale, o prossimo alla verticale

Grado di protezione minimo:

- IP5X sul contorno del coperchio
- IP5X sull'entrata dei cavi

I componenti elettrici non devono costituire pericolo di innesco o di propagazione di un incendio per materiali adiacenti.

Le torrette a pavimento e le scatole affioranti devono essere costituite da materiali isolanti che superino la *prova della stufa* a 60° C per un tempo di 60 min. e la *prova del filo incandescente* a 650° C.

## Prese di tipo industriale

Le prese a spina con corrente nominale superiore a 16 A devono avere a monte un dispositivo di comando funzionale (*interruttore*), non necessariamente interbloccato.

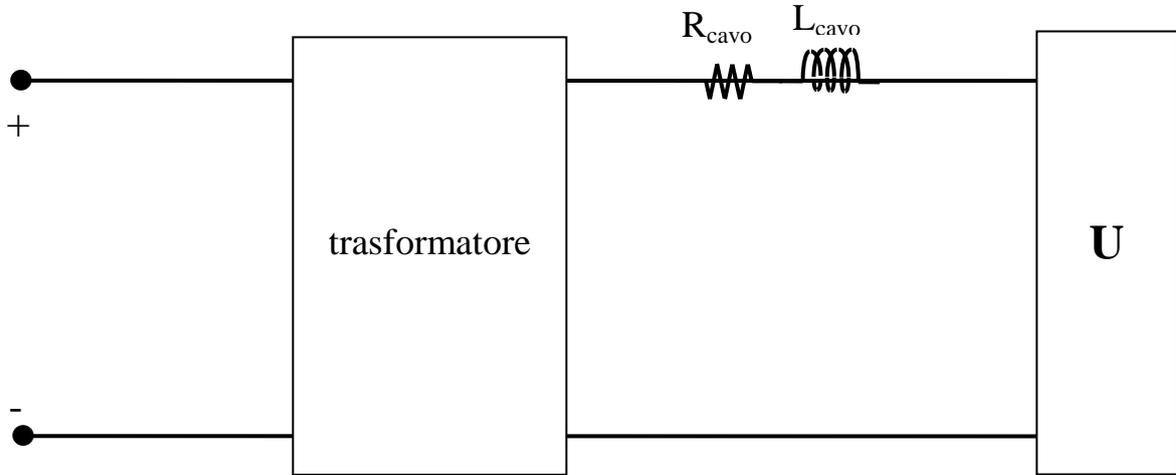
L'interblocco tra presa e spina evita pericoli per l'operatore che inserisce la spina in presenza di corto-circuito a valle della spina stessa.

Il pericolo è però reale quando le correnti di corto-circuito superano i 5-6 kA ed il circuito non è protetto da fusibili o interruttori limitatori di corrente.

L'art. 311 del DPR 27/05/55 richiede un interruttore a monte della presa a spina per l'alimentazione di macchine e apparecchi di potenza superiore a 1000 W. Non è richiesto l'interbloccaggio con la presa, né un interruttore per ogni presa, quindi, per soddisfare l'articolo, basta un interruttore automatico di protezione del circuito installato sul quadro.

## Calcolo delle correnti di corto circuito

### Esempio:

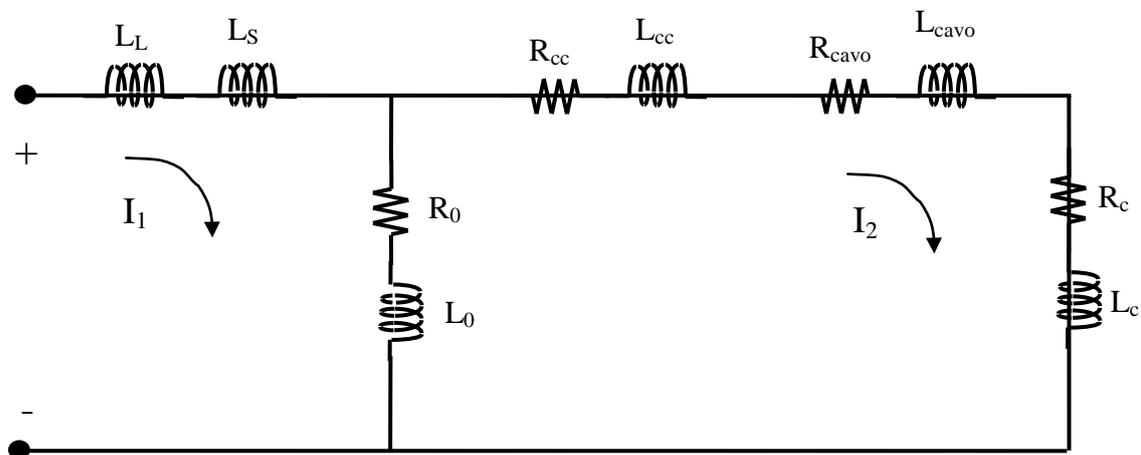


Dati di targa del trasformatore:  $P_n = 500 \text{ kVA}$   
 $V_{1n} = 20 \text{ kV}$   
 $V_{20} = 400 \text{ V}$

Potenza di corto-circuito nel punto di consegna della rete: 30 MVA

Utenza: Motore  $P_n = 2 \text{ HP}$   
 $\cos\varphi = 0.75$   
 $V_n = 400 \text{ V}$

Cavo : sez. =  $2.5 \text{ mm}^2$   
 Lunghezza = 80 m  
 $(R_{\text{cavo}} = 7.03 \text{ } \Omega/\text{Km}; L_{\text{cavo}} = 0.0186 \text{ } \Omega/\text{Km})$



Dalla potenza di corto-circuito si ricava:  $L_L + L_S = \frac{V_n^2}{P_{CC}}$

Dai dati del motore si ricava:  $I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot V_n \cdot \cos \varphi}$

$$Z_c = \frac{V_n^2 \cos \varphi}{P_n}$$

$$R_c = Z_c \cos \varphi$$

$$X_c = Z_c \sin \varphi$$

Dai dati di targa del trasformatore si ottengono i seguenti risultati per prove convenzionali a vuoto:

- la potenza assorbita a vuoto  $P_0 = 1170 \text{ W}$ ;
- il valore efficace percentuale rispetto alla corrente nominale della corrente primaria assorbita a vuoto  $I_{10} = 1.9 \% I_n$ ;

e delle prove in cortocircuito:

- la potenza assorbita in cortocircuito  $P_{cc} = 6200 \text{ W}$ ;
- il valore percentuale rispetto alla tensione nominale della tensione assorbita in cortocircuito  $V_{1cc} = 4.2\% V_n$ .

Dalla potenza nominale assorbita e dalla tensione nominale ottengo la corrente primaria nominale assorbita:

$$I_n = \frac{P_n}{V_{1n}} = 25 \text{ A}$$

ricavo allora :

$$I_{10} = 1.9\% I_n = 0.475 \text{ A}$$

Determino ora il fattore di impedenza a vuoto:

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{V_{1n} I_{10}} = 0.123$$

Posso calcolare quindi il valore dell'impedenza in parallelo equivalente  $Z_0$ :

$$Z_0 = \frac{V_{1n}}{\tau^2 I_{10}} = 16.842 \Omega$$

e tramite il fattore di carico il valore della resistenza in parallelo  $R_0$ :

$$R_0 = Z_0 \cos \varphi_0 = 2.0744 \Omega$$

e il valore della reattanza del bipolo  $X_0$ :

$$X_0 = Z_0 \sin \varphi_0 = 16.714 \Omega$$

Calcolo ora il fattore di impedenza in cortocircuito:

$$\cos \varphi_{cc} = \frac{P_{cc}}{V_{1cc} I_{1n}} = 0.29$$

e l'impedenza longitudinale equivalente:

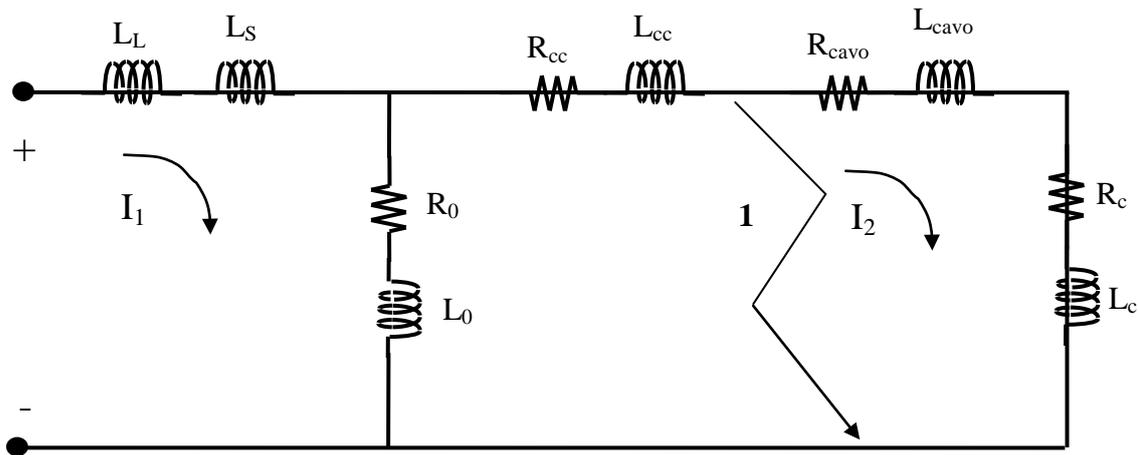
$$Z_{2cc} = \frac{V_{1cc}}{\tau^2 I_{1n}} = 0.0134\Omega$$

da cui determino la resistenza  $R_{2cc}$  e la reattanza  $X_{2cc}$ :

$$R_{2cc} = Z_{2cc} \cos \varphi_{cc} = 3.968m\Omega$$

$$X_{2cc} = Z_{2cc} \sin \varphi_{cc} = 12.84m\Omega$$

## Corto circuito in 1



nel dominio del tempo avrò:

$$v(t) = (L_L + L_S) \frac{di_1}{dt} + R_{cc} i_2 + L_{cc} \frac{di_2}{dt}$$

$$v(t) = (L_L + L_S) \frac{di_1}{dt} + R_0 (i_1 - i_2) + L_0 \left( \frac{di_1}{dt} - \frac{di_2}{dt} \right)$$

condizioni iniziali:  $i_1(0) = 0$ ;  $i_1(0) = I_{1max}$ ;  $i_2(0) = 0$ ;  $i_2(0) = I_{2max}$

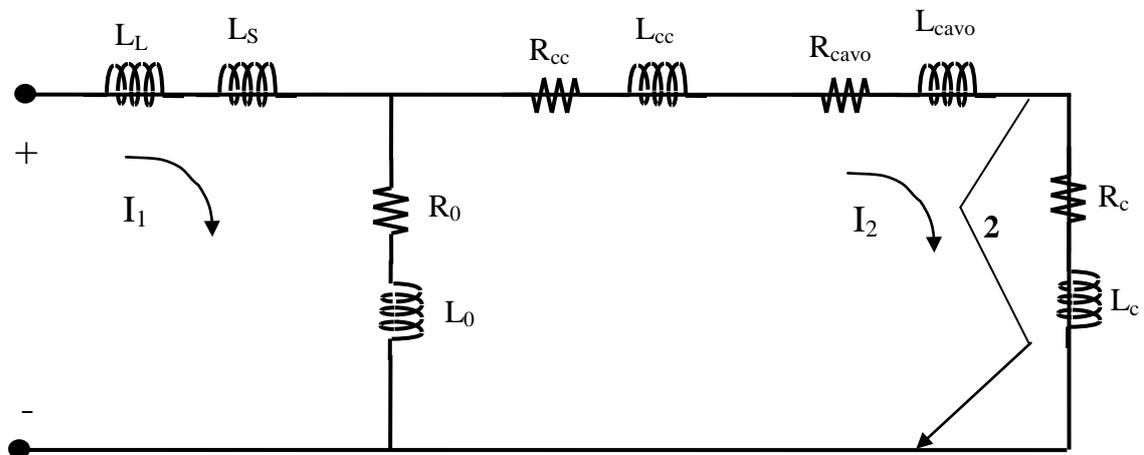
Per trovare le condizioni iniziali risolviamo il sistema con le correnti di maglia.

A regime:

$$\dot{V} = j(L_L + L_S) \dot{I}_1 + (R_0 + jX_0)(\dot{I}_1 - \dot{I}_2)$$

$$(R_0 + jX_0)(\dot{I}_2 - \dot{I}_1) + [(R_{cc} + R_{cavo} + R_c) + j(X_{cc} + X_{cavo} + X_c)] \dot{I}_2 = 0$$

## Corto circuito in 2

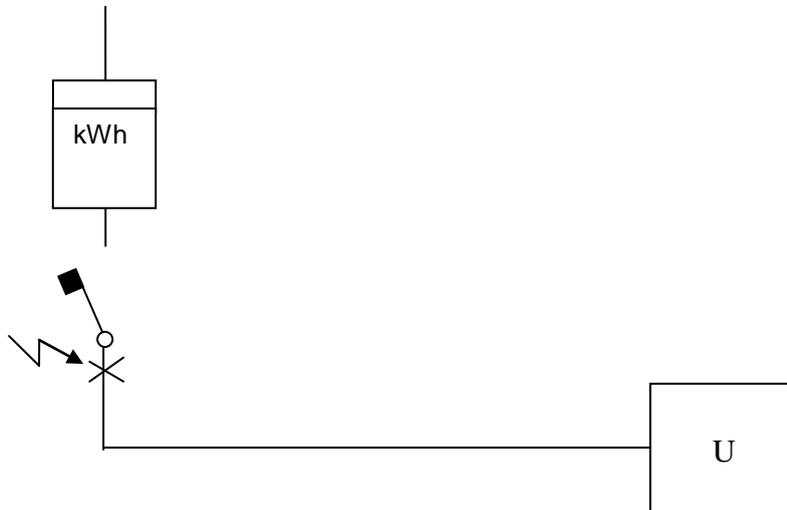


$$v(t) = (L_L + L_S) \frac{di_1}{dt} + (R_{cc} + R_{cavo}) i_2 + (L_{cc} + L_{cavo}) \frac{di_2}{dt}$$

$$v(t) = (L_L + L_S) \frac{di_1}{dt} + R_0 (i_1 - i_2) + L_0 \left( \frac{di_1}{dt} - \frac{di_2}{dt} \right)$$

## Calcolo della corrente di corto circuito (Norma CEI 64-8)

### $I_{cc}$ massima in una condotta



Per un utente  $U$ , alimentato in bassa tensione dalla rete del Distributore, la corrente di corto-circuito che potrebbe svilupparsi immediatamente a valle del punto di consegna dipende dalle caratteristiche delle linee di distribuzione dell'Ente Erogatore. Solo quest'ultimo è in grado di rendere noto all'utente detto valore, che in linea teorica dovrebbe essere valutato di volta in volta.

Però, la tipologia e le taglie dei trasformatori utilizzati dall'Ente medesimo e la conformazione delle reti di distribuzione contribuiscono a far sì che nei punti di consegna dell'energia non si abbiano, di solito, correnti di superiori ai seguenti valori:

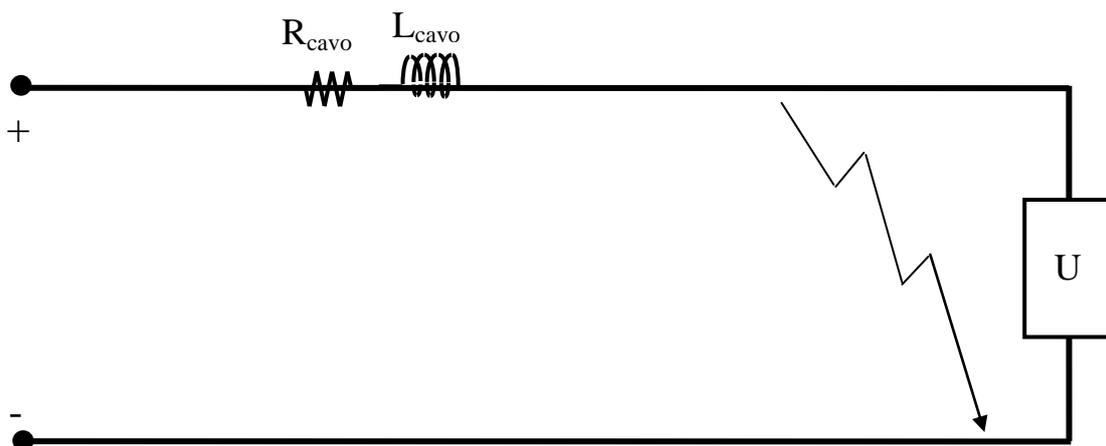
4500 A      per le utenze monofase

6000 A      per le utenze trifase

tali valori sono da ritenersi validi per le forniture in bassa tensione con potenza impegnata fino a 30 kW

### Calcolo della $I_{cc}$ minima in una condotta monofase

Semplifichiamo il problema considerando il circuito formato da cavo (di resistenza  $R_{cavo}$  e induttanza  $L_{cavo}$ ) e utenza  $U$ , con un corto-circuito a fondo linea, come nella seguente figura:



trascurando l'abbassamento della tensione di linea e l'innalzamento della temperatura si avrebbe:

$$I_{cc} = \frac{V}{\sqrt{R^2 + L^2}}$$

La Norma 64-8 propone una formula che tiene conto dei parametri prima trascurati, precisando che *"i valori ottenuti con tale formula servono per la verifica della tempestività di intervento dei dispositivi di protezione, ma non per la determinazione del potere di interruzione"*:

$$I_{cc} = \frac{0.8 \cdot V \cdot S}{1.5 \cdot \rho \cdot 2l}$$

dove:  $I_{cc}$  = corrente di corto-circuito in A

0.8 = fattore che tiene conto dell'abbassamento di tensione

V = tensione in V

S = sezione del conduttore in  $\text{mm}^2$

1.5 = fattore che tiene conto dell'aumento di temperatura

$\rho$  = resistività del conduttore a 20°C in  $\text{mm}^2/\text{m}$

2 = fattore per monofase

l = lunghezza della linea in m

Per cavi in rame ( $\rho = 0.0178 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ) la formula diventa:

$$I_{cc} = \frac{15 \cdot V \cdot S}{l}$$

## Calcolo della $I_{cc}$ minima in una condotta trifase

Per le condutture trifasi, ai fini della determinazione della corrente minima, si considera il guasto monofase assumendo per V:

- la tensione concatenata in assenza di neutro
- la tensione di fase in presenza del conduttore di neutro

### Assenza di neutro

Schematizzando e semplificando il circuito si ha:

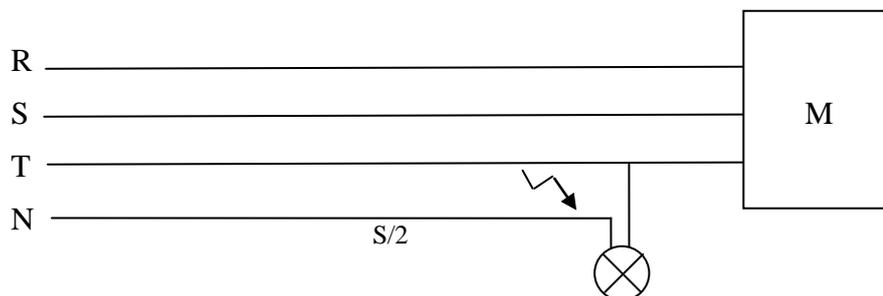


Applicando la formula sopra descritta, si ottiene una corrente di corto-circuito per guasto fase-fase pari a:

$$I_{cc} = \frac{15 \cdot 380 \cdot S}{l}$$

### Presenza di neutro

Se il conduttore di neutro ha sezione  $S/2$ , in un corto-circuito fase-neutro il valore  $I_{cc}$  si ottiene:



$$I_{cc} = \frac{15 \cdot V \cdot S}{l} \cdot 0.67$$

# Dispositivi di manovra e protezione

## Classificazione delle apparecchiature

### Classificazione in base alle funzioni svolte

Fondamentalmente un apparecchio elettrico deve assolvere a due funzioni:

una funzione che potremmo definire "statica" in cui l'apparecchio deve essere in grado di condurre qualsiasi corrente che possa interessare il circuito, garantire l'isolamento "parallelo" tra i conduttori attivi e verso le masse e assicurare l'isolamento "verticale" del circuito a monte rispetto quello a valle:

- condurre qualsiasi corrente fino alla corrente nominale del carico e ad una corrente di sovraccarico ben definita
- condurre correnti di corto circuito fino ad un determinato valore
- assicurare l'isolamento parallelo, alla tensione d'esercizio, e per determinate sovratensioni di origine interna o esterna
- garantire nella posizione di aperto l'isolamento verticale tra le parti dell'impianto a monte e le parti dell'impianto a valle ai fini del funzionamento
- garantire la separazione (sezionamento), ai fini della sicurezza, con precise condizioni di distanza dei contatti, d'isolamento e di mantenimento della posizione dei contatti

una funzione che chiameremo "dinamica" in cui l'apparecchio deve essere in grado di stabilire o interrompere, in presenza di corrente, la continuità elettrica tra le varie parti del circuito.

- stabilire qualsiasi corrente fino alla corrente nominale del carico e ad una determinata corrente di sovraccarico
- stabilire correnti di corto circuito fino ad un determinato valore
- interrompere qualsiasi corrente fino alla corrente nominale del carico ed ad una determinata corrente di sovraccarico
- interrompere le correnti di corto circuito

## **Classificazione in base alle modalità di manovra**

Le modalità di azionamento degli apparecchi per ottenere il movimento dei contatti (distacco o contatto) classificate secondo la *Norma CEI 17-5* sono le seguenti:

- *Manovra manuale dipendente* - manovra ad accumulo di energia che trae origine dal lavoro manuale, accumulato e liberato in una sola operazione, in modo che la velocità e la forza della manovra risultino indipendenti dall'azione dell'operatore
- *Manovra dipendente mediante sorgente esterna* - l'energia per la manovra è ottenuta con dispositivi come solenoidi, motori elettrici, pneumatici ecc.
- *Manovra ad accumulo d'energia* - l'energia necessaria alla manovra viene accumulata nel meccanismo stesso prima della manovra

## **Classificazione in base al sistema elettrico**

Per la scelta di ogni dispositivo devono essere forniti almeno i seguenti dati:

- le condizioni ambientali e la funzione a cui l'impianto è destinato
- il tipo di sistema (monofase trifase senza o con neutro) e la classificazione in base alla connessione a terra (TT, TN, IT)
- la tensione e la frequenza
- la corrente d'impiego del circuito
- la corrente di sovraccarico che non deve far intervenire in modo intempestivo il dispositivo contro le sovracorrenti
- la portata delle condutture nelle condizioni d'impiego
- l'energia specifica passante ammissibile dalla conduttura e dagli altri componenti l'impianto
- la corrente di corto circuito massima presunta nel punto d'installazione degli apparecchi e, se necessario, la corrente di corto circuito minima all'estremità della conduttura da proteggere
- il tipo di provvedimento adottato per la protezione delle persone contro i contatti diretti e indiretti
- le esigenze di continuità del servizio

## **Classificazione in base all'ambiente d'installazione**

I dispositivi devono essere scelti in base all'ambiente di posa e in relazione al loro grado di compatibilità con le condizioni ambientali esistenti nel luogo d'installazione che possono riguardare:

- la natura dell'atmosfera e dell'ambiente (temperatura, umidità, presenza di polveri, di sostanze corrosive, insetti, ecc.)
- le sollecitazioni meccaniche
- le sollecitazioni termiche
- l'irraggiamento

Questa classificazione riguarda direttamente gli apparecchi che però normalmente vengono installati all'interno di contenitori sui quali vengono in gran parte trasferite le sollecitazioni alle quali gli apparecchi sono soggetti. Ogni custodia, in relazione alla tenuta alle sollecitazioni a cui è sottoposta, è individuata secondo il noto metodo di classificazione del grado di protezione IPXX dove la prima cifra indica la protezione alla penetrazione dai corpi solidi e la seconda cifra alla penetrazione dell'acqua. A tal fine è utile ricordare che non è sempre conveniente intervenire sul componente per adattarlo alle specifiche condizioni ambientali di installazione, ma spesso risulta più semplice migliorare le caratteristiche dell'ambiente stesso, come ad esempio migliorando la ventilazione o il raffreddamento o trasferendo il componente, ad esempio un quadro elettrico, fuori dall'ambiente non adatto alla sua installazione.

## **Definizioni e dati di targa**

### **Sezionatore**

La *Norma CEI 17-11*, art. 2.1.4 dà del sezionatore la seguente definizione:

‘Apparecchio meccanico di manovra che, per ragioni di sicurezza, assicura, nella posizione di aperto, una distanza di sezionamento che soddisfa a condizioni specificate. Un sezionatore è capace di aprire e chiudere un circuito quando la corrente interrotta o stabilita è di intensità trascurabile, o quando la manovra non produce alcun cambiamento apprezzabile della tensione ai suoi terminali. Esso è inoltre capace di portare, nella posizione di chiuso, la corrente corrispondente alle condizioni normali di circuito e di portare, per una durata specificata, correnti corrispondenti a condizioni anormali di circuito, come ad esempio quelle di corto circuito’.

### **Interruttore**

A seconda del tipo di utilizzo gli interruttori sono oggetto di diversi fascicoli normativi. Di seguito verranno specificate le definizioni indicate dalle relative Norme di riferimento.

Interruttore (meccanico) di manovra (Norma CEI 17-11, art. 2.1.3) - "Apparecchio meccanico di manovra destinato a stabilire, portare e interrompere correnti in condizioni normali di circuito, comprese eventuali condizioni specificate di sovraccarico in servizio ordinario, così come a portare per una durata specificata correnti in condizioni anormali di circuito, come ad esempio quelle di corto circuito".

Interruttore sezionatore (Norma CEI 17-11, art. 2.1.5) – "Interruttore di manovra che, nella posizione di aperto, soddisfa alle prescrizioni della distanza di sezionamento specificate per un sezionatore"

Interruttore automatico (meccanico) (Norma CEI 17-15, art. 2.1.4) – "Apparecchio meccanico di manovra capace di stabilire, portare e interrompere correnti in condizioni normali del circuito ed inoltre di stabilire, portare per una durata specificata e interrompere automaticamente correnti in condizioni anormali specificate del circuito, ad esempio quelle di corto circuito".

Interruttore automatico di sovracorrente per usi domestici e similari (Norme CEI 23-3, art. 2.2.1 dell'allegato) - "Apparecchio meccanico d'interruzione destinato a connettere all'alimentazione un circuito ed a disconnetterlo, mediante operazione manuale, o ad aprire il circuito automaticamente, quando la corrente superi un valore predeterminato".

Interruttore differenziale per uso domestico e similare (Norme CEI 23-18, art. 2.1.01) – "Dispositivo meccanico destinato a connettere e a disconnettere un circuito all'alimentazione, mediante operazione manuale, e ad aprire il circuito automaticamente quando la corrente differenziale supera un valore predeterminato".

Interruttore differenziale con sganciatori di sovracorrente per uso domestico e similare (Norme CEI 23-8, art. 2.3.01) – "Interruttore differenziale .... con sganciatori di sovracorrente incorporati capaci di provocare automaticamente l'apertura del circuito principale quando la corrente superi un valore predeterminato".

Combinazione di interruttore differenziale e dispositivo di protezione contro i corto circuiti (Norma CEI 23-18, art. 2.2.01) – "Insieme formato da un interruttore differenziale senza sganciatori di sovracorrente e da un dispositivo di protezione contro i corto circuiti (dispositivo associato). Nel seguito si usa per brevità il termine combinazione.....".

## **Contattore ed avviatore**

Contattore (Norma CEI 17-3, art. 1.2.03) – "Dispositivo meccanico di manovra, generalmente previsto per un numero elevato di operazioni, avente una sola posizione di riposo ...., ad azionamento non manuale, capace di stabilire, sopportare ed interrompere correnti in condizioni ordinarie del circuito e in condizioni di sovraccarico. La posizione di riposo corrisponde ordinariamente alla posizione di apertura dei contatti principali. Quando la posizione di riposo corrisponde alla posizione di chiusura dei contatti principali, il contattore si definisce come chiuso in riposo";

Avviatore (Norma CEI 17-7, art. 1.2.03) – "E' l'insieme di tutti i dispositivi di manovra necessari ad avviare ed arrestare il motore, in combinazione con appropriati dispositivi di protezione contro i sovraccarichi";

Avviatore diretto (Norma CEI 17-7, art. 1.2.04) – “Avviatore che inserisce direttamente il motore sulla linea e applica la tensione della linea di alimentazione ai morsetti del motore in una sola operazione”;

Avviatore invertitore (Norma CEI 17-7, art. 1.2.05) – “Avviatore previsto per invertire il senso di rotazione del motore mediante l'inversione delle connessioni di alimentazione, mentre il motore è in marcia”.

## **Dati di targa**

I dati di targa sono l'insieme delle informazioni minime necessarie per l'identificazione di un'apparecchiatura. Per questo motivo la targa deve essere visibile anche quando l'apparecchio è montato. Non tutte le informazioni relative al prodotto possono essere inserite nei dati di targa, per queste si rimanda normalmente alla documentazione che accompagna ogni dispositivo elettrico.

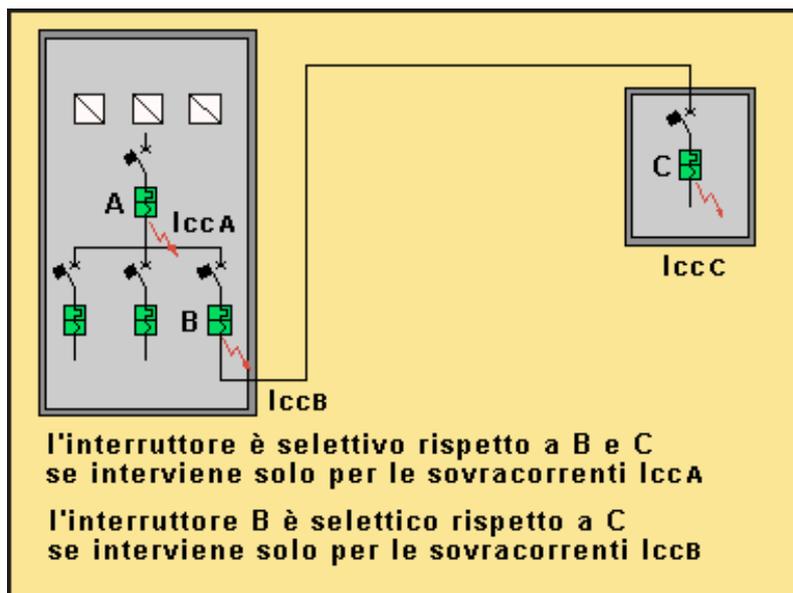
## **Selettività delle protezioni**

L'articolo 536.1 della Norma CEI 64-8 è dedicato alla selettività tra dispositivi di protezione contro le sovracorrenti: “Quando più dispositivi di protezione sono posti in serie e quando le necessità di esercizio lo giustificano, le loro caratteristiche di funzionamento devono essere scelte in modo da staccare dall'alimentazione solo la parte dell'impianto in cui si trova il guasto”. In definitiva si dovrà fare in modo che in presenza di un guasto intervenga unicamente il dispositivo di protezione installato immediatamente a monte del punto guasto. Gli altri dispositivi attraversati dalla corrente di guasto dovranno rimanere chiusi e consentire al resto dell'impianto sano di rimanere alimentato.

La Norma CEI 17-5 classifica gli interruttori in due categorie di utilizzazione.

Categoria A - Con questi apparecchi si può ottenere solo la selettività di tipo amperometrico perché non dispongono di dispositivi per il ritardo intenzionale dell'intervento per correnti di corto circuito. Gli interruttori con corrente nominale inferiore a 500-630 A appartengono a questa categoria.

Categoria B - Sono interruttori automatici con dispositivo di ritardo intenzionale. In corto circuito si può ottenere la selettività cronometrica introducendo tempi di ritardo variabili da 0 a 300 ms. I dispositivi di ritardo possono essere di tipo elettromeccanico, nei quali si può regolare solo il tempo di prearco, o a microprocessore, in cui si possono ottenere regolazioni più complesse. Per questi apparecchi deve essere specificata la corrente nominale di breve durata  $I_{cw}$ .

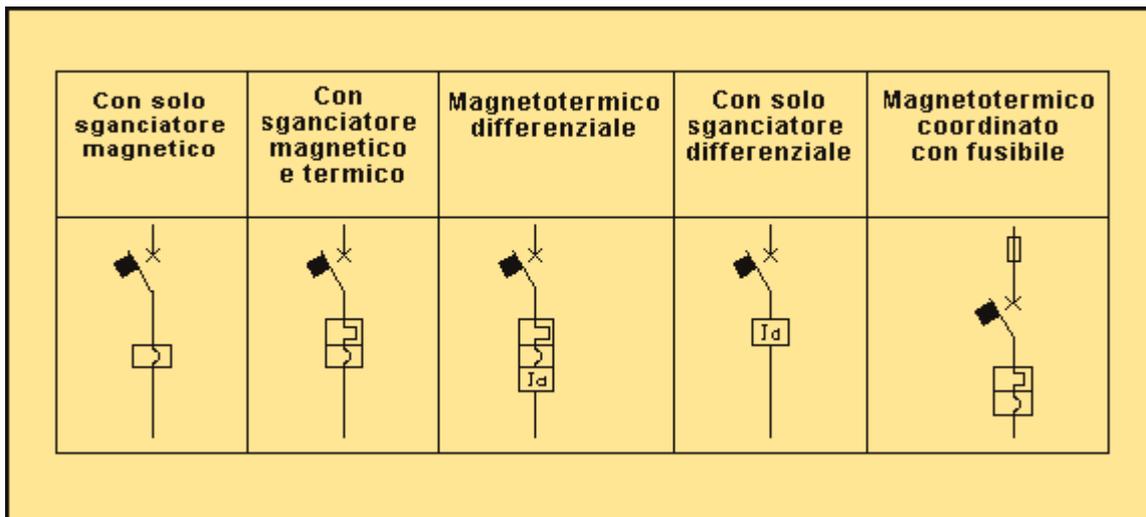


Selettività degli interruttori posti in cascata

## Interruttore automatico

### Generalità

L'interruttore automatico è un apparecchio meccanico di manovra capace di stabilire, portare ed interrompere correnti in condizioni normali del circuito ed inoltre di stabilire, portare per una durata specifica ed interrompere, correnti in condizioni anormali specificate del circuito, ad esempio quelle di corto circuito. L'interruttore è tra l'altro caratterizzato dall'aver due posizioni che mantiene in condizione di riposo (dopo la manovra che le ha determinate) senza che sia necessario un ulteriore apporto di energia. E' un apparecchio in grado di connettere e disconnettere un circuito dall'alimentazione mediante un'operazione, manuale o automatica, in genere di tipo indipendente perché permette di raggiungere le posizioni di aperto e chiuso senza arresto in posizioni intermedie con velocità di apertura/chiusura svincolata dalla velocità di manovra dell'operatore. La parola 'automatico' sta ad indicare un apparecchio che interviene automaticamente quando è attraversato da una corrente superiore alla sua corrente nominale. Le modalità dell'intervento dipendono essenzialmente dall'entità della sovracorrente e dalla caratteristica di intervento dell'interruttore. Ogni interruttore è fornito di due sganciatori di sovracorrente di cui uno (relè termico), a tempo inverso, provoca l'apertura con un ritardo inversamente proporzionale al valore della sovracorrente, mentre l'altro (relè elettromagnetico), ad intervento istantaneo provoca l'intervento a partire da un determinato valore di sovracorrente (relativamente elevato) con un tempo pressoché costante.



*Segni grafici di interruttori automatici magnetotermici e differenziali*

## Classificazione

In base ai tempi di interruzione della corrente di corto circuito si identificano i seguenti tipi di interruttori

Limitatore - l'interruzione viene fortemente anticipata rispetto allo zero naturale della corrente

Rapidi - l'interruzione avviene al primo o al secondo passaggio della corrente per lo zero naturale

Selettivi - l'interruzione viene volutamente ritardata ed avviene dopo alcuni periodi per permettere la selettività tra interruttori posti in serie

Interruttori aperti o in aria- sono interruttori caratterizzati da notevoli dimensioni e vengono impiegati per usi prevalentemente di tipo industriale. Possiedono correnti nominali, correnti di breve durata e poteri di corto circuito piuttosto elevati. Vengono impiegati come interruttori di macchina a valle dei trasformatori di MT/BT di generatori e per partenze con elevate correnti di impiego (1000-2000 A)

Interruttore scatolato - sono interruttori in cui la scatola che li contiene, normalmente di materiale plastico, funge da supporto per le parti meccaniche e da isolante tra le fasi e verso massa e da protezione contro i contatti indiretti

Interruttore modulare - sono interruttori impiegati prevalentemente nel civile e nel terziario e sono caratterizzati da dimensioni modulari unificate. Queste caratteristiche permettono una facile installazione a scatto su supporti di tipo normalizzato

## **Protezione contro il sovraccarico**

La corrente nominale dell'interruttore automatico deve essere scelta in relazione alla portata del cavo; la protezione contro il sovraccarico è in tal modo assicurata.

I circuiti luce non necessitano della protezione contro il sovraccarico, ma per una maggiore sicurezza, si è scelto di proteggerli ugualmente e si può prescindere dalla lunghezza massima della linea protetta contro il corto-circuito. Nei circuiti non protetti contro il sovraccarico, il dispositivo di protezione contro il corto-circuito potrebbe infatti non proteggere la linea molto lunga per un corto-circuito in fondo alla linea stessa.

## **Protezione contro il corto-circuito**

Gli interruttori automatici scelti per la protezione contro il sovraccarico garantiscono anche la protezione contro il corto-circuito, purchè abbiano idoneo potere di corto-circuito (corrisponde al valore efficace della corrente presunta che l'interruttore è in grado di stabilire, portare e interrompere a condizioni specificate).

Il potere di corto-circuito degli interruttori automatici installati in prossimità del contatore deve essere almeno pari a quello del limitatore del distributore di energia. L'ENEL ha normalizzato per i propri limitatori un potere di corto-circuito di 4.5 kA per gli interruttori bipolari e 6 kA per gli interruttori quadripolari.

Interruttori con potere di corto circuito sovrabbondante permettono di fare fronte ad eventuali aumenti delle correnti di corto-circuito nella rete di distribuzione pubblica.

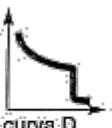
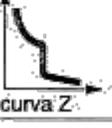
Gli interruttori automatici di bassa tensione sono suddivisi in due categorie fondamentali: interruttori in scatola isolante e interruttori di tipo aperto. Entrambe queste tipologie di dispositivi vengono a loro volta classificate in funzione del tipo di intervento che può essere istantaneo o selettivo. A questo scopo le Norme fanno corrispondere questa classificazione a due categorie di utilizzo, rispettivamente A (istantanei) e B (selettivi).

## **Tipi di sganciatori magnetotermici**

Le norme CEI che regolano la progettazione, le prestazioni e le prove degli interruttori automatici contro sovracorrenti sono due:

- La norma CEI EN 600947-2 (17-5 V edizione) costituisce il testo di riferimento per i prodotti per applicazioni "industriali", con elevati valori di potere di interruzione e caratteristiche, rispondenti alle esigenze di sicurezza e di corretto esercizio di moderni impianti elettrici nel settore produttivo.
- La norma CEI 23-3 (EN60898) si applica agli interruttori automatici per usi domestici e similari di tipo ordinario, intendendo incluse le applicazioni per uffici, alberghi, scuole ecc., cioè il settore comunemente chiamato "terziario".

Nella tabella sottostante sono riportate le caratteristiche di intervento magnetico dei diversi tipi di sganciatori, con riferimento alle norme e inoltre sono riportate le applicazioni "standard" dei diversi tipi di protezione.

Tipi di sganciatori e loro applicazioni			
tipo	Intervento secondo norma di riferimento		protezione
	CEI EN 60947-2	CEI EN 60898 (CEI 23-3)	
 curva B	$I_m 3,2 \div 4,8 I_n$ ( $4 I_n \pm 20\%$ )	$I_m 3 \div 5 I_n$	di generatori, delle persone e di grandi lunghezze di cavi Sovraccarico: termici standard
 curva C	$I_m 6,4 \div 9,6 I_n$ ( $8 I_n \pm 20\%$ )	$I_m 5 \div 10 I_n$	di cavi e impianti che alimentano apparecchi utilizzatori classici. Sovraccarico: termici standard
 curva D	$I_m 9,6 \div 14,4 I_n$ (1) ( $12 I_n \pm 20\%$ )	$I_m 10 \div 14 I_n$	di cavi che alimentano apparecchi utilizzatori a forte corrente di avviamento. Sovraccarico: termici standard
 curva K	$I_m 9,6 \div 14,4 I_n$ (1)		di cavi che alimentano apparecchi utilizzatori a forte corrente di avviamento. Sovraccarico: termici standard
 curva Z	$I_m 2,4 \div 3,6 I_n$		dei circuiti elettronici
 curva MA	$I_m 12 I_n$ (2) ( $12 I_n \pm 20\%$ )		dei motori (senza protezione termica)

(1) La caratteristica K si differenzia dalla D per la corrente di funzionamento  $I_f = 1,2 I_n$  (K);  $I_f = 1,3 I_n$  (D).  
 (2) Tolleranza ammessa  $\pm 20\%$ .

# Interruttori differenziali

## Generalità

Dell'interruttore differenziale le Norme riportano la seguente definizione : “dispositivo meccanico destinato a connettere e a disconnettere un circuito all'alimentazione, mediante operazione manuale, e ad aprire il circuito automaticamente quando la corrente differenziale supera un valore predeterminato”. Viene altresì precisato che ove fossero presenti anche sganciatori di sovracorrente, questi devono essere in grado di “provocare automaticamente l'apertura del circuito principale quando la corrente superi un valore predeterminato”. Con il verificarsi di un guasto verso terra la somma vettoriale delle correnti, che in un circuito in condizioni normali è nulla, dà un risultato diverso da zero. L'interruttore differenziale è un dispositivo sensibile a questa corrente (corrente differenziale) e interviene, aprendo automaticamente il circuito, quando viene superato un valore prestabilito.

Con questo dispositivo è possibile attuare:

- la protezione contro i contatti indiretti
- una protezione addizionale contro i contatti diretti
- la protezione contro gli incendi causati dagli effetti termici dovuti alle correnti di guasto verso terra

Non in tutti gli interruttori differenziali l'energia necessaria per il funzionamento proviene dalla corrente di guasto ma da una sorgente esterna costituita in genere dalla stessa rete di alimentazione. E' il caso ad esempio dei dispositivi differenziali ad uso industriale con il toroide separato che viene installato direttamente sul cavo. In questo tipo di dispositivi quasi sempre se viene a mancare l'energia ausiliaria l'interruttore non interviene. In alcuni casi molto particolari questo potrebbe risultare pericoloso; ad esempio si interrompe uno solo dei conduttori che alimentano il circuito ausiliario e contemporaneamente si ha un guasto verso terra. Poiché la situazione prospettata è possibile ma poco probabile la Norma permette l'utilizzo di questi interruttori differenziali per la protezione dai contatti indiretti ma solo negli impianti elettrici condotti da persone addestrate come ad esempio negli stabilimenti industriali.

## Parametri caratteristici degli interruttori differenziali

In base al tipo costruttivo i dispositivi differenziali si distinguono in:

- dispositivi il cui funzionamento non dipende da una sorgente ausiliaria
- dispositivi che dipendono da una sorgente ausiliaria

Una ulteriore suddivisione viene effettuata in base alla funzione a cui il dispositivo differenziale è destinato:

Differenziali magnetotermici: sono costituiti dalla combinazione di uno sganciatore magnetico, termico e differenziale e sono destinati alla protezione dalle sovracorrenti e dalle correnti di guasto verso terra

Differenziali puri: sono dotati del solo sganciatore differenziale e quindi garantiscono solo la protezione verso terra. Devono essere accoppiati a interruttori magnetotermici o a fusibili per la protezione dalle sollecitazioni termiche e dinamiche

Differenziali con toroide separato: sono impiegati negli impianti industriali caratterizzati da forti intensità di corrente. Vengono realizzati con relè, costituiti da un toroide sul quale è disposto l'avvolgimento di rilevazione della corrente differenziale, che viene utilizzato per comandare il meccanismo di sgancio di un interruttore o di un contattore di linea

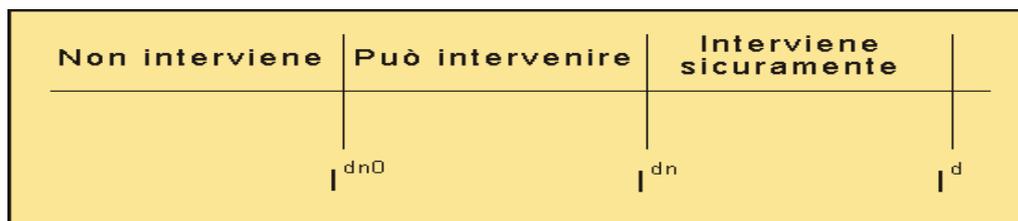
Le prestazioni di questi dispositivi sono definite da alcune grandezze caratteristiche:

Numero dei poli - 2P, 3P, 4P

Corrente nominale ( $I_n$ ) valore di corrente che l'apparecchio è in grado di portare ininterrottamente

Corrente differenziale nominale d'intervento  $I_{Dn}$  (Norme CEI EN 61008-1 e CEI EN 61009-1) minimo valore della corrente differenziale che determina l'apertura dei contatti entro tempi specificati. I valori normalizzati sono 0,01-0,03-0,1-0,3-0,5-1A

Corrente differenziale nominale di non intervento  $I_{Dn0}$  (Norme CEI EN 61008-1 e CEI EN 61009-1) valore massimo della corrente differenziale che non provoca l'apertura dei contatti. Il valore normalizzato, anche se sono ammessi tempi diversi, è  $I_{Dn0}=0,5I_{Dn}$



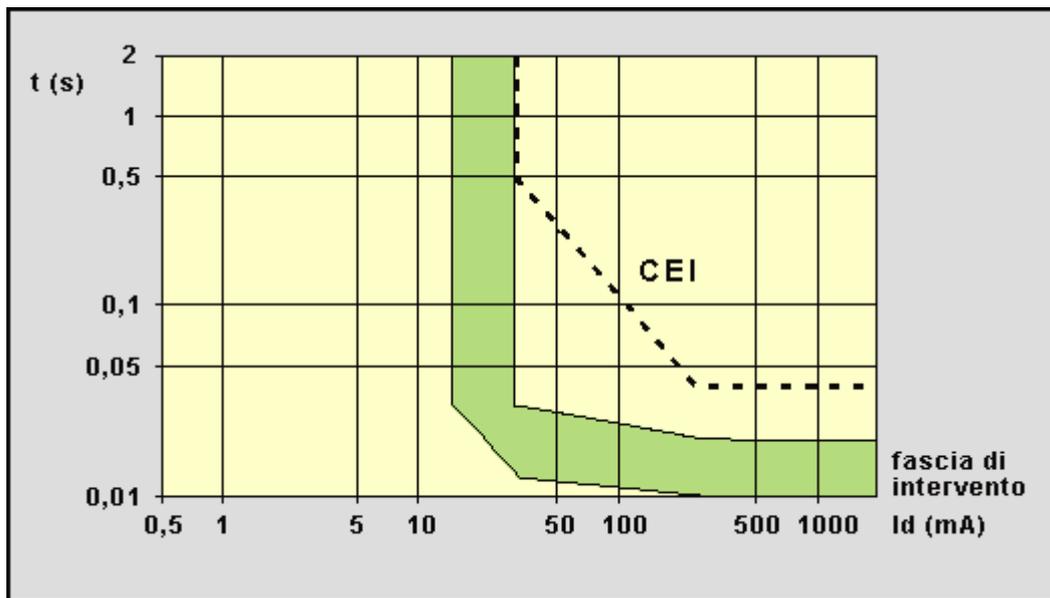
*Limiti di intervento e di non intervento dei dispositivi differenziali*

Tempo d'intervento: intervallo di tempo tra l'istante in cui si raggiunge il valore di corrente differenziale  $I_{dn}$  e l'istante in cui avviene l'apertura dei contatti

Tipo di dispositivo	$I_{dn}$ (A)	Tempi massimi di intervento in secondi per :			
		$1I_{dn}$	$2I_{dn}$	$5I_{dn}$	0,25 A
Alta sensibilità	0,005	5	1	---	0,04
	0,010	5	0,5	---	0,04
	0,030	0,5	0,2	---	0,04
Bassa sensibilità	0,1	2	0,2	0,04	---
	0,3	2	0,2	0,04	---
	0,5	2	0,2	0,04	---
	1	2	0,2	0,04	---

*Correnti nominali differenziali normalizzate e tempi massimi d'intervento degli interruttori differenziali*

Caratteristiche d'intervento: definiscono i valori corrente differenziale/tempo d'intervento che caratterizzano il funzionamento del dispositivo



Caratteristiche di intervento di un interruttore differenziale

Potere di chiusura e di interruzione differenziale nominale  $I_{Dm}$  (Norme CEI EN 61008-1 e CEI EN 61009-1) è il valore efficace della componente alternata della corrente presunta differenziale che un interruttore differenziale può stabilire, portare ed interrompere in condizioni specificate. Il valore minimo di  $I_{Dm}$  è  $10 I_n$  oppure 500A scegliendo il valore più elevato

Potere di chiusura e di interruzione nominale  $I_m$  (Norme CEI EN 61008-1) è il valore efficace della componente alternata della corrente presunta, assegnato dal costruttore, che un interruttore differenziale può stabilire, portare e interrompere in condizioni specificate. Il valore minimo di  $I_m$  è  $10 I_n$  oppure 500A scegliendo il valore più elevato

Potere di corto circuito nominale condizionale  $I_{nc}$  (Norme CEI EN 61008-1) massimo valore efficace di corrente presunta che il dispositivo, protetto da un dispositivo di protezione contro i cortocircuiti (interruttore automatico o fusibili), è in grado di sopportare in condizioni specificate senza subire danni che ne compromettano la funzionalità. Fino a 10 kA i valori normalizzati sono: 3-4-5-10 kA mentre oltre i 10 kA e fino a 25 kA il valore preferenziale è 20 kA

Corrente di cortocircuito nominale condizionale differenziale  $I_{Dc}$  (Norme CEI EN 61008-1) è il valore di corrente presunta differenziale che un interruttore differenziale, protetto da un dispositivo di protezione contro il cortocircuito, può sopportare in condizioni specificate senza subire modificazioni che ne compromettano la funzionalità. I valori normali sono gli stessi di  $I_{nc}$

Comportamento in presenza di correnti pulsanti unidirezionali - interruttore differenziale denominato di tipo AC o A

Comportamenti in presenza di correnti continue di guasto a massa - interruttore differenziale denominato di tipo B

Tempo di ritardo per gli interruttori differenziali selettivi denominati di tipo S

### **Scelta della corrente differenziale nominale di intervento $I_{Dn}$**

Nelle strutture per attività terziarie si utilizzano in genere interruttori differenziali con  $I_{Dn}=30$  mA, in quanto garantiscono anche una protezione addizionale contro i contatti diretti.

In casi particolari si possono utilizzare interruttori con  $I_{Dn}=300$  mA o  $I_{Dn}=500$  mA per evitare interventi intempestivi o per ragioni di selettività.

### **Selettività**

La corrente differenziale di non intervento è, come abbiamo detto, il massimo valore di corrente differenziale per il quale sicuramente il dispositivo non interviene ( $I_{Dn0}=0,5I_{Dn}$ ).

Nell'intervallo  $I_{Dn}-0,5I_{Dn}$  l'interruttore non ha un comportamento certo: può intervenire come può non intervenire. Nella scelta della corrente differenziale nominale d'intervento si deve tenere conto, oltre che del coordinamento con l'impianto di terra, anche dell'insieme delle correnti di dispersione dell'impianto, la cui somma vettoriale sulle singole fasi, se si vuole garantire la continuità del servizio, non deve superare  $0,5I_{Dn}$ .

Anche senza un guasto verso terra le correnti di dispersione possono assumere valori elevati per uno dei seguenti motivi:

1. l'impianto è in condizioni di conservazione precario
2. nelle macchine risulta insufficiente l'isolamento verso terra

Gli apparecchi disperdono verso terra correnti superiori ai normali valori, l'impianto elettrico è molto vasto e ogni dispositivo differenziale alimenta un numero troppo elevato di utilizzatori.

I rimedi da adottare per risolvere questi problemi possono essere:

- nel primo caso, revisione dell'impianto
- nel secondo caso, adozione di un trasformatore d'isolamento; è bene installare, anziché un solo dispositivo differenziale generale, più dispositivi differenziali sui vari circuiti (almeno i principali) migliorando in tal modo anche la *selettività orizzontale* evitando in tal modo che un guasto a terra in un punto qualsiasi di un circuito possa mettere fuori servizio tutto l'impianto.

Un punto debole nel sistema di protezione è però individuabile tra l'interruttore generale senza sganciatore differenziale e i relè differenziali (ad esempio quando sono installati all'interno dello stesso quadro metallico) dove, in caso di guasto a massa, la protezione non è assicurata. Per ovviare a questo problema è necessario evitare le masse a monte dei dispositivi differenziali oppure, ove non fosse possibile, bisogna proteggere i tratti di circuito compresi tra l'interruttore generale e gli interruttori differenziali con isolamento doppio o rinforzato.

Interruttori differenziali di tipo S (selettivo): Due interruttori differenziali in serie, per evitare interventi intempestivi e creare disservizi nella conduzione dell'impianto, devono garantire la *selettività verticale*. Due dispositivi differenziali sono selettivi se le loro zone di intervento

non si sovrappongono. Il tempo minimo di non intervento dell'interruttore a monte deve essere, per ogni valore di corrente, superiore al tempo massimo di interruzione dell'interruttore a valle. Gli interruttori di tipo S hanno corrente differenziale nominale di intervento  $I_{Dn}$  maggiore di 30 mA, una corrente nominale  $I_n$  maggiore di 25 A e sono ritardati.

Due interruttori differenziali in serie, per essere completamente selettivi devono essere di tipo generale quello a valle e di tipo S quello a monte. Inoltre l'interruttore di tipo S deve avere una corrente differenziale nominale almeno tre volte quella dell'interruttore differenziale di tipo generale posto a valle.

Interruttori differenziali di tipo AC, A, B: In funzione delle diverse tipologie delle correnti di guasto che devono essere correttamente interrotte dai dispositivi differenziali, le norme definiscono tre tipi di dispositivi che identificano con le sigle AC, A, B.

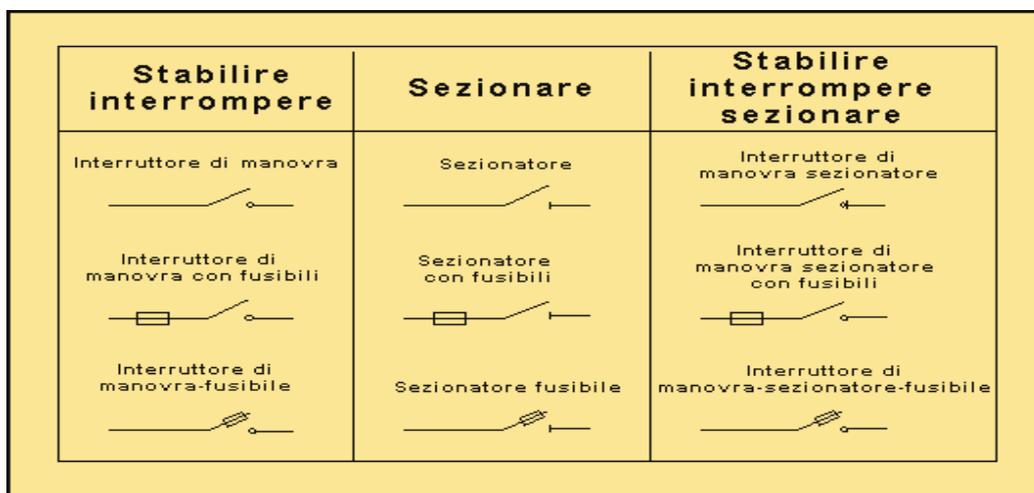
- Il tipo AC è in grado di intervenire correttamente per tutte le correnti di guasto alternate sinusoidali
- il tipo A interviene indifferentemente sia per correnti di guasto alternate sia pulsanti unidirezionali
- il tipo B oltre ad avere le caratteristiche di sensibilità alle correnti come il tipo A è in grado di intervenire anche per le correnti differenziali di tipo continuo

Di seguito vengono presi in esame i vari tipi di dispositivi differenziali e vengono date indicazioni per una scelta corretta in funzione della tipologia di corrente di guasto verso terra su cui sono chiamati ad intervenire.

## Sezionatore, interruttore di manovra e interruttore di manovra-sezionatore

### Generalità

La norma prescrive che ogni circuito sia sezionabile per garantire la sicurezza del personale che esegue lavori su, o in vicinanza di, parti attive, cioè di parti in tensione in condizioni ordinarie di esercizio.



**Fig. 10.9** - Definizioni e simbologia grafica dei sezionatori, interruttori di manovra - sezionatori e combinazioni con fusibili

## Caratteristiche funzionali e costruttive del sezionatore

Il sezionatore è un apparecchio meccanico che assicura, nella posizione di aperto, una distanza di sezionamento (distanza tra i contatti) tale da garantire la sicurezza. È un'apparecchiatura che può aprire e chiudere un circuito quando la corrente interrotta o stabilita è d'intensità trascurabile o quando la manovra non produce un cambiamento significativo della tensione ai terminali (praticamente a vuoto). Nella posizione di chiuso è in grado di portare la normale corrente del circuito e, per una durata specificata, anche una corrente anormale del circuito come ad esempio una corrente di corto circuito. Alla chiusura deve essere in grado di sopportare correnti di corto circuito per una durata convenzionale di 1s ( $I_{cw}$ ).

Ogni sezionatore deve essere munito di un dispositivo atto ad indicare la posizione assunta dai contatti mobili anche in condizioni anormali come ad esempio in caso di saldatura dei contatti. Una indicazione di questo tipo è superflua se la separazione dei contatti è chiaramente visibile dall'esterno. La Norma 64-8 richiede tra l'altro che la segnalazione sia attivata solo quando sia stata raggiunta la effettiva posizione di sezionamento dei contatti in apertura su ogni polo del dispositivo.

Per quanto riguarda la distanza di sezionamento da adottare, le Norme, in relazione al grado di esposizione dell'impianto elettrico alle sollecitazioni di tipo impulsivo sugli isolanti (queste sollecitazioni dielettriche possono essere di origine esterna dovute a fulminazioni o interna dovute a manovre sui circuiti), suddivide l'impianto in zone. Per ogni zona e in funzione della tensione verso terra del sistema, vengono individuati particolari valori di tensione di riferimento per i quali deve essere garantita la tenuta dell'isolamento.

Dal punto di vista costruttivo il sezionatore è un apparecchio molto semplice. Non è dotato di dispositivi per l'interruzione della corrente e nemmeno di meccanismi per lo scatto rapido o automatico. Le velocità di movimento dei contatti mobili dipendono dall'operatore. Il sezionamento può essere ottenuto con dispositivi unipolari affiancati anche se le Norme consigliano di utilizzare apparecchi multipolari per il sezionamento contemporaneo di tutti i poli del circuito.

Gli interruttori automatici onnipolari (comprendono cioè tutti i poli del circuito, incluso il neutro) conformi alla norma CEI 23-3 e gli interruttori differenziali conformi alle norme CEI 23-18, 23-42, 23-44, assicurano non solo la protezione del circuito, ma anche il sezionamento del circuito stesso.

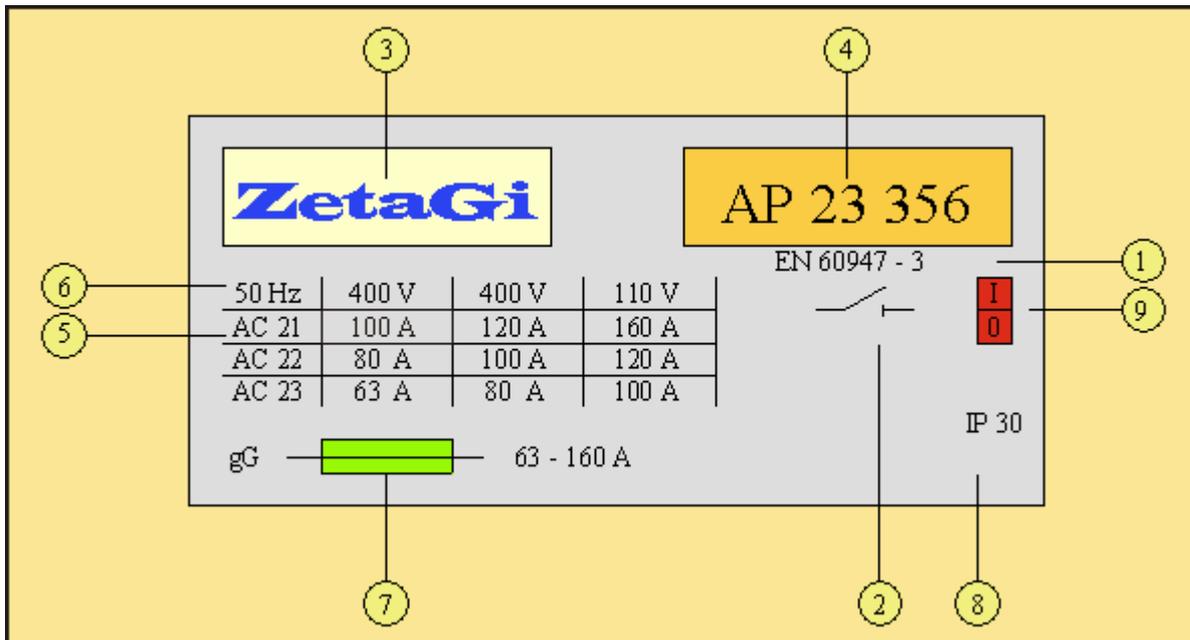
Negli impianti utilizzatori alimentati direttamente in bassa tensione dal Distributore di energia, il conduttore di neutro è da ritenere parte attiva.

Nei circuiti monofase, l'interruttore automatico, per attuare il sezionamento, deve interrompere sia la fase che il neutro; entrambi le fasi nel circuito fase-fase.

Nei circuiti fase-neutro, l'interruttore automatico, può avere un solo polo protetto contro le sovracorrenti, in tal caso il polo protetto deve essere inserito sul conduttore di fase. Anche nei circuiti fase-fase protetti da un interruttore differenziale, l'interruttore automatico può avere un solo polo protetto.

Nei circuiti trifase con neutro l'interruttore automatico deve interrompere le tre e il neutro (interruttore quadripolare). Se il conduttore di neutro è di sezione uguale a quella delle fasi (dove non si supera la sezione di 16 mm<sup>2</sup>), il polo può non essere protetto.

Tutti dispositivi utilizzati per il sezionamento devono essere chiaramente identificati:



- 1) *Norma di riferimento*
- 2) *Attitudine al sezionamento (se l'apparecchio non è idoneo al sezionamento invece del simbolo è riportata la scritta "non aprire sotto carico").*
- 3) *Marchio di fabbrica*
- 4) *Sigla che designa il tipo o la serie*
- 5) *Correnti nominali d'impiego riferite alle rispettive tensioni nominali e alle categorie di utilizzo*
- 6) *Frequenza nominale ( per corrente continua è indicata la sigla c.c.)*
- 7) *Tipo di fusibile (solo per le unità combinate)*
- 8) *Grado di protezione*
- 9) *Indicazione della posizione di aperto e di chiuso*

*Dati di targa di un sezionatore*

I dispositivi di sezionamento installati in locali ordinari devono essere inaccessibili durante i lavori elettrici, in modo da evitare la loro manovra intempestiva, a meno che il dispositivo sia sotto il diretto controllo di chi esegue i lavori. E' preferibile quindi che gli interruttori siano installati in un quadro o in un locale chiudibile a chiave.

## Caratteristiche funzionali dell'interruttore di manovra e dell'interruttore di manovra-sezionatore

L'interruttore di manovra (interruttore non automatico) differisce dal sezionatore perché è in grado di stabilire e di interrompere la corrente di carico, tenendo anche conto di sovraccarichi momentanei. L'interruttore di manovra sezionatore, così come è definito dalle Norme CEI 17-11 art. 2.1.3, "...è un apparecchio meccanico di manovra in grado di stabilire, portare ed interrompere correnti in condizioni normali del circuito, comprese eventuali correnti specificate di sovraccarico in servizio ordinario, così come a portare, per una durata specificata, correnti in condizioni anormali del circuito, come ad esempio quelle di corto circuito".

Sono apparecchi che, non essendo dotati di dispositivi di sgancio automatico, non possono essere utilizzati per la protezione automatica contro le sovracorrenti (il potere d'interruzione è generalmente insufficiente sui corto circuiti). Viene denominato interruttore di manovra-sezionatore quando (norme CEI 17-11 art. 2.1.5) "...nella posizione di aperto soddisfa alle prescrizioni della distanza di sezionamento specificate per un sezionatore". Essendo apparecchi destinati a chiudere un circuito è molto importante conoscere il valore del potere di chiusura ( $I_{cm}$ ). Devono infatti essere in grado di sopportare, onde evitare che possano danneggiarsi e diventare causa di pericolo per le persone, le sollecitazioni dinamiche e termiche più gravose che possano derivare da tale manovra, compresa la chiusura su corto circuito. Come per il sezionatore devono inoltre essere in grado di sopportare una corrente di corto circuito per un tempo prefissato convenzionale di 1s ( $I_{cw}$ ). Sono impiegati principalmente come interruttori generali di sottoquadri, come organi di manovra e sezionamento di linee, di sbarre o di gruppi di apparecchiature, come un congiuntore di sbarre che un complesso di manovra e protezione di un motore.

Natura della corrente	Categorie di utilizzazione		
	Categoria di utilizzazione		Applicazioni tipiche
	Manovra frequente	Manovra non frequente	
<b>Corrente Alternata</b>	AC-20A	AC-20B	Stabilimento e interruzione a vuoto
	AC-21A	AC-21B	Manovra di carichi resistivi con sovraccarichi di modesta entità
	AC-22A	AC-22B	Manovra di carichi misti resistivi e induttivi con sovraccarichi di modesta entità
	AC-23A	AC-23B	Manovra di motori o altri carichi altamente induttivi
<b>Corrente continua</b>	DC-20A	DC-20B	Stabilimento e interruzione a vuoto
	DC-21A	DC-21B	Manovra di carichi resistivi con sovraccarichi di modesta entità
	DC-22A	DC-22B	Manovra di carichi misti resistivi e induttivi con sovraccarichi di modesta entità (per es. motori in derivazione)
	DC-23A	DC-23B	Manovra di motori o altri carichi altamente induttivi

*Categorie di utilizzazione degli interruttori di manovra*

# QUADRI ELETTRICI

## Generalità

### Norma 17-13

I quadri elettrici, sono da considerare componenti dell'impianto. Essi devono rispondere alla *Norma CEI 17-13*, che riporta le prescrizioni generali e distingue:

- **AS** Apparecchiatura costruita in serie  
Ovvero apparecchiatura conforme a un tipo prestabilito o comunque senza scostamenti tali che ne modifichino in modo determinante le prestazioni rispetto all'apparecchiatura tipo provata, secondo quanto prescritto nelle norma
- **ANS** Apparecchiatura non costruita in serie

Un quadro AS è quindi un quadro conforme ad un *prototipo provato*, cioè sottoposto a prove specifiche previste dalla norma, oppure è un *quadro derivato* da un quadro provato, ossia con modifiche introdotte tali da non ridurre le prestazioni (dati nominali) del quadro rispetto a quello che ha superato le prove

Per accertare che la produzione di quadri sia conforme al prototipo provato, le norme prevedono delle prove, secondo procedure indicate, su alcuni esemplari. Tali prove possono essere condotte dal costruttore stesso o da un laboratorio indipendente.

In genere, il costruttore progetta, costruisce, prova e assembla il quadro. Il costruttore è l'impresa che targa il quadro.

Il costruttore deve dichiarare la rispondenza del quadro alle norme, con particolare riferimento alle sovratemperature, alla tenuta al corto-circuito, al livello d'isolamento, alla efficienza del circuito di protezione, al grado di protezione IP, ecc.

Se per qualche ragione (trasporto, produzione) alcune fasi del montaggio sono eseguite fuori dall'officina del costruttore, il quadro è considerato ancora AS purchè il montaggio venga realizzato secondo le istruzioni del costruttore stesso.

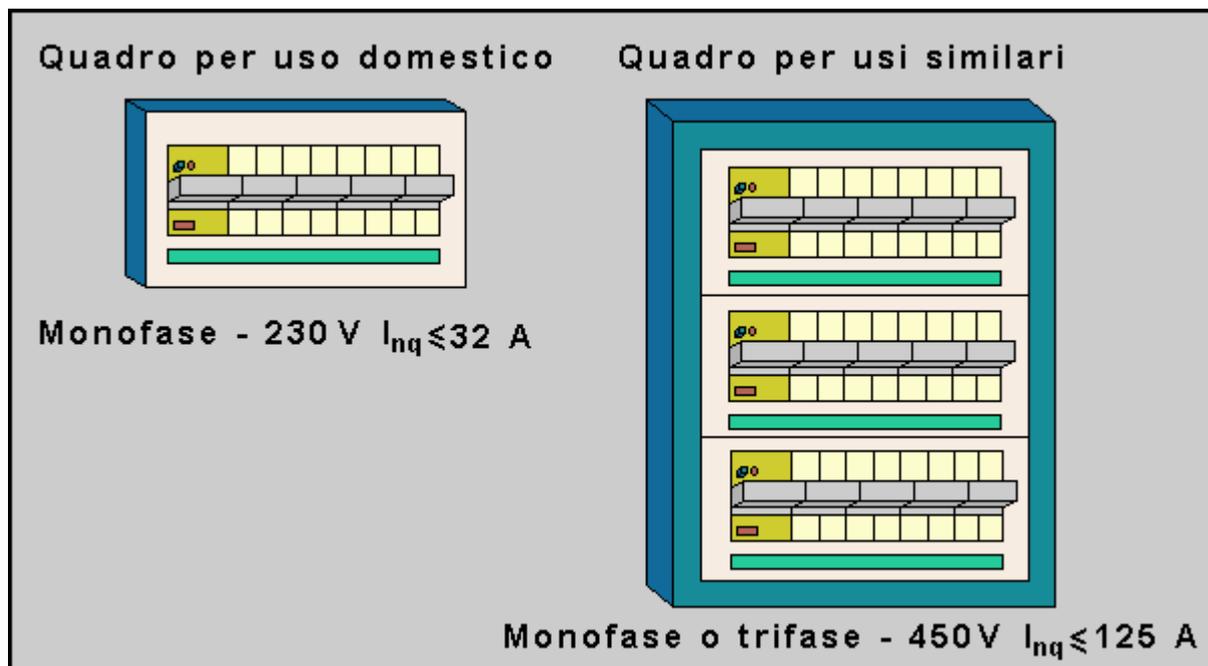
L'Impresa installatrice è responsabile dell'applicazione delle norme d'installazione, cioè della corretta scelta ed installazione dei componenti elettrici indicati dal costruttore.

### Dati di targa del quadro:

- Natura della corrente e frequenza
- Tensioni di funzionamento nominali
- Tensioni di isolamento nominali
- Tensioni nominali dei circuiti ausiliari
- Limiti di funzionamento
- Corrente nominale di ciascun circuito
- Tenuta al corto-circuito
- Grado di protezione
- Misure di protezione delle persone
- Condizioni di servizio se diverse da quelle specificate nella norma
- Sistema di messa a terra per il quale il quadro è destinato
- Dimensioni geometriche del quadro (non prescritto per quadri ANS)
- Massa (non prescritto per quadri ANS)

## NORMA CEI 23-51

La norma 23-51 si interessa dei quadri elettrici ad installazione fissa con corrente nominale non superiore a 125 A ed è stata redatta con lo scopo di semplificare le operazioni di verifica e certificazione richieste dalle norme 17-13.



*I quadri per uso domestico e per usi simili secondo la norma CEI 23-51*

## Dove si applica la norma

La norma 23-51 si applica ai quadri realizzati ponendo entro involucri conformi alla norma CEI 23-48 e CEI 23-49 almeno due dispositivi (un unico interruttore non costituisce un quadro) che nell'uso ordinario dissipano una potenza non trascurabile (interruttori automatici o differenziali, trasformatori, lampade, ecc..).

- Sono ad installazione fissa
- Devono essere utilizzati a temperature ambiente non superiore a 25° C ma che occasionalmente possono raggiungere i 35° C.
- Sono previsti per un impiego in corrente alternata con tensione nominale non superiore a 440 V e con una corrente di corto circuito presunta non superiore a 10 kA (valore efficace della componente simmetrica) elevabile a 15 kA se protetti da dispositivi limitatori di corrente (fusibili o interruttori) che limitano il valore di picco della corrente di cortocircuito a 15 kA in corrispondenza del loro potere di interruzione nominale.

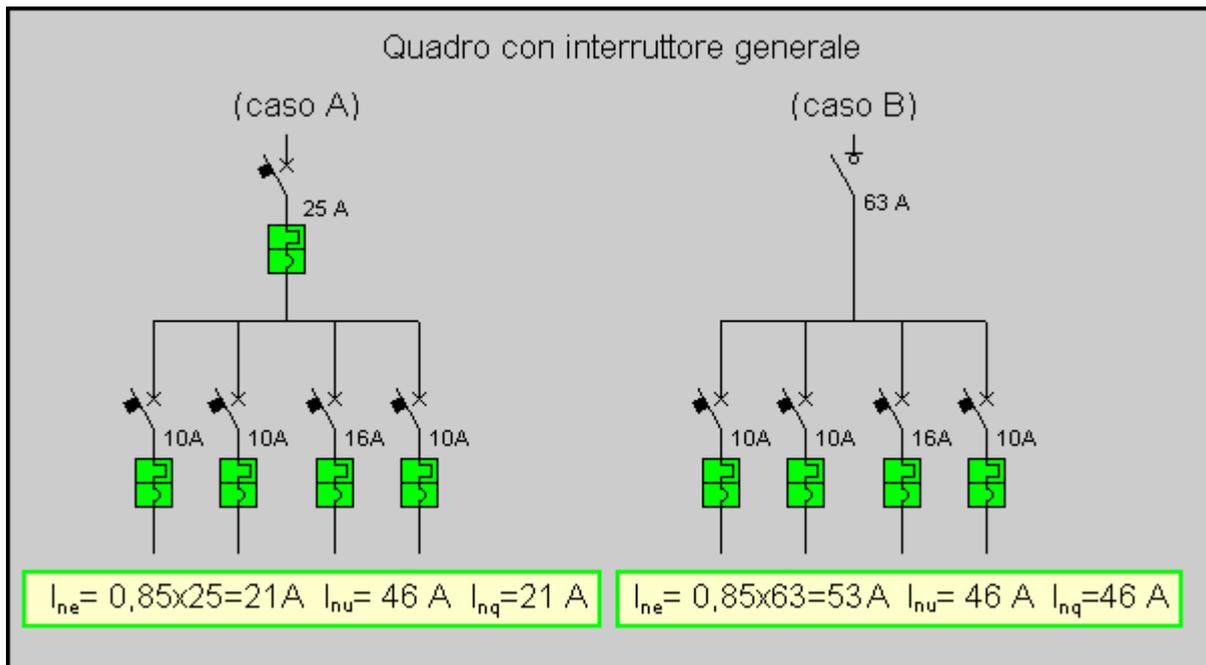
Se anche una sola delle condizioni indicate non dovesse essere verificata il quadro deve essere riferito alla Norma CEI 17-13/1 o 17-13/3 se il quadro è di tipo ASD (quadri per applicazioni in ambienti industriali destinati ad essere manovrati da persone non addestrate).

## Come si determina la corrente nominale del quadro $I_{nq}$

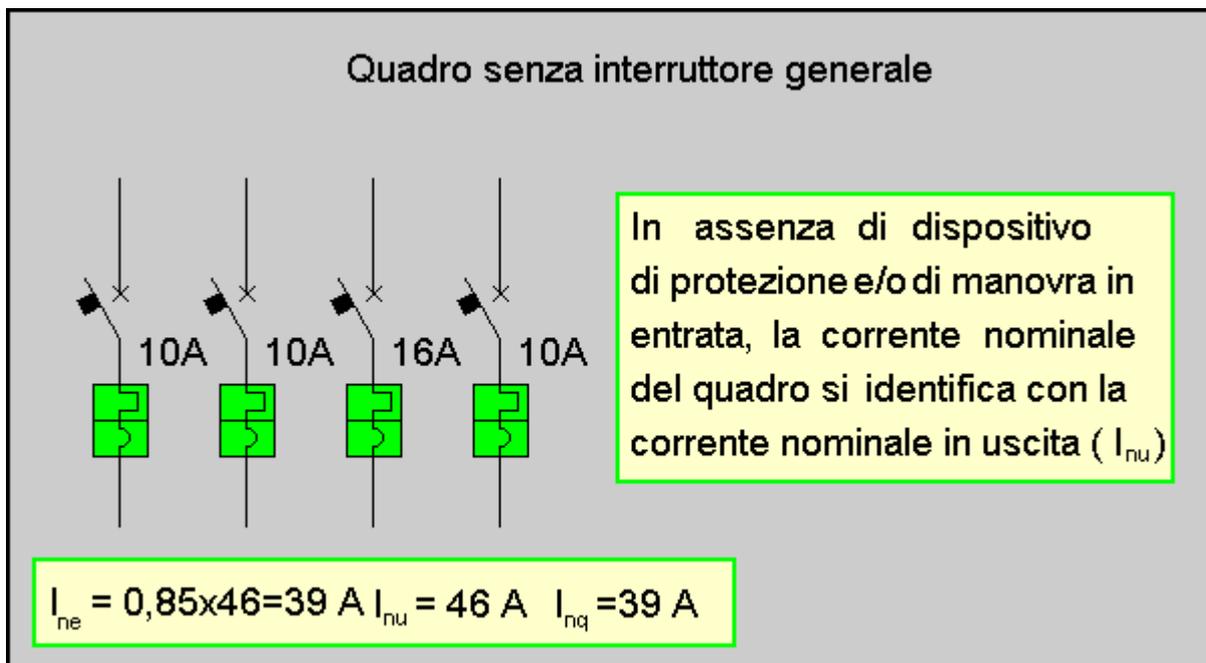
La corrente nominale del quadro  $I_{nq}$  è il valore più basso tra la corrente nominale in entrata  $I_{ne}$  e la corrente nominale in uscita  $I_{nu}$ .

Per corrente nominale in entrata del quadro  $I_{ne}$  si intende l'85% della corrente nominale o della somma delle correnti nominali dei dispositivi di protezione e/o manovra (magnetotermico, magnetotermico-differenziale, differenziale puro, interruttore di manovra ecc..) di ingresso del quadro destinati ad essere usati contemporaneamente.

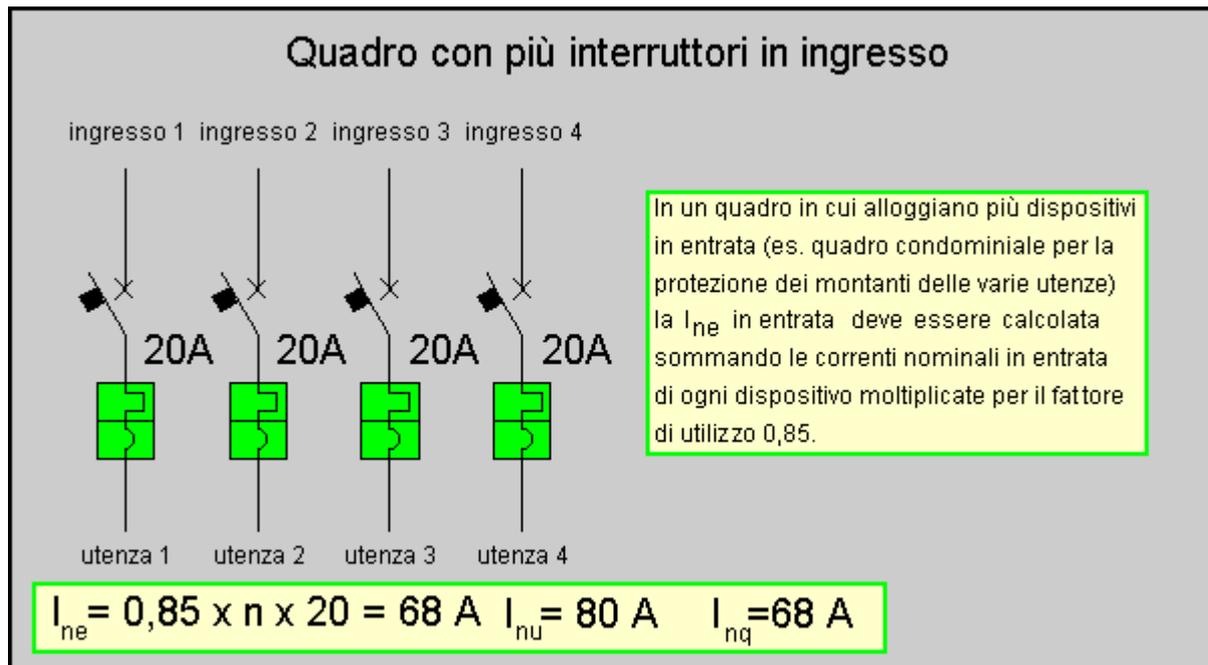
La corrente nominale in uscita del quadro  $I_{nu}$  si ottiene sommando le correnti nominali  $I_n$  dei dispositivi di protezione e/o manovra in uscita utilizzati contemporaneamente. Se non si conoscono i circuiti che possono funzionare contemporaneamente si considera la somma delle correnti nominali di tutti i dispositivi in uscita.



In assenza di dispositivi di protezione e/o manovra in entrata, la corrente nominale del quadro  $I_{nq}$  si può identificare con la corrente nominale in uscita



In un quadro con più interruttori in ingresso (ad esempio, anche se sarebbe bene evitare la promiscuità fra circuiti di utenze diverse, il quadro centralizzato per la protezione dei montanti in un edificio di civile abitazione) la  $I_{nq}$  del quadro (fig. 3.3) può essere calcolata sommando l'85% della  $I_n$  dei vari interruttori (se gli interruttori in ingresso hanno tutti la stessa corrente nominale:  $0,85 \times n \times I_n$  dove  $I_n$  è la corrente nominale degli interruttori e  $n$  è il numero degli interruttori).



## La targa

Tutti i quadri devono avere una targa. Può essere posta anche dietro la porta e deve indicare con scritte indelebili:

- nome o marchio del costruttore,
- tipo del quadro e numero di identificazione,
- corrente nominale del quadro,
- natura della corrente e frequenza,
- tensione nominale di funzionamento,
- grado di protezione se superiore a IP2XC ( protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 12,5 mm e contro l'accesso a parti pericolose con un dito e contro l'accesso con un attrezzo impugnato)

<b>Quadro di distribuzione - Norme CEI 23-51</b>	
<b>Costruttore</b>	<b>Rossi Mario Impianti elettrici</b>
<b>Tipo n. identificazione</b>	<b>QEP01/34</b>
<b>Tensione nominale</b>	<b>400 V</b>
<b>Corrente nominale <math>I_{nq}</math></b>	<b>54 A</b>
<b>Natura della corrente</b>	<b>alternata trifase</b>
<b>Frequenza</b> <b>50Hz</b> <b>Grado di protezione</b> <b>IP40</b>	

### Le verifiche da eseguire

1. Verifica della costruzione e dell'identificazione - Il quadro deve avere la targa e deve essere conforme agli schemi circuitali e ai dati tecnici allegati;
2. Verifica dei limiti di sovratemperatura - Verifica che la potenza totale dissipata dal quadro ( $P_{tot}$ ) sia inferiore alla potenza massima dissipabile dall'involucro ( $P_{inv}$ );
3. Verifica del cablaggio, del funzionamento meccanico ed eventualmente del funzionamento elettrico. Controllo del corretto collegamento dei cavi e degli apparecchi;
4. Verifica dell'efficienza del circuito di protezione - Nei quadri metallici controllare a vista o se necessario con prove strumentali il buon collegamento delle masse al conduttore di protezione;
5. Prova della resistenza di isolamento - La norma 64-8 stabilisce per ogni circuito (quadri più impianto) che la resistenza di isolamento minima sia 500 k $\Omega$ . La 17-13 richiede una resistenza di isolamento di almeno 1000  $\Omega/V$  ed è in contraddizione con la 64-8 perché se ad una tensione nominale di 230 V una resistenza di isolamento di 300 k $\Omega$  va bene per la 17-13 e per la 23-51, terminata l'installazione del quadro non va più bene per la norma 64-8. In ogni caso la resistenza di isolamento è normalmente dell'ordine dei megaohm e quindi il problema non si pone. La verifica deve essere effettuata mediante uno strumento in grado di fornire una tensione di almeno 500 V tra ogni conduttore attivo e le masse e tra i conduttori attivi.

## Verifica dei limiti di sovratemperatura

Le apparecchiature installate nel quadro devono dissipare una potenza totale non superiore a quella che l'involucro può disperdere nell'ambiente circostante.

Occorre pertanto che sia verificata la relazione:

$$P_{dp} + 0,2 P_{dp} + P_{au} = P_{tot} \leq P_{inv}$$

Dove:

$P_{dp}$  = Potenza dissipata dai dispositivi di manovra e/o protezione dichiarata dal costruttore

$P_{au}$  = Potenza dissipata da altri componenti (trasformatori, lampade, ecc..) che dissipano una potenza significativa nei confronti di  $P_{dp}$

$P_{inv}$  = Potenza dissipabile dall'involucro dichiarata dal costruttore dell'involucro stesso

0,2 = valore che tiene conto della potenza dissipata dai collegamenti, relè, timer, ecc..

Per calcolare la potenza dissipata bisogna tenere conto della corrente che effettivamente percorre ogni polo attivo perciò sono stati introdotti due coefficienti:

$K_e$  = fattore di utilizzo in entrata,

$K$  = fattore di contemporaneità in uscita.

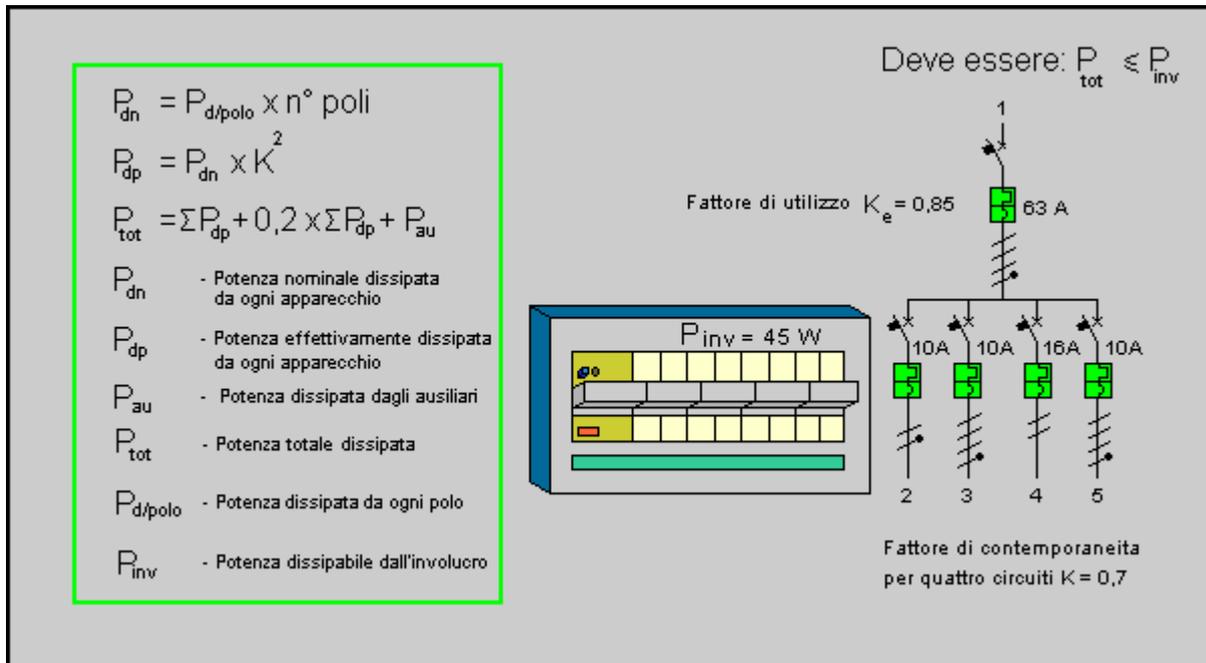
*Osservazioni:*  $K_e$  può assumere valore convenzionale pari a 0,85, oppure, se minore,  $K_e = I_{nu} / I_n$ , dove  $I_n$  è la corrente nominale del dispositivo in ingresso e  $I_{nu}$  la corrente nominale in uscita dal quadro. Per il dispositivo in ingresso si può quindi dire che  $K_e$  rappresenta la parte di corrente  $I_n$  alla quale l'interruttore in ingresso viene utilizzato (la potenza dissipata dipende dalla  $I^2$  ed essendo  $K_e$  la parte di corrente  $I_n$  alla quale l'interruttore viene utilizzato, la potenza dissipata alla corrente nominale dell'interruttore andrà moltiplicata per  $K_e^2$  per avere la potenza veramente dissipata).  
I circuiti in uscita in genere non sono tutti utilizzati contemporaneamente. Sono stati stabiliti dei valori convenzionali del fattore di contemporaneità  $K$  tanto più bassi quanto maggiore è il numero di circuiti in uscita

Fino a 3 circuiti	$K=0,8$
Da 4 a 5 circuiti	$K=0,7$
Da 6 a 9 circuiti	$K=0,6$
Oltre 9 circuiti	$K=0,5$

Se sono noti i carichi in uscita il fattore di contemporaneità K di ciascun circuito può essere ricavato dal rapporto tra la corrente assorbita dal carico e la corrente nominale del dispositivo posto a protezione e/o manovra di quel circuito. Per dispositivi quadripolari la norma considera tre poli trascurando la potenza dissipata dal polo di neutro per squilibrio dei cavi.

Per semplicità (va comunque a favore della sicurezza) è possibile calcolare la  $P_{tot}$  ponendo  $K_e=K=1$  e ripetere il calcolo con i veri valori di  $K_e$  e K solo se  $P_{tot}$  risulta maggiore di  $P_{inv}$ .

Per meglio chiarire le modalità di verifica si può far riferimento alle figure seguenti in cui sono rappresentati alcuni esempi di calcolo per la verifica dei limiti di sovratemperatura.



Potenza dissipata dai dispositivi del quadro					
Dispositivo	$P_{d/polo}$ (W)	n° poli	$P_{dn}$ (W)	K	$P_{dp}$ (W)
1	10	3	30	0,85	21,67
2	2,5	1	2,5	0,7	1,22
3	2,5	3	7,5	0,7	3,67
4	3	2	6	0,7	2,94
5	2,5	3	7,5	0,7	3,67

$P_{dp-tot} = 21,67 + 1,22 + 3,67 + 2,94 + 3,67 = 33,17 \text{ W}$   
 $P_{au} = 0$   
 $P_{tot} = P_{dp-tot} + 0,2 \times P_{dp-tot} + P_{au} = 33,17 + 0,2 \times 33,17 + 0 = 39,80 \text{ W}$   
 $P_{inv} = 45 \text{ W}$   
 Il quadro è verificato perchè:  $P_{tot} < P_{inv}$

$$P_{dn} = P_{d/polo} \times n^{\circ} \text{ poli}$$

$$P_{dp} = P_{dn} \times K^2$$

$$P_{tot} = \Sigma P_{dp} + 0,2 \times \Sigma P_{dp} + P_{au}$$

$P_{dn}$  - Potenza nominale dissipata da ogni apparecchio  
 $P_{dp}$  - Potenza effettivamente dissipata da ogni apparecchio  
 $P_{au}$  - Potenza dissipata dagli ausiliari  
 $P_{tot}$  - Potenza totale dissipata  
 $P_{d/polo}$  - Potenza dissipata da ogni polo  
 $P_{inv}$  - Potenza dissipabile dall'involucro

Deve essere:  $P_{tot} \leq P_{inv}$

$$K_e = \frac{I_{B2} + I_{B3} + I_{B4} + I_{B5}}{63} = \frac{6+8+7+14}{63} = 0,55$$

Carichi noti

 $I_{B2} = 6 \text{ A} \quad I_{B3} = 8 \text{ A} \quad I_{B4} = 7 \text{ A} \quad I_{B5} = 4 \text{ A}$ 
 $K_2 = \frac{6}{10} = 0,6 \quad K_3 = \frac{8}{10} = 0,8 \quad K_4 = \frac{7}{10} = 0,7 \quad K_5 = \frac{4}{10} = 0,4$

Potenza dissipata dai dispositivi del quadro					
Dispositivo	$P_{d/polo}$ (W)	n° poli	$P_{dn}$ (W)	K	$P_{dp}$ (W)
1	10	3	30	0,55	9,07
2	2,5	1	2,5	0,6	0,90
3	2,5	3	7,5	0,8	4,80
4	3	2	6	0,7	2,94
5	2,5	3	7,5	0,4	1,20

$P_{dp-tot} = 9,07 + 0,90 + 4,80 + 2,94 + 1,20 = 18,91 \text{ W}$   
 $P_{au} = 0$   
 $P_{tot} = P_{dp-tot} + 0,2 \times P_{dp-tot} + P_{au} = 18,91 + 0,2 \times 18,91 + 0 = 22,69 \text{ W}$   
 $P_{inv} = 45 \text{ W}$   
 Il quadro è verificato perchè:  $P_{tot} < P_{inv}$

## La dichiarazione di conformità alla norma

Terminate le verifiche e le prove richieste deve essere compilata la dichiarazione di conformità che costituirà l'allegato A della documentazione prevista.

Allegato A secondo CEI 23-51  
(da riportare su carta intestata del costruttore)

Dichiarazione di conformità alla regola dell'arte

Il quadro di distribuzione tipo : .....

Tensione nominale : .....

Corrente nominale  $I_{nq}$  : .....

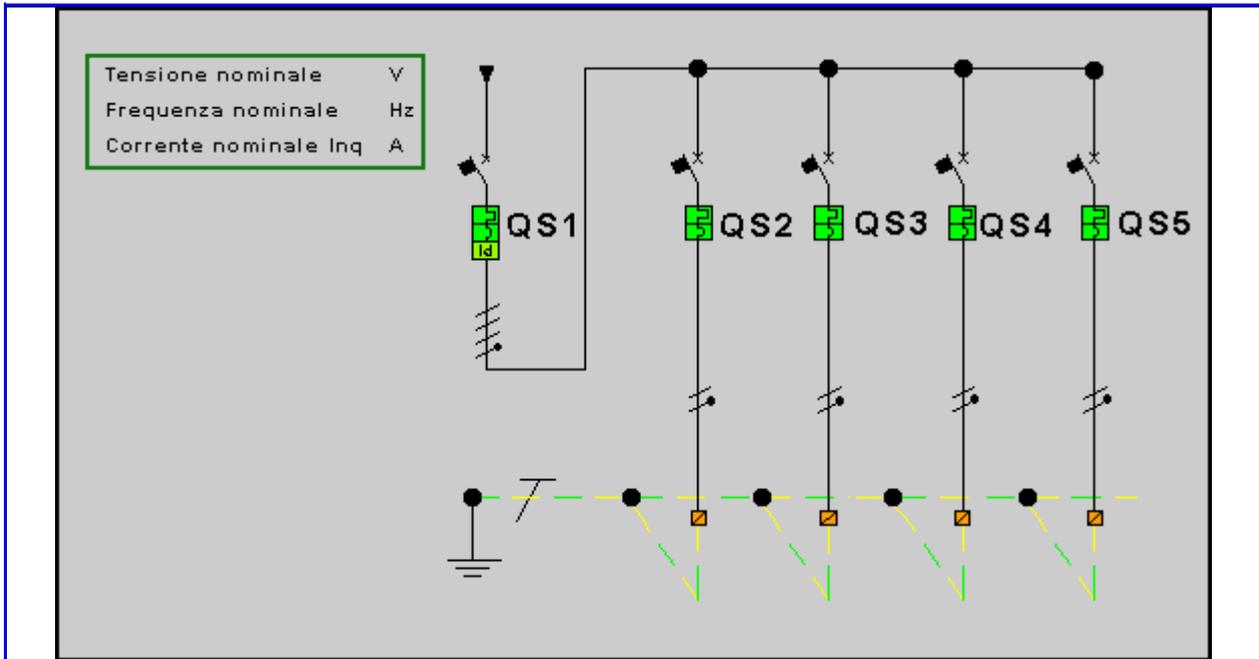
Grado di protezione IP : .....

E' conforme alla norma sperimentale CEI 23-51

Luogo, .....      Data, .....

Denominazione sociale  
(Firma del legale rappresentante)

Oltre a questo dovranno essere predisposti lo schema unifilare del quadro con dati tecnici relativi ai componenti (allegato C) e, se richiesto, la relazione di verifica dei limiti di sovratemperatura (allegato B). La conformità alla norma 23-51, se il quadro è stato costruito in proprio, sarà sottoscritta dalla stessa ditta installatrice nel momento in cui rilascia la dichiarazione di conformità dell'impianto alla regola dell'arte, oppure dalla ditta che ha costruito il quadro se la ditta installatrice installa quadri prodotti da altri.



UtENZE					
Identificazione circuito					
Interruttore	Tipo				
	$I_n$ (A)				
	Pcc (kA)				
	$I_{dn}$				
Fusibile	Tipo				
	$I_n$ (A)				
Trasformatore	Rapporto trasf.				
	P (VA)				
Morsetti	Numero				
	Sezione (mmq)				
Ausiliari	Tipo				
	Descrizione				

# IMPIANTI DI TERRA

## Generalità

### Norma 11-1

La Norma CEI 11-1 va applicata a tutti agli impianti elettrici che così vengono descritti:

- Stazione elettrica (o cabina elettrica)  
E' un'area elettrica chiusa con apparecchiature e/o trasformatori in reti di trasmissione o di distribuzione comprese le cabine elettriche di MT/BT
- Impianto o impianti di generazione ubicati in un unico sito  
L'impianto comprende generatori e unità di trasformazione, con tutte le apparecchiature associate e tutti i sistemi elettrici ausiliari. Sono esclusi i collegamenti tra impianti di generazione ubicati in siti diversi
- L'impianto elettrico di una fabbrica, di uno stabilimento industriale o di altri fabbricati industriali, agricoli, commerciali o di pubblici servizi.  
I collegamenti tra aree elettriche chiuse (comprendenti anche le stazioni e le cabine elettriche), collocate nel medesimo sito, sono considerati parte degli impianti, ad eccezione di quando tali collegamenti costituiscono parte di una rete elettrica di trasmissione o di distribuzione

La Norma introduce nuovi termini, nuovi simboli e nuove definizioni che per maggior chiarezza sono, anche se solo in parte, di seguito riportati:

## Tensioni

### Tensione nominale di un sistema

Valore arrotondato appropriato della tensione per denominare o identificare un sistema.

### Tensione massima (minima) di un sistema

Tensione più elevata (più bassa) che può verificarsi in qualunque momento ed in qualunque punti in condizioni regolari di esercizio non tenendo conto delle variazioni temporanee dovute a guasti, a brusche variazioni di carico, ecc.

### Tensione nominale verso terra di un sistema

Si definisce tale nei:

- o sistemi trifasi con neutro isolato o con neutro messo a terra con impedenza, la tensione nominale
- o sistemi trifasi con neutro direttamente o efficacemente messo a terra, la tensione stellata corrispondente alla tensione nominale
- o sistemi monofasi, o a corrente continua, senza punto di mezzo a terra, la tensione nominale
- o sistemi monofasi, o a corrente continua, con punto di mezzo a terra, la metà della tensione nominale

## Classificazione dei sistemi in categorie secondo la loro tensione nominale

In relazione alla loro tensione nominale i sistemi elettrici si dividono in:

- *sistemi di Categoria 0 (zero)*, quelli a tensione nominale minore o uguale a 50 V se a corrente alternata o a 120 V se a corrente continua (non ondulata)
- *sistemi di Categoria I (prima)*, quelli a tensione nominale minore da oltre 50 V fino a 1000 V se in corrente alternata o da oltre a 120 V fino a 1500 V compreso se in corrente continua (bassa tensione)
- *sistemi di categoria II (seconda)*, quelli a tensione nominale oltre 1000 V se in corrente alternata od oltre 1500 V se in corrente continua fino a 30000 compreso (alta tensione)
- *sistemi di categoria III (terza)*, quelli a tensione nominale maggiore di 30000 V (alta tensione)

## **Impianto di terra**

- Terra  
Termine per designare il terreno sia come luogo che come materiale conduttore, per esempio humus, terricci, sabbia, chietto e pietra
- Terra di riferimento (terra lontana)  
Zona della superficie del terreno al di fuori dell'area di influenza di un dispersore o di un impianto di terra, dove cioè tra due punti qualsiasi non si hanno percettibili differenze di potenziale dovute alla corrente di terra
- Dispersore  
Conduttore in contatto elettrico con il terreno, o conduttore annegato nel calcestruzzo a contatto con il terreno con un'ampia superficie (per esempio una fondazione)
- Conduttore di terra  
Conduttore che collega una parte dell'impianto che deve essere messo a terra ad un dispersore o che collega tra loro più dispersori, ubicato al di fuori del terreno od interrato nel terreno e ad esso isolato (quando il collegamento tra una parte dell'impianto ed il dispersore è realizzato per mezzo di giunzioni scollegabili, sezionatori, scaricatori, scaricatori spinterometrici, contascariche di scaricatore, ecc., si considera conduttore di terra solo la parte del collegamento permanentemente connessa al dispersore)
- Conduttore equipotenziale  
Conduttore che assicura il collegamento equipotenziale
- Impianto di terra  
Sistema limitato localmente costituito da dispersori o da parti metalliche in contatto con il terreno di efficacia pari a quella dei dispersori (per esempio fondazioni di sostegni, armature, schermi metallici di cavi), di conduttori di terra e di conduttori equipotenziali
- Mettere a terra  
collegare una parte conduttrice al terreno tramite impianto di terra

- Messa a terra  
L'insieme di tutti i mezzi e di tutte le operazioni necessarie per realizzare la messa a terra
- Dispersore orizzontale  
Dispersore generalmente interrato fino ad una profondità di circa 1 m. Questo può essere costituito di nastri, di tondini, o di conduttori cordati che possono essere disposti in modo radiale, ad anello, a maglia, o da una loro combinazione
- Picchetto di terra  
Dispersore generalmente interrato od infisso per una profondità superiore ad 1 m. Questo può essere costituito da un tubo, da una barra cilindrica o da altri profilati metallici
- Cavo con funzione di dispersore  
Cavo le cui guaine, i cui schermi o le cui armature hanno funzione di un dispersore a nastro
- Dispersore di fondazione  
Struttura conduttrice annegata nel calcestruzzo a contatto elettrico con il terreno attraverso un'ampia superficie
- Dispersore per il controllo del potenziale di terra  
Conduttore che per la sua forma e la sua disposizione è principalmente utilizzato per ridurre il gradiente del potenziale sulla superficie del terreno piuttosto che per ottenere un definito valore della resistenza di terra
- Dispersore di fatto  
Parte metallica in contatto elettrico con il terreno o con l'acqua, direttamente o tramite calcestruzzo, il cui scopo originale non è di mettere a terra, ma soddisfa tutti i requisiti di un dispersore senza compromettere la sua funzione originale (esempi di dispersori di fatto sono le tubature, le palificazioni metalliche, le armature del calcestruzzo, le strutture in acciaio delle costruzioni, ecc.)

### **Tipologie di messa a terra**

- Messa a terra di protezione  
Messa a terra di una parte conduttrice, non destinata ad essere attiva, con lo scopo di proteggere le persone dallo shock elettrico.
- Messa a terra di funzionamento  
Messa a terra di un punto del circuito attivo richiesta per il corretto funzionamento degli impianti e dei suoi componenti elettrici.
- Messa a terra per la protezione contro le fulminazioni (scariche atmosferiche)  
Messa a terra per la dissipazione di una corrente di fulmine (scarica atmosferica) verso terra.

### **Tensioni riferite agli impianti di terra**

- Tensione totale di terra ( $U_E$ )  
Tensione tra un impianto di terra e la terra di riferimento (fig.1)
- Potenziale della superficie del terreno ( $\phi$ )  
Tensione tra un punto sulla superficie del terreno e la terra di riferimento (fig.1)

- Tensione di contatto ( $U_T$ )  
Parte della tensione totale di terra dovuta ad un guasto a terra a cui può essere sottoposta una persona. Si assume convenzionalmente che la corrente fluisca attraverso il corpo umano da una mano ai piedi (distanza orizzontale di 1 m dalla massa)
- Tensione di contatto a vuoto ( $U_{ST}$ )  
Tensione che si manifesta durante un guasto a terra tra le masse ed il terreno quando queste masse non vengono toccate
- Tensione di passo ( $U_S$ )  
Parte della tensione totale di terra dovuta ad un guasto a terra a cui può essere sottoposta una persona con un passo di ampiezza pari ad 1 m. Si assume che la corrente fluisca attraverso il corpo umano da piede a piede. Tensione di passo a vuoto USS è la tensione che si manifesta tra due punti del terreno a distanza di 1 m in assenza di persone
- Tensione di contatto ammissibile ( $U_{TP}$ )  
Valore di tensione di contatto ammissibile in relazione al tempo di intervento delle protezioni
- Contatto diretto  
Contatto di persone con parti attive
- Contatto indiretto  
Contatto di persone con masse durante un cedimento dell'isolamento

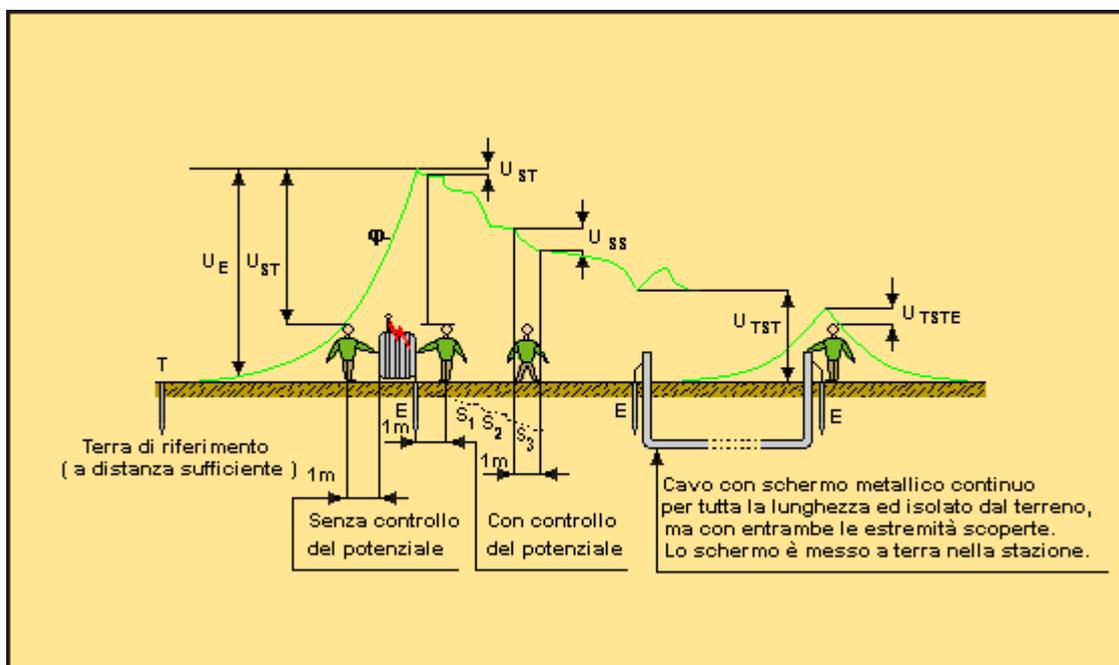


Fig. 1 – Definizioni relative alle tensioni negli impianti

## Differenze di potenziale

- Collegamento equipotenziale  
Collegamento elettrico tra masse per ridurre al minimo le differenze di potenziale tra queste
- Controllo del potenziale  
Controllo del gradiente di potenziale di terra, principalmente sulla superficie del terreno, per mezzo di dispersori (fig.1)
- Potenziale trasferito  
Aumento del potenziale di un impianto di terra, causato da una corrente di terra, trasferito per mezzo di un conduttore collegato (per esempio lo schermo metallico di un cavo, un conduttore PEN, una tubatura, una rotaia) ad aree a basso livello di potenziale o a potenziale nullo rispetto alla terra. Ciò da luogo ad una differenza di potenziale tra il conduttore e ciò che lo circonda. La definizione si applica anche quando un conduttore è collegato alla terra di riferimento e transita nell'area soggetta ad un livello di potenziale maggiore
- Isolamento del posto di manovra  
Provvedimento per aumentare la resistenza tra il pavimento di un posto di manovra ed il terreno in modo da non sottoporre l'operatore a tensioni non ammissibili
- Impianto di terra globale  
Impianto di terra realizzato con l'interconnessione di più impianti di terra che assicura, data la vicinanza degli impianti stessi, l'assenza di tensioni di contatto pericolose. Tale impianto permette la ripartizione della corrente di terra in modo da ridurre l'aumento di potenziale di terra negli impianti di terra singoli. Si può dire che tale impianto forma una superficie quasi equipotenziale. Questa definizione è limitata alle reti di trasmissione e di distribuzione del Distributore pubblico, ad esempio nel caso di aree urbane concentrate, ed agli impianti utilizzatori alimentati in AT o in MT collegati all'impianto di terra globale ad esso inclusi
- Massa  
Parte conduttrice di un componente elettrico che può essere toccata e che in condizioni ordinarie non è in tensione, ma che può diventarlo in condizioni di guasto
- Massa estranea  
Parte conduttrice che non fa parte dell'impianto elettrico ed è in grado di introdurre un potenziale, generalmente il potenziale di terra
- Conduttore PEN  
Conduttore che in un sistema di bassa tensione svolge sia la funzione di conduttore di protezione che di conduttore di neutro
- Conduttore di protezione (PE)  
Conduttore prescritto per alcune misure di protezione contro i contatti indiretti per il collegamento di alcune delle seguenti parti:
  - masse
  - masse estranee
  - collettore (o nodo) principale di terra negli impianti di bassa tensione
  - dispersore
  - punto di terra della sorgente o neutro artificiale

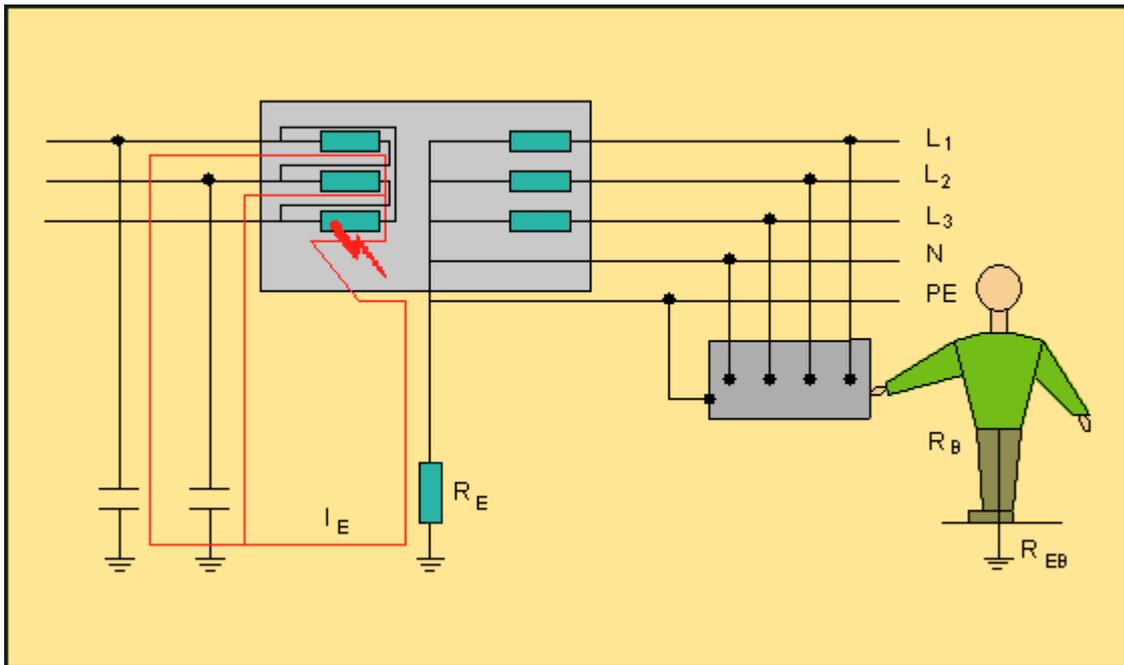
## Guasti a terra e tipi di resistenza

- Guasto a terra  
Collegamento conduttivo causato da un guasto tra conduttore di fase del circuito principale e la terra od una parte collegata a terra. Il collegamento conduttivo può anche avvenire tramite arco elettrico. I guasti a terra di due o più conduttori di fase dello stesso impianto in due punti diversi, sono designati come guasti a terra doppi o multipli
- Corrente di guasto a terra ( $I_F$ )  
Corrente che fluisce dal circuito principale verso terra, o verso parti collegate a terra, nel punto di guasto (punto di guasto a terra)
- Corrente di terra ( $I_E$ )  
Corrente che fluisce verso terra tramite l'impedenza collegata a terra. La corrente di terra è la parte della corrente di guasto a terra che determina la tensione totale di terra
- Fattore di riduzione ( $r$ )  
Il fattore di riduzione ( $r$ ) di una linea trifase è il rapporto tra la corrente di terra e la somma delle correnti di sequenza zero nei conduttori di fase del circuito principale ( $r=I_E/3I_0$ ), in un punto lontano dal punto di cortocircuito e dall'impianto di terra di un impianto elettrico
- Resistività del terreno ( $\rho_E$ )  
Resistenza elettrica specifica del terreno
- Resistenza di terra ( $I_E$ )  
Resistenza tra il dispersore e la terra di riferimento
- Impedenza di terra ( $Z_E$ )  
L'impedenza tra l'impianto di terra e la terra di riferimento

La tabella seguente riepiloga i termini vecchi e nuovi con la corrispondente simbologia

VECCHIA DESIGNAZIONE	DESCRIZIONE	NUOVA DESIGNAZIONE
$U_T$	Tensione totale di terra	$U_E$
$U_C$	Tensione di contatto	$U_T$
$U_{CO}$	Tensione di contatto a vuoto	$U_{ST}$
---	Tensione di contatto ammissibile	$U_{TP}$
$U_P$	Tensione di passo	$U_S$
$U_{PO}$	Tensione di passo a vuoto	$U_{SS}$
$R_C$	Resistenza del corpo umano	$R_B$
$R_T$	Resistenza di terra	$R_E$
$R_{TC}$	Resistenza della persona verso terra	$R_{EB}$
$I_G$	Corrente di guasto a terra	$I_F$
$I_T$	Corrente di terra	$I_E$

*Tab. 1 - Confronto tra nuova e vecchia simbologia secondo la Norma CEI 11-1*



*Fig. 2 – Nuovi simboli relativi alle condizioni di un guasto a terra in alta tensione*

## L'impianto di terra

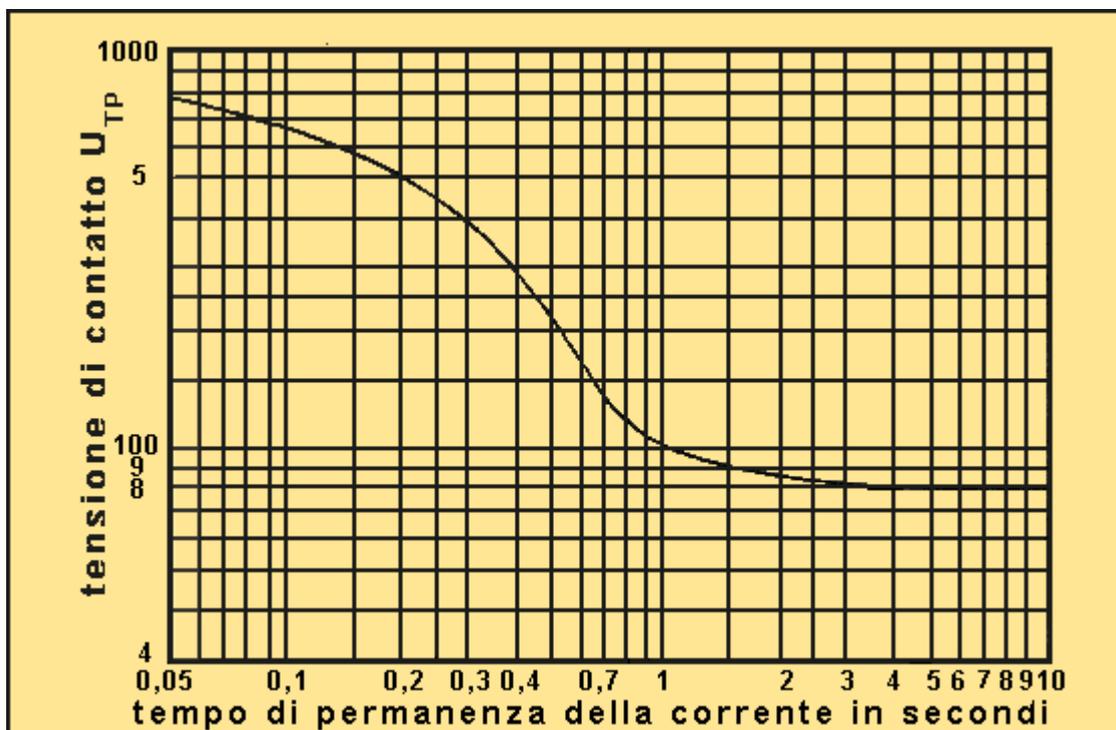
L'impianto di terra costituisce un mezzo che permette alla corrente di guasto di disperdersi o di richiudersi, tramite una resistenza di basso valore, attraverso il terreno. Può svolgere funzioni diverse se è installato dall'utente o dal distributore e se il sistema di distribuzione è un TT o un TN.

In una cabina primaria o secondaria dell'ente distributore possono entrare solo persone autorizzate. La sicurezza dalle tensioni di contatto è quasi sempre garantita perché l'impianto di terra, costituito in genere da una rete magliata o da un anello di piccole dimensioni che circonda la cabina, crea una buona equipotenzialità ( purtroppo non così facile da ottenere nelle più diffuse tipologie d' impianto dell'utente, soprattutto nelle zone in cui sono installate le masse alimentate in bassa tensione).

Secondo la Norma questi impianti risultano idonei se la tensione totale di terra  $U_E$  è inferiore a 1,5 UTP oppure, adottando i provvedimenti M di cui all'allegato D della Norma CEI 11-1, anche se raggiunge 4 UTP (tab. 4). I provvedimenti M specificati dalla norma consistono in alcune misure di protezione su pareti e pavimenti e su recinzioni, di controllo dei potenziali ai margini degli impianti e di equipotenzialità delle aree interessate. Non potendo rispettare queste condizioni è necessario effettuare la misura delle tensioni di passo e di contatto.

Le tensioni di passo, essendo all'interno di queste aree la superficie praticamente equipotenziale, sono quasi sempre inferiori a quelle ammissibili. Qualora non fosse possibile trascurare si applicano i limiti  $U_{TP}$  moltiplicati per 3, essendo 3 il fattore di percorso nel corpo umano da piede a piede (inteso come rapporto tra il valore della corrente che comporta una certa probabilità di fibrillazione nel tragitto piede-piede e il valore di corrente che nel percorso mani-piedi determina la stessa probabilità di fibrillazione).

L'andamento dei valori delle tensioni di contatto ammessi  $U_{TP}$  (V) in funzione della durata del guasto  $t_F$  (s) sono riportati nella curva di fig. 3 e riassunti nella tabella 2.



*Fig. 3 – Tensioni di contatto ammissibili  $U_{TP}$  per correnti di durata limitata.*

Note:

- 1) - La curva rappresenta il valore della tensione che può essere applicata al corpo umano da mano nuda a piedi nudi, con un valore dell'impedenza del corpo umano avente una probabilità pari al 50 % di non essere superata dalla popolazione, con una curva corrente tempo che presenta la probabilità del 5% di provocare fibrillazione ventricolare e con nessuna resistenza addizionale.
- 2) - La curva è relativa a guasti a terra in impianti di alta tensione
- 3) - Se la durata della corrente è molto più lunga di quanto mostrato nel grafico, si può usare per  $U_{TP}$  un valore di 75 V

Il confronto con la vecchia norma 11-8, che ammetteva un margine del 20% per la tensione totale di terra, ( $U_E \leq 1.2 U_{TP}$  che poteva essere aumentato fino 1,8 con una rete di terra orizzontale avente perimetro non superiore a 100m), sembrerebbe rivelare una norma più restrittiva, ma i nuovi valori introdotti compensano largamente tale margine. Nella CEI 11-1 si tiene infatti conto della minor probabilità che un guasto si manifesti in alta tensione piuttosto che in bassa tensione.

Un'altra opportunità per il distributore è fornita dal cosiddetto "impianto di terra globale". L'esperienza ha dimostrato che nelle aree ad elevata urbanizzazione, dove le cabine sono tra loro interconnesse attraverso i cavi MT e i relativi impianti di terra sono a loro volta interconnessi mediante le guaine metalliche dei cavi stessi, si viene a creare una rete di terra che copre un'area corrispondente alla zona urbanizzata. All'interno di tale area la superficie può essere considerata "quasi equipotenziale" e le tensioni di passo e di contatto sono di norma sempre inferiori ai massimi valori ammessi. I distributori possono

quindi evitare di preoccuparsi di queste tensioni che si stabiliscono sull'impianto di terra globale e sulle cabine di cui sono proprietari.

Purtroppo non è chiaro se di questa agevolazione possano avvalersi gli utenti proprietari di cabine MT/BT perché la Norma, anche se le cabine hanno l'impianto di terra collegato all'impianto di terra globale e presentano quindi caratteristiche riconducibili a quelle dell'ente distributore, non fornisce indicazioni in tal senso.

Se le condizioni supposte non possono essere rispettate e quindi le tensioni di contatto non rientrano nei limiti ammessi, gli impianti di terra devono essere separati. La zona di media tensione (le parti pericolose devono essere rese inaccessibili) deve essere separata da quella di bassa tensione, trasformando il sistema in un TT.

<i>Durata del guasto</i> $T_F$ (s)	<i>Tensione di contatto ammissibile <math>U_{TP}</math> (V)</i>	
	<i>Nuova norma CEI 11-1</i>	<i>Vecchia norma CEI 11-8</i>
10	80	50
2	85	50
1	103	70
0,8	120	80
0,7	130	85
0,6	155	125
0,5	220	160
0,2	500	160
0,14	600	160
0,08	700	160
0,04	800	160

*Tab. 2 - Tensioni di contatto ammissibili  $U_{TP}$  per correnti di durata limitata*

La separazione dei due impianti deve garantire che nell'impianto di bassa tensione non si possano verificare pericoli per le persone o per le apparecchiature elettriche. Questo lo si ottiene se nell'impianto di terra di bassa tensione la tensione totale di terra dovuta ad un guasto sull'alta tensione risulta inferiore a quelli stabiliti dalla norma e riassunti nella tabella 3.

Nei sistemi TT, particolari attenzioni occorrono per collegare il neutro della rete di distribuzione di bassa tensione all'impianto di terra della cabina di trasformazione:

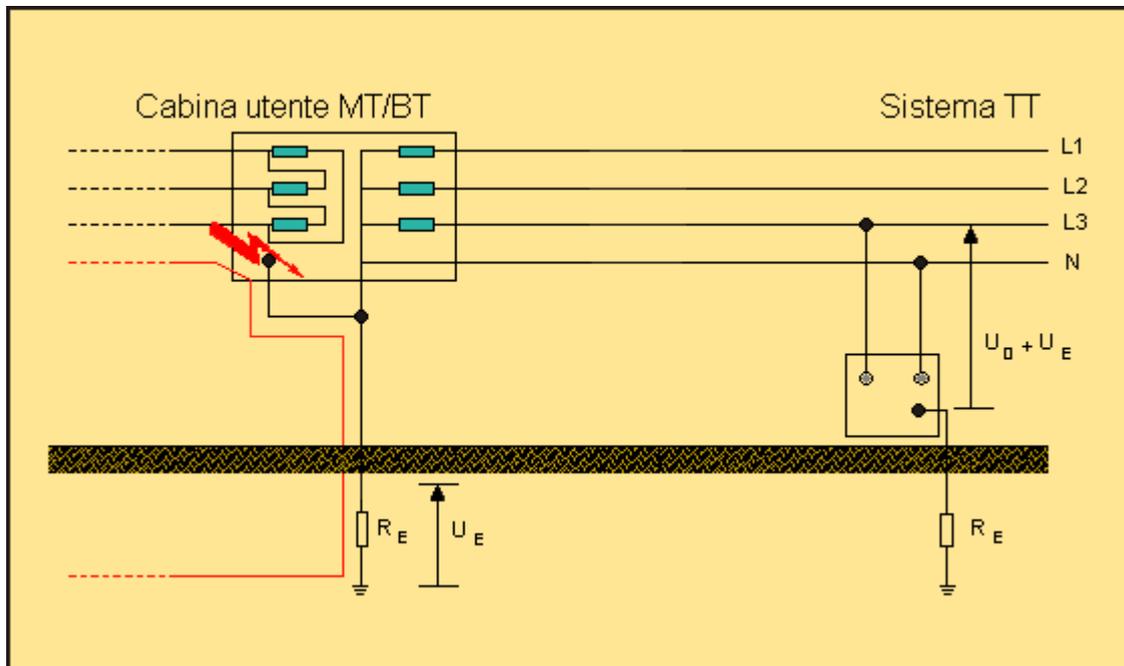
la tensione totale di terra  $U_E$  non deve oltrepassare i:

250 V, quando il tempo di intervento delle protezioni sull'alta tensione per guasto a terra è superiore ai 5 s

500 V quando il tempo è inferiore a 5 s.

Si vuole evitare in tal modo che gli apparecchi siano sollecitati da una tensione verso terra troppo elevata che ne potrebbe far cedere l'isolamento. Infatti nei sistemi TT, dove le masse sono collegate ad un impianto di terra diverso da quello del neutro, l'isolamento

degli apparecchi utilizzatori è sollecitato verso terra dalla tensione totale di terra più la tensione di fase  $U_0+U_E$  (fig. 4).



*Fig. 4 – In un sistema TT l'isolamento degli apparecchi è sollecitato verso terra da una tensione  $U_0+U_E$*

La seguente tabella (Tab 3) fornisce i limiti di tensione di contatto  $U_{TP}$  che non devono essere superati per poter collegare il neutro alla terra di cabina:  $U_E$  deve essere inferiore o uguale a  $X U_{TP}$  dove  $X$  è un coefficiente che varia da 2 a 5 in funzione del numero di volte che il conduttore di neutro è collegato a terra lungo la rete di distribuzione.

Tipo di sistema BT	Durata del guasto	Prescrizioni per un impianto comune di messa a terra dovute a <sup>(2)(3)</sup>	
		Tensione di contatto	Sollecitazione di tensione
TT <sup>(4)</sup>	$T_F \leq 5s$	Non applicabile <sup>(8)</sup>	$U_E \leq 500V$
	$T_F > 5s$		$U_E \leq 250V$
TN <sup>(5)</sup>	Tempi di figura 4	$U_E \leq U_{TP}$ <sup>(6)</sup>	Non applicabile
		$U_E \leq XU_{TP}$ <sup>(7)</sup>	

(1) Per definizioni riguardanti il tipo dei sistemi di BT vedere la CEI 64/8 (HD 384.3. sistemi IT, con conduttore di protezione di BT collegato all'impianto di terra di sistemi di alta tensione, sono considerati al punto b) in quanto essi sono di solito utilizzati per impianti industriali. Non sono presi in considerazione altri impianti IT

(2)  $U_E$  è il potenziale del dispersore dell'impianto comune di terra

(3) E' necessario prendere in considerazione che il potenziale della stazione elettrica potrebbe essere influenzato dai potenziali trasferiti, per esempio da guaine dei cavi collegate ad impianti vicini

(4) Si deve considerare la tensione di tenuta dei componenti elettrici di bassa tensione (basata sulla CEI 64/8)

(5) Si devono prendere in considerazione le tensioni di contatto (sicurezza delle persone)

(6) Condizione sufficiente ma non necessaria, in alternativa alla condizione  $U_T \leq U_{TP}$

(7) Il conduttore PEN dell'impianto di bassa tensione è collegato a terra in diversi punti in modo da controllare la tensione impressa al neutro. Il valore comune per X è 2. L'esperienza dimostra che in casi particolari possono essere ammissibili valori fino a 5. Questa condizione non si applica agli impianti utilizzatori

(8) Si considera trascurabile l'eventualità di guasto sull'alta tensione e contemporaneo guasto sulla bassa tensione per rottura dell'isolamento sul/i componente/i

Tab. 3 - Prescrizioni per sistemi comuni di messa a terra per l'alimentazione degli impianti a bassa tensione al di fuori di un sistema di messa a terra di sistemi di alta tensione.

Durata del guasto $t_F$	Tensione totale di terra $U_E$	Su pareti esterne e su recinzioni intorno agli impianti	All'interno degli impianti	
			Impianto all'interno	Impianto all'esterno
$T_F > 5s$	$U_E \leq 4 \times U_{TP}$	M1 o M2	M3	M4.1 o M4.2
	$U_E > 4 \times U_{TP}$	Prova $U_T \leq U_{TP}$	M3	M4.2
$T_F \leq 5s$	$U_E \leq 4 \times U_{TP}$	M1 o M2	M3	M4.2
	$U_E > 4 \times U_{TP}$		Prova $U_T \leq U_{TP}$	

Tab.4. – Condizioni per l'adozione dei provvedimenti M per assicurare tensioni di contatto  $U_{TP}$  ammissibili

Quando l'accesso all'impianto è consentito soltanto a persone autorizzate e non esiste il rischio di trasferire potenziali pericolosi al di fuori dell'area del sistema, è possibile utilizzare valori delle tensioni di contatto ammissibili considerando resistenze addizionali. La Norma fornisce per questi casi le curve dei valori della tensione di contatto ammissibile a vuoto  $U_{STP}$  in funzione dei diversi valori di resistenza addizionale. Le resistenze addizionali tra corpo e terreno sono dovute alle calzature e al contatto verso terra che dipende dalla resistività del terreno.

### **Impianto di terra dell'utente comune per l'alta e la bassa tensione (sistema TN)**

Fin'ora si è descritto l'impianto di terra dal punto di vista del distributore. Un sistema di alta tensione, collegato agli impianti dell'utente, alimenta in genere anche sistemi o parti di sistemi di bassa tensione. L'impianto di terra dei due sistemi è consigliabile che sia messo in comune realizzando un impianto di terra unico per il neutro e per le masse, sia in alta tensione sia in bassa tensione.

Contrariamente a quanto avviene per il sistema TN del distributore, le persone si trovano all'interno di un impianto di terra comune, che deve garantire la sicurezza sia per un guasto sull'alta tensione (CEI 11-1) sia per un guasto sulla bassa tensione (CEI 64-8).

Dal momento che un guasto sull'alta tensione influenza la sicurezza anche sulla bassa tensione occorre evitare che si stabiliscano tensioni di contatto superiori a  $U_{TP}$  (fig. 4). Per questo è sufficiente che siano verificate le condizioni riportate in tabella 3: se si vogliono evitare le misure delle tensioni di passo e di contatto si può considerare che, a favore della sicurezza, siano al massimo uguali alla tensione totale di terra:  $U_E \leq U_{TP}$

Non è sempre possibile usufruire dell'ulteriore possibilità di cui dispongono gli enti distributori di considerare sicuro l'impianto se la tensione totale  $U_E$  è inferiore a  $1,5 U_{TP}$  oppure, adottando i provvedimenti M, anche se raggiunge  $4 U_{TP}$  (tab. 4). Solo in casi particolari le Norme acconsentono di estendere tale possibilità agli impianti utilizzatori dell'utente.

Se l'impianto di terra costituisce una rete a maglia su tutta la superficie dell'impianto utilizzatore oppure se l'impianto di terra in alta tensione dell'utente è separato dall'impianto di terra in bassa tensione (casi poco frequenti) si stabiliscono condizioni simili a quelle del distributore. La tensione totale di terra  $U_E$  può essere calcolata moltiplicando la corrente di terra  $I_E$  (o, a favore della sicurezza, la corrente di guasto  $I_F$ ) per la resistenza di terra  $R_E$

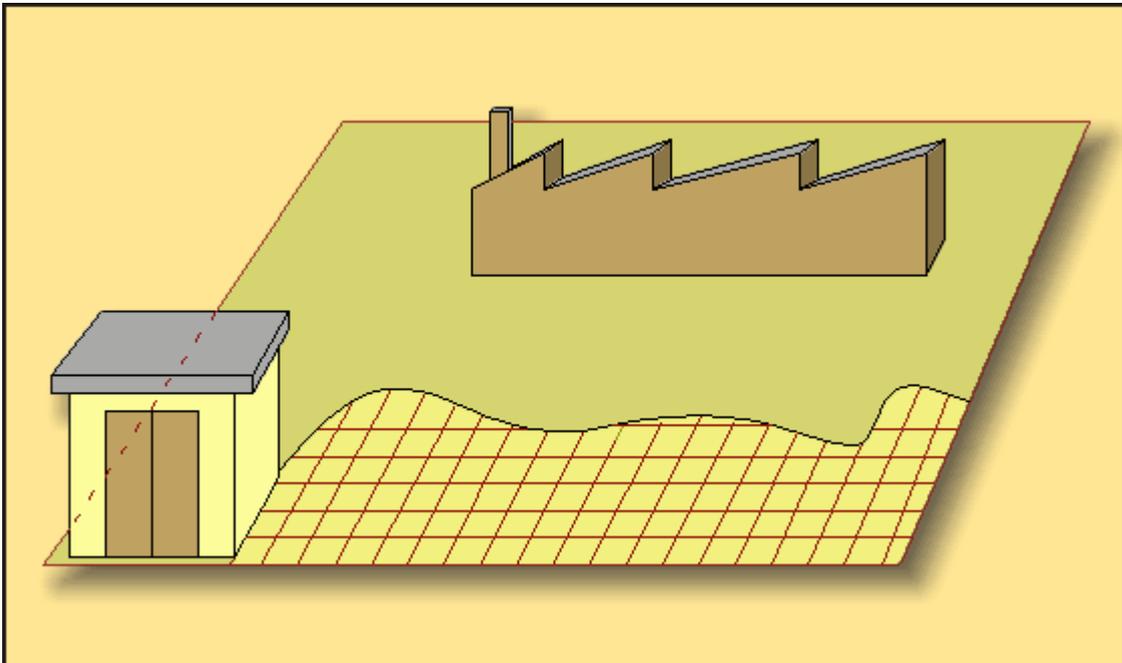
$$U_E = I_E \times R_E$$

La corrente di terra o di guasto e i tempi di intervento delle protezioni in alta tensione sono fornite, a richiesta, dall'ente distributore mentre la resistenza di terra può essere ricavata mediante calcoli o misure. In pratica si presentano alcuni casi tipici che descrivono in modo abbastanza completo gli impianti in alta tensione che alimentano un impianto utilizzatore in bassa tensione.

- Impianto di terra unico che ricopre, con una struttura a maglia, tutta l'area in cui sono installate le masse e la cabina

L'impianto di terra è comune sia per il neutro sia per la parte in alta e in bassa tensione (fig. 5). L'impianto, per un guasto sull'alta tensione, è conforme alle Norme se è rispettata una delle seguenti condizioni:

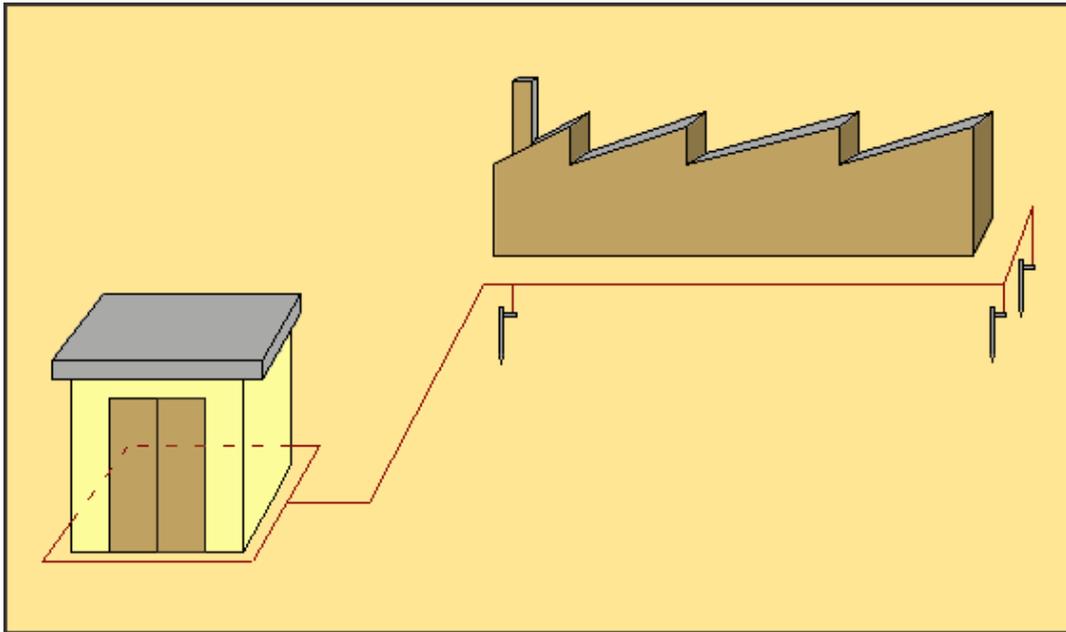
- $U_E \leq 1.2 U_{TP}$ ;
- $U_E \leq 4 U_{TP}$  e sono adottati i provvedimenti M ;
- le tensioni di contatto misurate sono inferiori alla tensione di contatto ammissibile  $U_{TP}$  e le tensioni di passo non superano  $3 U_{TP}$ .



*Fig. 5 - Impianto di terra unico che ricopre, con una struttura a maglia, tutta l'area in cui sono installate le masse e la cabina*

- Impianto di terra unico al quale sono collegate la terra di cabina e quella delle masse

E' il caso che si presenta più frequentemente con l'impianto di terra unico sia per il neutro sia per le masse in alta e in bassa tensione. Non si sviluppa più secondo una struttura a maglia o ad anello, ma viene realizzato connettendo la terra di cabina con quella dell'impianto utilizzatore così come rappresentato in fig. 6. L'impianto, per un guasto sull'alta tensione, è conforme alle Norme se è rispettata una delle seguenti condizioni: - la tensione totale di terra non supera la tensione di contatto ammissibile ( $U_E \leq U_{TP}$ );- le tensioni di contatto misurate sono inferiori alla tensione di contatto ammissibile  $U_{TP}$  e le tensioni di passo non superano  $3 U_{TP}$ .



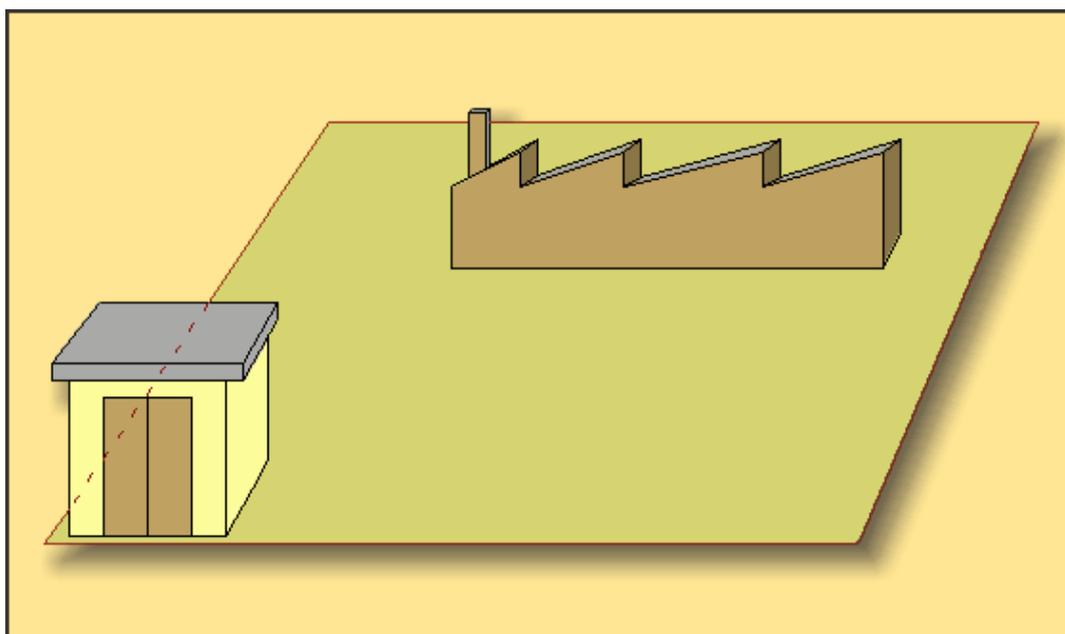
*Fig. 6 - Impianto di terra unico al quale sono collegate la terra di cabina e quella delle masse*

- Impianto di terra unico formato da un anello che racchiude al suo interno tutte le masse e la cabina

Anche questo caso si presenta abbastanza frequentemente. L'impianto di terra è unico sia per il neutro sia per le masse in alta e in bassa tensione e si sviluppa secondo una configurazione ad anello che comprende sia la cabina sia le masse dell'impianto utilizzatore (fig. 7).

Come per il caso precedente l'impianto, per un guasto sull'alta tensione, è conforme alle Norme se è rispettata una delle seguenti condizioni:

- la tensione totale di terra non supera la tensione di contatto ammessa  $U_E \leq U_{TP}$ ;
- le tensioni di contatto misurate sono inferiori alla tensione di contatto ammissibile  $U_{TP}$  e le tensioni di passo non superano  $3 U_{TP}$ .



*Fig. 7 - Impianto di terra unico formato da un anello che racchiude al suo interno tutte le masse e la cabina*

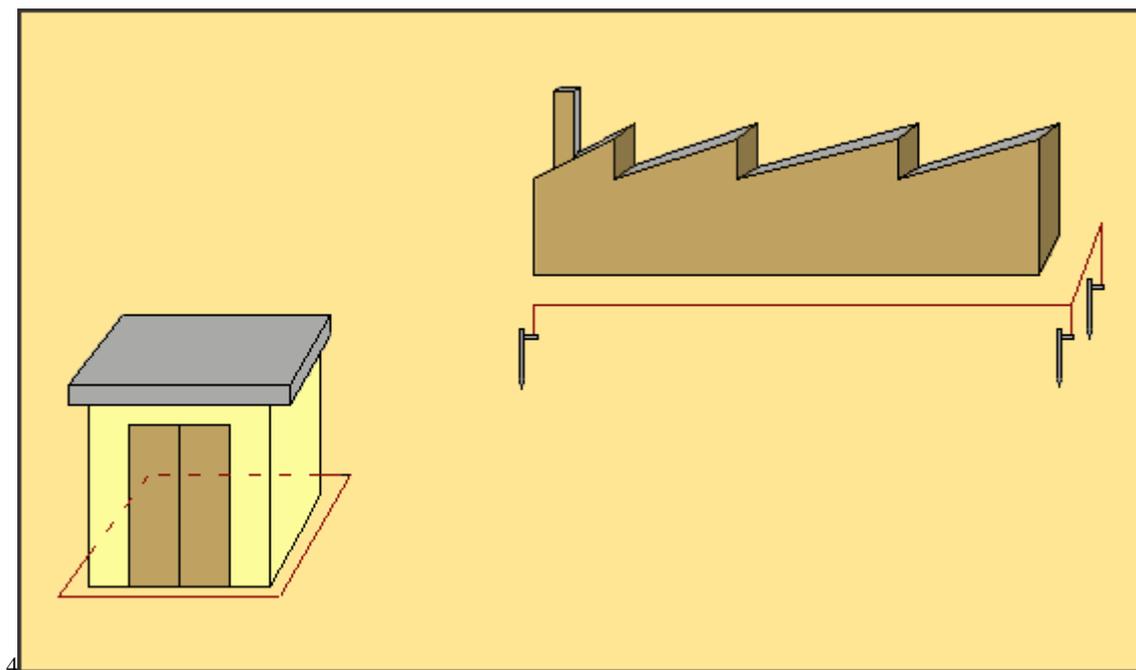
- Impianto di terra della cabina separato da quello dell'impianto utilizzatore  
E' una soluzione generalmente non consigliabile che viene adottata quando la cabina è posizionata a grande distanza rispetto l'impianto utilizzatore (fig. 8). L'impianto, per un guasto sull'alta tensione, è conforme alle Norme se è rispettata una delle seguenti condizioni:

- - La tensione totale di terra è inferiore o uguale a una volta e mezzo la tensione di contatto ammissibile  $U_E \leq 1.5 U_{TP}$ ;
- - La tensione totale di terra è uguale o inferiore a quattro volte la tensione di contatto ammissibile  $U_E \leq 4 U_{TP}$ ; e sono adottati i provvedimenti M;
- - le tensioni di contatto misurate sono inferiori alla tensione di contatto ammissibile  $U_{TP}$  e le tensioni di passo non superano  $3 U_{TP}$ .

Oltre a questo la tensione totale di terra  $U_E$  non deve superare:

- 250 V, se le protezioni interrompono un guasto a terra in alta tensione in tempi superiori ai 5s;
- 500 V se le protezioni interrompono il guasto in tempi inferiori ai 5 s.

Inoltre, la tensione d'isolamento verso terra del secondario del trasformatore AT/BT deve resistere alla somma della tensione totale di terra e della tensione di fase.



*Fig. 8 - Impianto di terra della cabina separato da quello dell'impianto utilizzatore*

## **Accorgimenti particolari per le recinzioni**

Le recinzioni metalliche senza rivestimento isolante devono essere messe a terra in diversi punti del loro perimetro avendo cura di:

- effettuare il collegamento all'impianto di terra del sistema di alta tensione se la recinzione è contenuta all'interno dell'impianto di terra
- effettuare il collegamento a dispersori separati dall'impianto di terra del sistema di alta tensione se la recinzione è all'esterno dell'impianto di terra

Le parti metalliche di recinzioni rivestite con materiale isolante non necessitano di collegamento a terra. I cancelli e qualunque altra apertura ricavata sulla recinzione che circonda una stazione elettrica devono essere collegati in modo da evitare che si stabiliscano potenziali pericolosi tra le parti delle recinzioni stesse.

## **Verifiche periodiche**

Il DPR 547 art. 328 prescrive per gli impianti di terra una verifica prima della messa in funzione e periodicamente ad intervalli non superiori ai 2 anni.

Le cabine elettriche devono invece essere verificate a scadenze non superiori i 5 anni.

La norma stabilisce di verificare l'efficienza dell'impianto di terra mediante esame a vista e prove prima della messa in servizio e ad intervalli non superiori a: 6 anni per le stazioni elettriche del distributore; 3 anni per gli impianti utilizzatori posti a valle del punto di consegna dell'energia da parte del distributore comprese le stazioni elettriche del cliente.

In condizioni di ordinario funzionamento deve essere verificata la continuità dei conduttori di terra, deve essere effettuata la misura della resistenza di terra e, ove necessario, la misura della tensione di contatto ed eventualmente di passo.

## **Il dimensionamento dell'impianto di terra**

Il dimensionamento dell'impianto di terra viene condotto sulla base di 3 criteri fondamentali:

1. Resistenza meccanica e alla corrosione
2. Tenuta termica
3. Sicurezza delle persone

## **Resistenza meccanica e alla corrosione - Tenuta termica**

Il dispersore deve avere una buona resistenza meccanica e alla corrosione che può essere ottenuta adottando i materiali e le dimensioni minime previste dalla Norma come indicato in tab. 5.

I valori che la Norma CEI 11-1 riporta si discostano in parte da quelli previsti dalle Norme CEI 64-8 e CEI 81-1, relative agli impianti utilizzatori di bassa tensione e alla protezione contro i fulmini. Per proteggere dai guasti sia in AT che in BT e dai fulmini, gli impianti di terra, in genere, sono unici per cui è auspicabile per il futuro una revisione dei valori minimi.

Per quanto riguarda la resistenza meccanica la Norma prevede per i conduttori di terra, compresi quelli di protezione ed equipotenziali, una sezione minima di 16 mm<sup>2</sup> mentre, per tener conto della tenuta termica, oltre che rispettare le sezioni minime previste, è necessario considerare il valore e la durata della corrente di guasto (nel calcolo si può considerare il vero valore della corrente che interessa il conduttore che si deve dimensionare in quanto la corrente di solito si divide tra i diversi componenti dell'impianto di terra).

Quando il guasto viene interrotto in tempi inferiori ai 5 s (condizioni adiabatiche di riscaldamento), ponendo l'energia specifica sopportata dal conduttore superiore a quella lasciata passare dal dispositivo di protezione, la sezione del conduttore percorso dalla corrente di guasto può essere calcolata mediante la nota relazione:

$$A = \frac{I}{k} \sqrt{\frac{t}{I_n \frac{\Theta_f + \beta}{\Theta_i + \beta}}}$$

dove:

$k$  e  $\beta$  sono dei coefficienti forniti dalla Norma che dipendono dai materiali

$\Theta_f$  e  $\Theta_i$  sono le temperature finale e iniziale in gradi centigradi (tab. 5).

Per guasti interrotti in tempi superiori ai 5 s la sezione minima può essere desunta, in funzione della corrente, dai grafici forniti dalla Norma. In verità è bene evidenziare che, rispettando le sezioni minime indicate dalla Norma, in genere si soddisfa ampiamente anche il dimensionamento termico dei conduttori che risultano normalmente adatti anche per correnti di diversi kA.

<b>Materiale</b>	<b><math>\beta</math> (°C)</b>	<b><math>k</math> (Amm<sup>-2</sup>s<sup>1/2</sup>)</b>
Rame	234,5	226
Alluminio	228	148
Acciaio	202	78

*Tab. 5 – Costanti dei materiali*

Materiale		Tipo di dispersore	Dimensione minima				
			Corpo			Rivestimento/guaina	
			Diametro (mm)	Sezione trasversale (mm <sup>2</sup> )	Spessore (mm)	Valori singoli (μm)	Valori medi (μm)
Acciaio	Zincato a caldo	Piattina <sup>(2)</sup>		90	3	63	70
		Profilato (inclusi i piatti)		90(250)	3(5)	63	70
		Tubo	25		2	47	55
		Barra tonda per picchetto	16(20)			63	70
		Tondo per dispersore orizzontale	10				50
	Con guaina di piombo <sup>(1)</sup>	Tondo per dispersore orizzontale	8			1000	
	Con guaina di rame estruso	Barra tonda per picchetto	15			2000(500)	
Con guaina di rame elettrolitico	Barra tonda per picchetto	14.2(15)			90	100	
Rame	Nudo	Piattina		50	2		
		Tondo per dispersore orizzontale		25 <sup>(3)</sup>			
		Corda	1.8*	25			
		Tubo	20		2		
	Stagnato	Corda	1.8*	25		1	5
	Zincato	Piattina		50	2	20	40
	Con guaina	Corda	1.8*	25		1000	
	Di piombo <sup>(1)</sup>	Filo tondo		25		1000	
* per cavetti singoli <sup>(1)</sup> non idoneo per posa diretta in calcestruzzo <sup>(2)</sup> piattina, arrotondata o tagliata con angoli arrotondati <sup>(3)</sup> in condizioni eccezionali, dove l'esperienza mostra che il rischio di corrosione e di danno meccanico è estremamente basso, si può usare 16 mm <sup>2</sup> Nota: i valori riportati tra parentesi sono quelli comunemente utilizzati in Italia.							

Tab. 6 – Dimensioni minime dei componenti del dispersore secondo CEI 11-1

## Sicurezza delle persone

La sicurezza delle persone viene ottenuta sostanzialmente con interventi atti a contenere le tensioni di passo e di contatto. Nei sistemi di media tensione con neutro isolato le tensioni di passo e di contatto ammissibili si possono determinare con i criteri di seguito indicati (fig. 9).

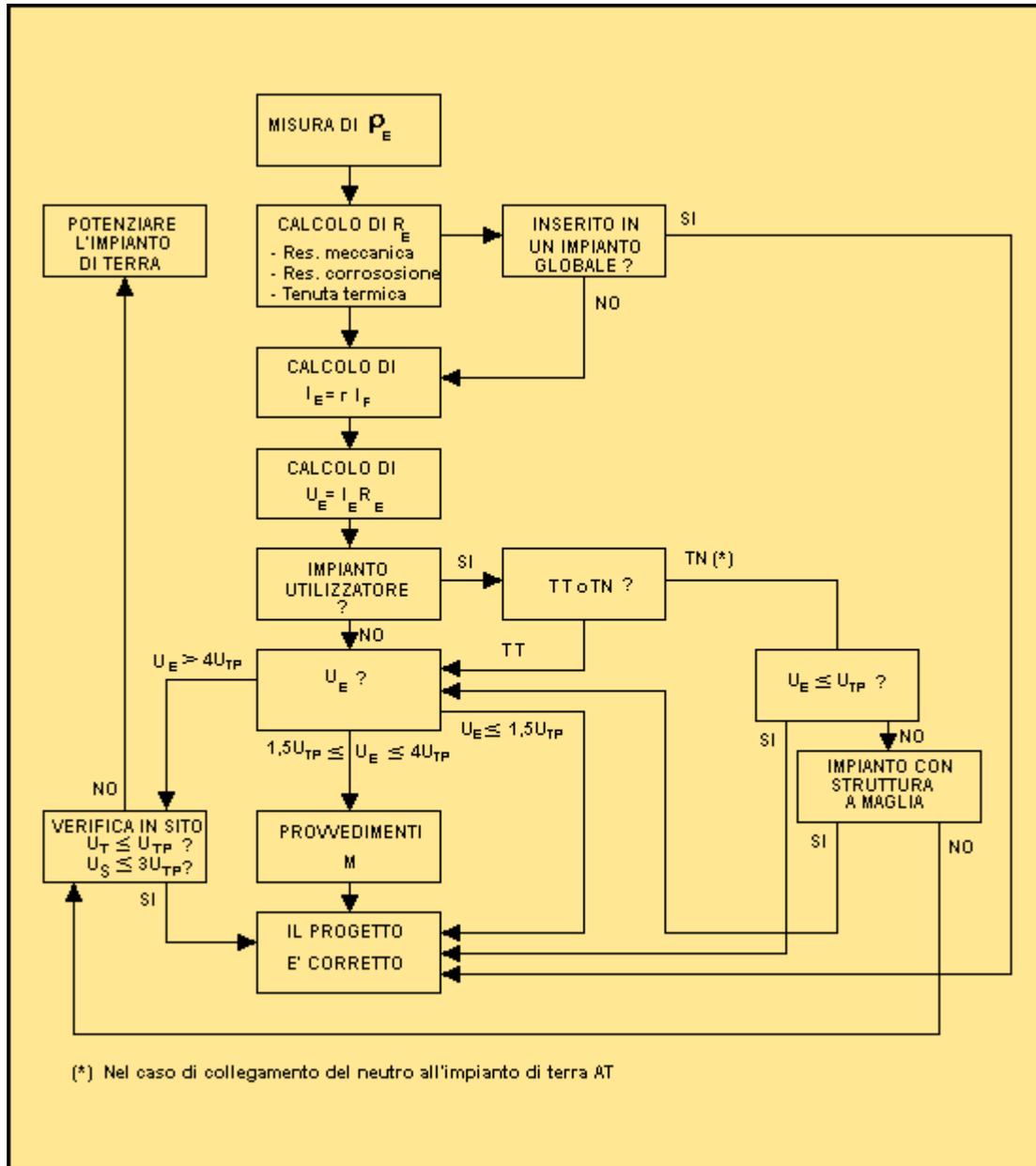
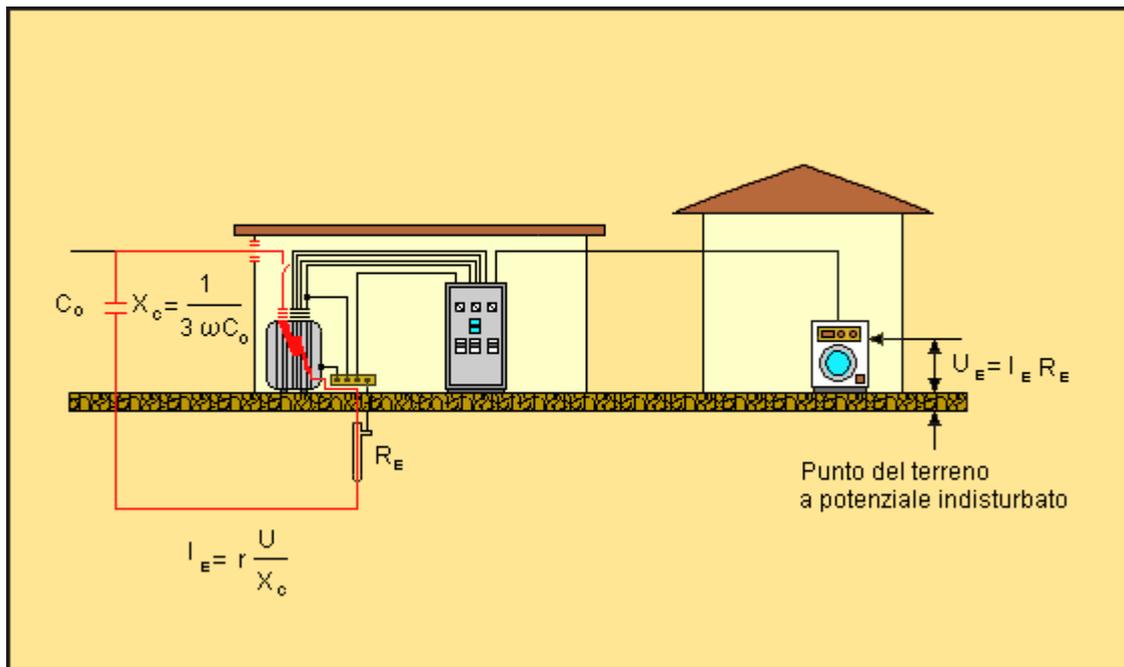


Fig. 9 – Dimensionamento dell'impianto di terra in funzione della tensione di passo  $U_S$  e di contatto  $U_T$



- Fig. 10 – Corrente di terra  $I_E$  e fattori di riduzione  $r$

- Si calcola la corrente di terra  $I_E$  o a favore della sicurezza quella di guasto  $I_F$  (fornita agli utenti dalla società distributrice) tenendo conto dell'eventuale fattore riduttivo  $r$  come indicato nella fig. 10.
- Si rileva la resistività del terreno  $\rho_E$  e si calcola  $R_E$  o si misura  $R_E$  con uno dei metodi indicati nell'allegato N.
- Si calcola la tensione totale di terra con l'usuale metodo  $U_E = I_E R_E$ .
- Se si tratta di un sistema TN (fornitura in AT) con neutro collegato all'impianto di terra in AT si confronta la tensione totale di terra  $U_E$  con la tensione di contatto ammissibile (fig. 4).
- La tensione totale di terra  $U_E$  è inferiore a quella di contatto ammissibile  $U_{TP}$  il dimensionamento è corretto e non è necessario adottare alcun provvedimento aggiuntivo.
- La tensione totale di terra  $U_E$  è superiore a quella di contatto ammissibile  $U_{TP}$ . E' necessaria una verifica sul posto per stabilire tramite misure se la tensione di contatto misurata  $U_T$  è inferiore alla tensione di contatto ammissibile  $U_{TP}$  e se le tensioni di passo  $U_S$  sono inferiori a tre volte  $U_{TP}$ . Se la verifica ha esito positivo il progetto è corretto.
- Se si tratta di un sistema TT si confronta la tensione totale di terra  $U_E$  con il valore della tensione di contatto ammissibile  $U_{TP}$ .
- Se la tensione totale di terra  $U_E$  non è superiore a una volta e mezzo quella di contatto ammissibile  $U_{TP}$  il dimensionamento è corretto e non è necessario adottare alcun provvedimento aggiuntivo.

- Se la tensione totale di terra  $U_E$  è compresa tra una volta e mezzo quella di contatto ammissibile  $U_{TP}$  e quattro volte quella di contatto ammissibile  $U_{TP}$  è possibile adottare i provvedimenti M prescritti nell'allegato D della Norma CEI 11-1 e il progetto può ritenersi corretto.
- Se la tensione totale di terra  $U_E$  è superiore a quattro volte quella di contatto ammissibile  $U_{TP}$  si rende necessaria la misura delle tensioni di passo  $U_S$  e di contatto  $U_T$ . Se le tensioni di contatto misurate risultano inferiori alla tensione di contatto ammissibile e se le tensioni di passo misurate risultano inferiori a tre volte la tensione di contatto ammissibile il progetto può ritenersi corretto.

# Impianto di terra

## 1. Generalità

L'impianto di terra è costituito dall'insieme di elementi metallici che collegano, per motivi di sicurezza o funzionali, varie parti dell'impianto elettrico.

Secondo la funzione che è chiamato ad assolvere un impianto di terra può distinguersi in:

- *messa a terra di protezione* - collega tutte le parti metalliche degli impianti e degli apparecchi utilizzatori con lo scopo di limitare o, agevolando l'interruzione del circuito guasto, di eliminare le tensioni pericolose che potrebbero applicarsi alla persona che venisse malauguratamente a contatto con un involucro metallico in difetto di isolamento. La messa a terra di protezione riguarda anche gli impianti di protezione contro le scariche atmosferiche, i sistemi di scarico a terra di cariche elettrostatiche, la messa a terra di apparecchiature elettroniche che presentano correnti di dispersione elevate anche in condizioni di normale funzionamento.
- *messa a terra per lavori* - ha lo scopo di mettere in sicurezza una parte di impianto momentaneamente fuori servizio per esigenze di manutenzione
- *messa a terra di funzionamento* - serve a garantire il regolare funzionamento degli impianti come nel caso della messa a terra del centro stella dei sistemi elettrici di alta tensione.

I componenti fondamentali dell'impianto di terra sono (fig. 1):

1. dispersore intenzionale o artificiale (DA), ottenuto mediante picchetti (puntazze) infissi verticalmente nel terreno, nastri, piastre oppure corde nude interrate orizzontalmente
2. dispersore di fatto o naturale (DN), costituito da strutture metalliche interrate come ferri d'armatura, tubazioni metalliche dell'acqua (non sono solitamente utilizzabili le tubazioni dell'acquedotto pubblico), schermi metallici dei cavi, ecc..
3. conduttore di terra (CT), collega i dispersori fra loro e al collettore principale di terra, gli eventuali tratti di corda nuda a contatto col terreno devono essere considerati parte del dispersore. É consigliabile proteggere la parti interrate e quelle emergenti mediante tubi per migliorare le difese contro la corrosione e contro gli urti
4. collettore principale di terra, è il nodo principale, realizzato mediante sbarra o morsettiera, al quale fanno capo le diverse parti dell'impianto
5. collegamenti equipotenziali principali (EQP), collegano al collettore principale di terra le masse estranee (tubazioni dell'acqua, del gas, ecc..) entranti alla base dell'edificio
6. pozzetto di ispezione, non obbligatorio
7. conduttore di protezione principale montante (PE), connette il collettore principale di terra con i PE di collegamento alle masse e con i conduttori equipotenziali di collegamento alle masse estranee
8. derivazione principale sul PE con collegamento passante senza interruzione del PE montante
9. conduttore di protezione secondario (PE), collega le masse al collettore principale di terra tramite il PE montante

10. collegamenti equipotenziali supplementari (EQS), collegano le masse estranee fra loro e al conduttore di protezione

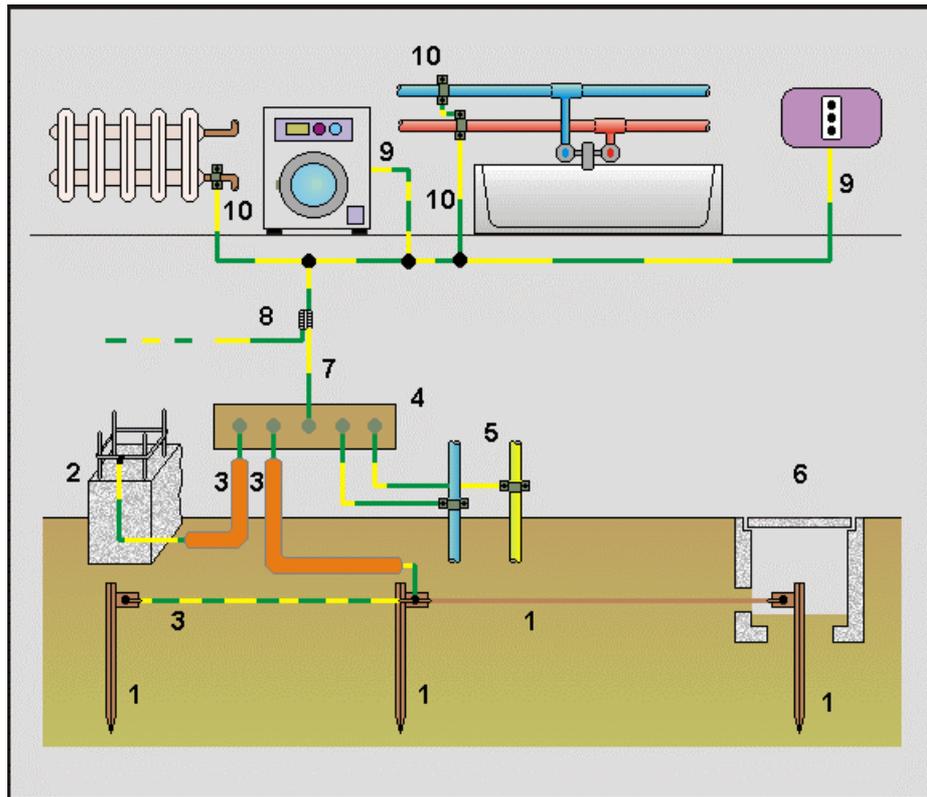


Fig. 1 – Struttura fondamentale di un impianto di terra

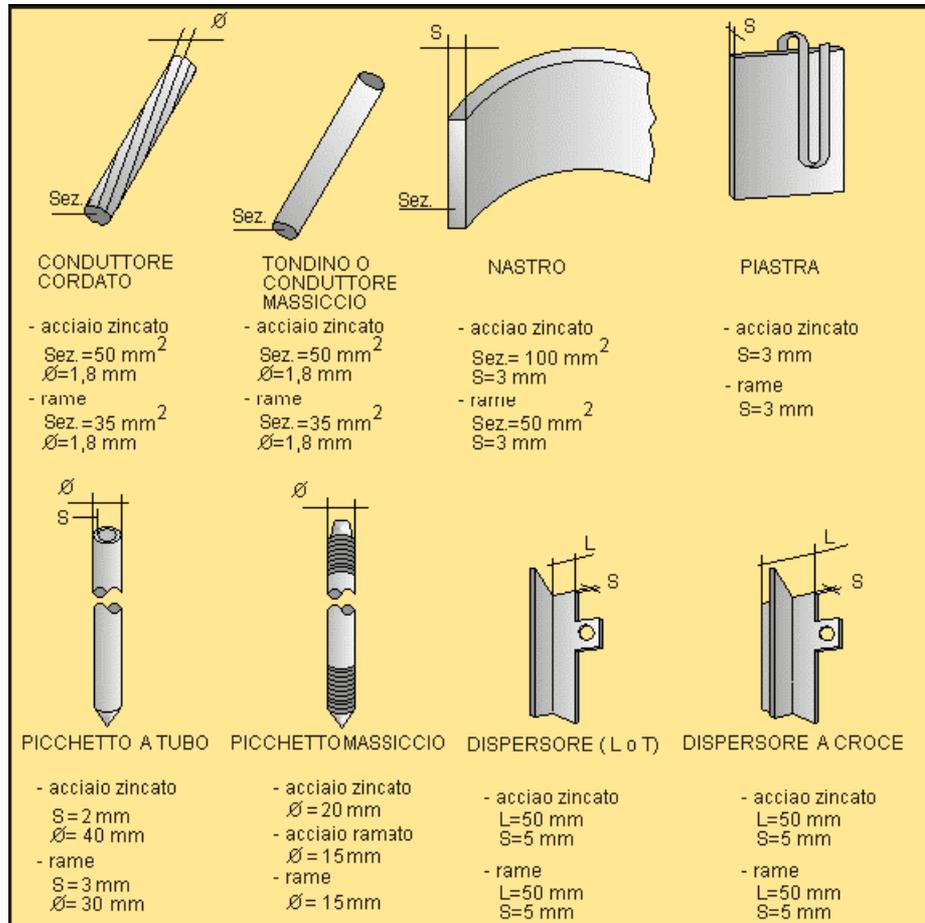
## 2. Dispersore

Il dispersore è un elemento o un insieme di elementi metallici a contatto col terreno atto a disperdere le correnti di guasto. Deve essere dimensionato e scelto in funzione dei seguenti criteri:

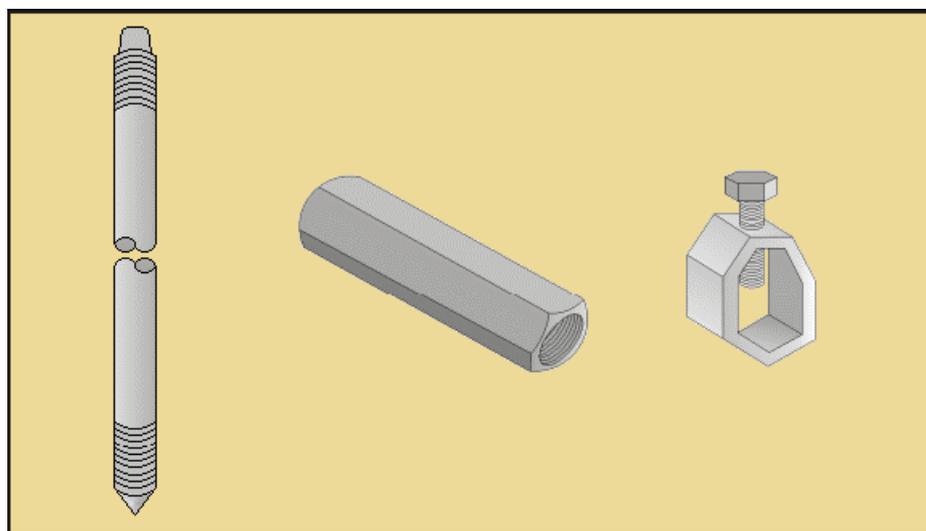
- Resistenza meccanica adeguata per evitare eventuali danneggiamenti dovuti alle sollecitazioni in fase di installazione o agli assestamenti del terreno
- Collegamenti che garantiscano nel tempo una buona continuità elettrica tra le varie parti del dispersore
- Resistenza alla corrosione chimica del terreno e non aggressività nei confronti di altre strutture metalliche interrate alle quali il dispersore è collegato elettricamente
- Sezione adeguata a sopportare senza danni le sollecitazioni termiche ed elettrodinamiche dovute alle correnti di guasto verso terra

La norma CEI 64-8/5 stabilisce le dimensioni minime per i dispersori intenzionali (la norma CEI 11-1 per gli impianti di alta tensione stabilisce dimensioni minime in parte diverse che riguardano però solo le utenze con cabina propria dei sistemi TN) al fine di assicurare una sufficiente resistenza alle sollecitazioni meccaniche e alla corrosione (fig. 2).

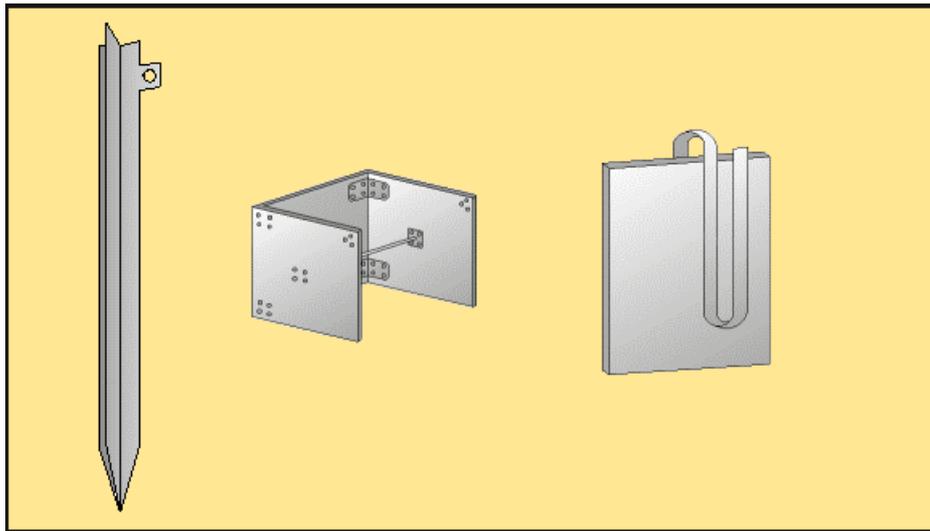
La Norma raccomanda l'impiego di metalli resistenti alla corrosione come ferro zincato, rame, acciaio ramato senza escludere la possibilità di impiegare anche altri metalli se adatti al tipo di terreno. Possono essere utilizzati anche metalli ferrosi senza rivestimenti protettivi purché lo spessore sia aumentato del 50% e le sezioni non siano inferiori a 100 mm<sup>2</sup>. Nelle figure seguenti sono rappresentati alcuni tra i componenti più comuni impiegati per la costruzione di un impianto di terra.



**Fig. 2 – Dimensioni minime degli elementi di un dispersore intenzionale**



**Fig. 3 – Elemento per dispersore di profondità – manicotto per prolunga – morsetto di collegamento**



**Fig. 4 – Esempi di dispersori**  
**Dispersore a croce in profilato - dispersore a**  
**piastra modulare – dispersore a piastra**

### 2.1. Dimensionamento del dispersore

Il terreno conduce le correnti di guasto che provengono dal dispersore dell'impianto verso quello della cabina. Si tratta di un conduttore atipico che disponendo di una sezione molto grande rende ininfluenza la distanza rispetto alla cabina; ad una certa distanza dal dispersore la resistenza del terreno si annulla. La resistenza di terra non dipende quindi dalla lunghezza di tale conduttore ma solamente dalla geometria che assume il dispersore. La resistenza che si oppone all'ingresso della corrente nel terreno è l'insieme di una resistenza di contatto, dovuta all'aderenza più o meno intima delle superfici degli elettrodi col terreno circostante, e di una resistenza che dipende dalla forma dei dispersori e dalla resistività del terreno. In generale la resistività del terreno è molto elevata se paragonata ai normali materiali conduttori. La sua variabilità da luogo a luogo, dipendendo dalla conformazione geologica ed essendo influenzata dalla temperatura, dall'umidità e dalla presenza nel terreno di composti in soluzione, ne rende molto difficoltosa la valutazione. Il suo valore può essere determinato solo attraverso misure o stabilito approssimativamente in funzione del tipo di terreno. In tab. 1 sono riportati i valori indicativi di resistività dei più comuni tipi di terreno.

<b>Terreno</b>	<b>Umido</b>	<b>Normale</b>	<b>Secco</b>
Argilloso	5	10	20
Agricolo (terreno vegetale)	25	50	100

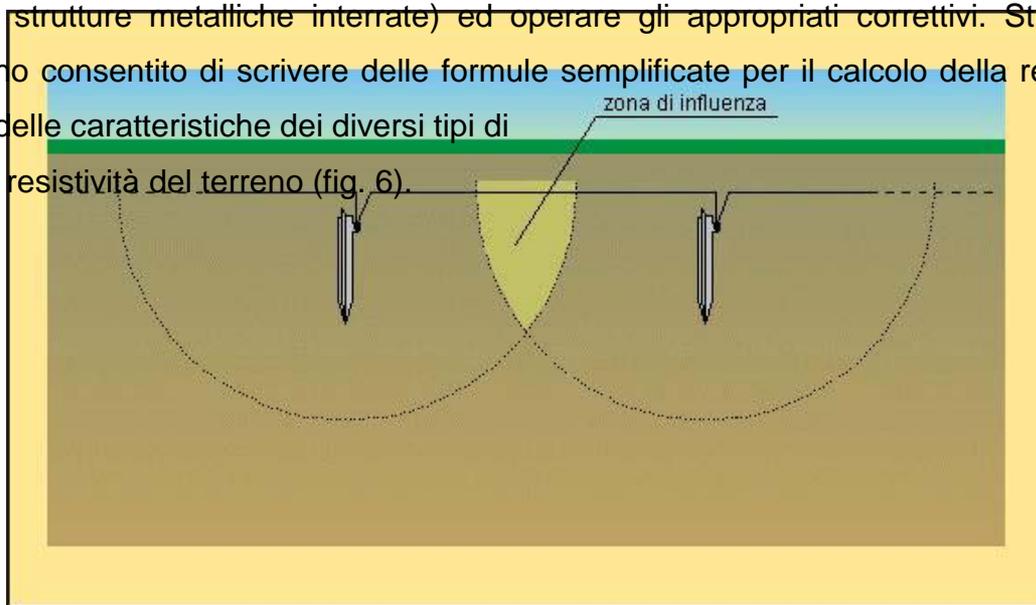
Sabbia marina (con soluzioni saline)	4	2	1
Sabbioso-Ghiaioso	500	1000	2000
Roccioso	250	500	1000

**Valori orientativi della resistività in funzione del tipo di terreno (ohm-metro)**

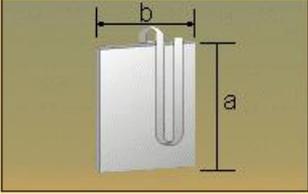
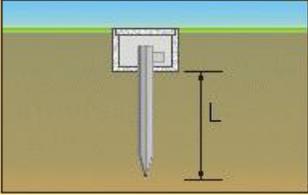
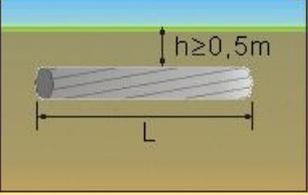
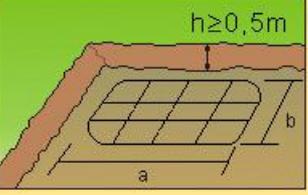
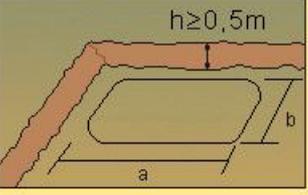
Per abbassare il valore della resistenza di terra può essere necessario collegare in parallelo  $n$  dispersori elementari. La resistenza complessiva se si realizza un parallelo perfetto si riduce di un fattore  $1/n$ .

Realizzare il parallelo quasi perfetto non è facile e nemmeno del tutto conveniente. Ad una distanza pari a circa 10 volte la loro lunghezza l'influenza fra i dispersori è praticamente inesistente ma già con qualche metro di distanza si ottengono risultati più che accettabili (fig. 5).

La resistenza di terra può essere determinata preliminarmente mediante calcoli sufficientemente approssimati che non possono però prescindere da misure effettuate sul campo durante i lavori di posa per recuperare eventuali errori (valutazione della resistività del terreno, influenza reciproca fra dispersori o con strutture metalliche interrate) ed operare gli appropriati correttivi. Studi e rilievi sperimentali hanno consentito di scrivere delle formule semplificate per il calcolo della resistenza di terra in funzione delle caratteristiche dei diversi tipi di dispersori e della resistività del terreno (fig. 6).



**Fig. 5 – Influenza reciproca fra picchetti**

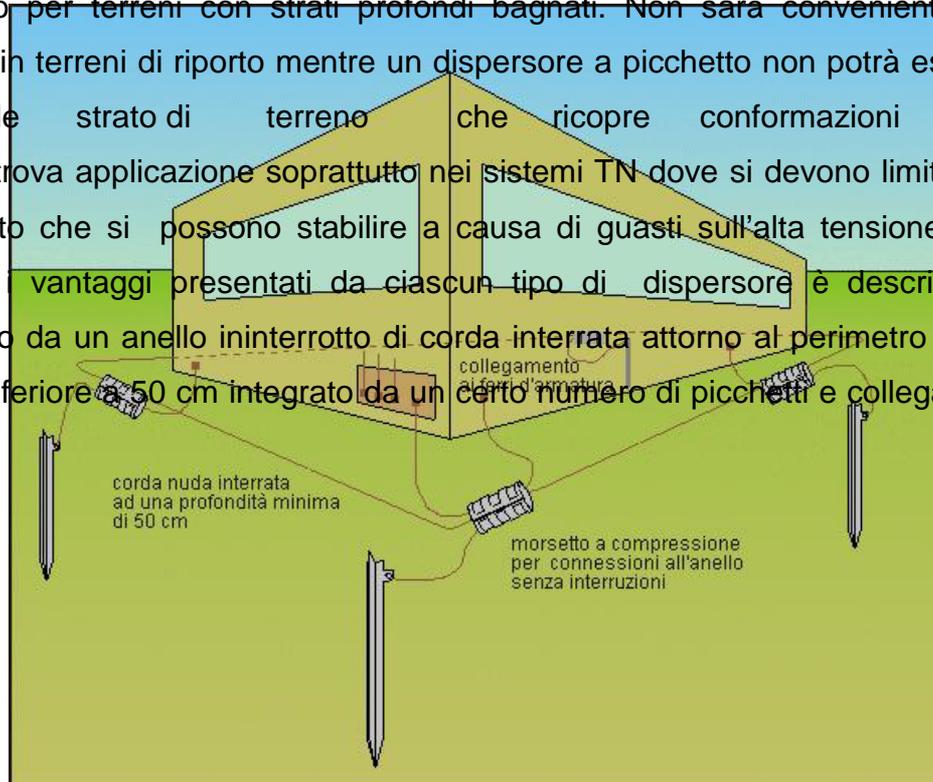
	Piastra	$R_E = \frac{\rho}{4} \sqrt{\frac{\pi}{a \cdot b}}$
	Picchetto	$R_E = \frac{\rho}{L}$
	Corda	$R_E = 2 \frac{\rho}{L}$
	Maglia	$R_E = \frac{\rho}{(a+b)}$
	Anello	$R_E = 1,5 \frac{\rho}{(a+b)}$

**Fig. 6 – Formule semplificate per il calcolo della resistenza di terra di alcuni fra i più comuni tipi di dispersore**

## 2.2. Scelta e criteri realizzativi

La scelta del tipo di dispersore è legata prevalentemente al tipo di terreno. Un dispersore a corda, solitamente interrato a profondità variabili di 50 -100 cm, potrà essere impiegato in terreni a

bassa resistività superficiale mentre un dispersore a picchetto, raggiungendo anche gli strati profondi, sarà adatto per terreni con strati profondi bagnati. Non sarà conveniente posare un dispersore ad anello in terreni di riporto mentre un dispersore a picchetto non potrà essere utilizzato in terreni con un sottile strato di terreno che ricopre conformazioni rocciose. Il dispersore a maglia trova applicazione soprattutto nei sistemi TN dove si devono limitare le tensioni di passo e di contatto che si possono stabilire a causa di guasti sull'alta tensione. Un impianto classico che sfrutta vantaggi presentati da ciascun tipo di dispersore è descritto in fig. 7. Il dispersore è costituito da un anello ininterrotto di corda interrata attorno al perimetro dell'edificio ad una profondità non inferiore a 50 cm integrato da un certo numero di picchetti e collegato in più punti ai ferri d'armatura.



**Fig. 7 – Dispersore integrato anello-picchetti**

### 3. Conduttori di terra (CT)

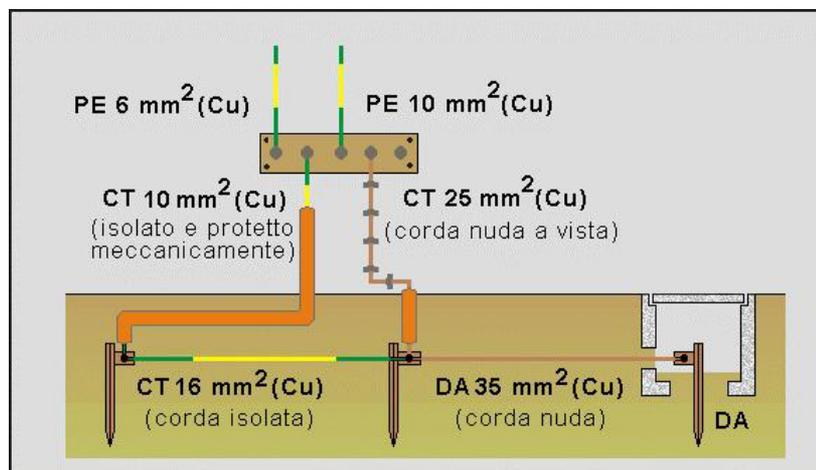
I conduttori di terra normalmente si presentano sottoforma di corde o di piattine. Se il conduttore è nudo e interrato svolge anche le funzioni di dispersore e deve quindi avere le sezioni minime stabilite per i dispersori (come indicato nella figura 2, 35 mm<sup>2</sup> se in rame 50 mm<sup>2</sup> se in acciaio zincato) se invece si tratta di corda nuda installata a vista le sezioni minime previste sono di 25

	PROTETTI MECCANICAMENTE		NON PROTETTI MECCANICAMENTE	mm <sup>2</sup> se in rame e di 50 mm <sup>2</sup> se in acciaio zincato (tab.
	Sezione conduttore di fase	Sezione minima conduttore di terra	Sezione minima conduttore di terra	
PROTETTO CONTRO LA CORROSIONE (In ambienti non particolarmente aggressivi dal punto di vista chimico il rame e il ferro zincato si considerano protetti contro la corrosione) Non protette contro la corrosione	$S_F < 16$	$S_E = S$	$16 \text{ mm}^2$ se in rame  $16 \text{ mm}^2$ se in ferro zincato (secondo la Norma CEI 7-6 o con rivestimento equivalente)	
	$S_F \geq 16 \geq 35$	$S_E = 16$		
	$S_F > 35$	$S_E = S/2$		
Non protetto contro la corrosione	$25 \text{ mm}^2$ se in rame $50 \text{ mm}^2$ se in ferro zincato (secondo la norma CEI 7-6 o con rivestimento equivalente)			

1). Il conduttore di terra può essere anche isolato, normalmente in PVC, e quindi, essendo garantita una buona protezione contro la corrosione, la sezione minima può essere di  $16 \text{ mm}^2$  sia se di rame sia se di acciaio zincato. La sezione può essere ulteriormente ridotta se si adottano contemporaneamente difese contro le aggressioni chimiche e contro le sollecitazioni meccaniche, ad esempio conduttore isolato posato entro tubazione di tipo pesante. In questo caso la sezione minima non deve però essere inferiore alla maggiore sezione del conduttore di protezione collegato al collettore principale di terra.

È consigliabile proteggere mediante tubi, solitamente in PVC, la parte interrata ed emergente dal terreno per migliorare le difese contro la corrosione e contro gli urti

Un esempio di applicazione delle norme, in relazione alle sezioni minime da adottare, nel caso di conduttori di terra in rame è riportato nella figura 8. Il dimensionamento dei conduttori di terra deve essere condotto in modo differente a seconda che si tratti di impianto alimentato in bassa tensione o in alta tensione. Le ragioni che stanno alla base del dimensionamento dei conduttori di terra sono principalmente legate alla resistenza meccanica e alla corrosione del conduttore. La corrente di guasto, infatti, che in condizioni di normale funzionamento è zero, è quasi sempre sopportabile da conduttori di terra che rispettino le sezioni minime di tab. 1 stabilite dalle Norme. Una verifica più approfondita è comunque sempre auspicabile e richiede un'analisi dei singoli sistemi di distribuzione.



**Fig. 8 – Esempio di applicazione delle norme in relazione alle sezioni minime ammissibili dei conduttori di terra (CT) in rame**

### 3.1. Dimensionamento dei conduttori di terra in un sistema TT

La corrente di guasto attraversa il conduttore di terra la cui sezione minima deve essere, sempre rispettando le sezioni minime prescritte, almeno uguale al maggiore conduttore di protezione dell'impianto oppure verificata con la nota relazione:

$$S_E = \sqrt{\frac{I^2 t}{K_c^2}}$$

dove:

- $S_E$  è la sezione minima del conduttore di terra in  $\text{mm}^2$ ,
- $I$  è la corrente di guasto in ampere che percorre il conduttore di terra per un guasto franco a massa,
- $t$  è il tempo di intervento in secondi del dispositivo di protezione,
- $K_c$  è un coefficiente che tiene conto delle caratteristiche del materiale e della temperatura iniziale e finale che assume il conduttore

Se cautelativamente supponiamo di avere una resistenza dell'impianto di terra particolarmente bassa, ad esempio  $R_E=0,1$  ohm, si avrà:

$$I_F = \frac{U_0}{R_E} = \frac{230}{0,1} 2300A$$

Se il tempo di intervento delle protezioni fosse di un secondo (i relè differenziali intervengono generalmente in un tempo più breve) e il conduttore di protezione fosse un conduttore unipolare in EPR (tab. 3), si avrà:

$$S_E = \sqrt{\frac{2300^2 \times 1}{176^2}} = 13\text{mm}^2$$

Normalmente l'impianto di terra presenta valori di resistenza superiori a quelli ipotizzati e i tempi di intervento delle protezioni sono generalmente più bassi per cui un conduttore avente sezione di  $16 \text{ mm}^2$  è quasi sempre sufficiente per un sistema TT.

### 3.2. Dimensionamento dei conduttori di terra in un sistema TN

Il dimensionamento del conduttore di terra in un sistema TN deve essere condotto con modalità diverse

a seconda che si tratti di guasto sulla MT o sulla BT.

- Media tensione

Per il calcolo di un guasto verso terra sulla MT prendiamo in considerazione una situazione estrema considerando, per comodità, una corrente di guasto pari a 1000 A (è un valore estremamente improbabile) e un tempo di intervento di 5 s. Se si utilizza sempre un conduttore di protezione unipolare in EPR dalla nota relazione si ottiene:

$$S_E = \sqrt{\frac{1000^2 \times 5}{176^2}} = 12 \text{ mm}^2$$

Anche in questo caso una sezione di 16 mm<sup>2</sup> potrebbe essere adatta per la maggior parte delle situazioni con valori di correnti e di tempi di intervento (come normalmente si verifica) delle protezioni inferiori a quelli ipotizzati nell'esempio.

- Bassa tensione

La corrente di guasto in bassa tensione può raggiungere anche valori di alcune decine di kA ma normalmente interessa solo il conduttore di protezione. Quando esistono più nodi equipotenziali il conduttore di terra può essere interessato da correnti di guasto che hanno comunque, nella quasi totalità dei casi, valori piuttosto modesti perché la corrente che lo attraversa è funzione del rapporto tra l'impedenza del conduttore di protezione e di quella del conduttore di terra ed è tanto più bassa quanto minore è la sezione del conduttore di terra. Non risulta quindi necessario nemmeno in questo caso, se si rispettano le dimensioni minime, operare particolari verifiche.

#### 4. Conduttori di protezione (PE)

Col conduttore di protezione (è identificato dal colore giallo/verde e viene chiamato PE oppure, se svolge contemporaneamente anche la funzione di neutro, PEN) si realizza il collegamento delle masse con l'impianto di terra. Unitamente all'interruttore automatico garantisce la protezione dai contatti indiretti e deve essere dimensionato sia per sopportare le sollecitazioni termiche dovute alla corrente di guasto verso terra (che in condizioni di regime è nulla) sia per sopportare eventuali sollecitazioni meccaniche o azioni corrosive (le norme a tal proposito stabiliscono delle sezioni minime). Il dimensionamento può essere effettuato, con un metodo semplificato (fig. 7), in funzione della sezione

del conduttore di fase (tab. 2) o con la formula sotto indicata, metodo che conduce a sezioni notevolmente inferiori rispetto a quelle ottenute col metodo semplificato.

$$S_{PE} = \sqrt{\frac{I^2 t}{K_c^2}}$$

Dove:

$I^2 t$  è l'energia specifica lasciata passare dall'interruttore automatico durante l'interruzione del guasto

$K_C$  è un coefficiente (tab.3) che dipende dal materiale isolante e dal tipo di conduttore impiegato

Sezione di fase (mm <sup>2</sup> )	Sezione minima del conduttore di protezione (mm <sup>2</sup> )			
	Cu		Al	
	PE	PEN	PE	PEN
≤ 16	S <sub>F</sub>	S <sub>F</sub>	S <sub>F</sub>	S <sub>F</sub>
16 ÷ 35	16	16	16	25
> 35	SF/2	SF/2	SF/2	SF/2

Tab. 3 – Sezioni minime dei conduttori di protezione

**Valori del coefficiente  $K_C$  per conduttori costituiti da un cavo unipolare o da un conduttore nudo in contatto con il rivestimento esterno dei cavi**

Tipo conduttore		Tipo di isolante		
		PVC $\vartheta_0 = 30$ $\vartheta_f = 160$	G2 $\vartheta_0 = 30$ $\vartheta_f = 250$	EPR/XLPE $\vartheta_0 = 30$ $\vartheta_f = 220$
Cavo unipolare	Cu	143	166	176
	Al	95	110	116
Cavo nudo a contatto con rivestimento esterno di cavi isolati	Cu	143	166	176
	Al	95	110	116
	Fe	52	60	64

**Valori del coefficiente  $K_C$  per conduttori costituiti da un'anima di cavo multipolare**

Tipo di conduttore		Tipo di isolante		
		PVC $\vartheta_0 = 30$ $\vartheta_f = 160$	G2 $\vartheta_0 = 85$ $\vartheta_f = 250$	EPR/XLPE $\vartheta_0 = 85$ $\vartheta_f = 220$
Anima di cavo multipolare	Cu	115	135	143
	Al	76	89	94

**Valori del coefficiente  $K_C$  per conduttori nudi non in contatto con materiali danneggiabili**

Tipo conduttore	Condizioni di posa			
	A(*)	B(*)	C(*)	
	$\vartheta_0 = 30$ $\vartheta_f = 500$	$\vartheta_0 = 30$ $\vartheta_f = 200$	$\vartheta_0 = 30$ $\vartheta_f = 150$	
Cavo nudo non a contatto con rivestimen.. di cavi isolati	Cu	228	159	138
	Al	125	105	91
	Fe	82	58	50

(\*) A: a vista in locali accessibili solo a personale addestrato

(\*) B: in condizioni ordinarie

(\*) C: in locali con pericolo di incendio, salvo diverse prescrizioni delle Norme CEI 64-2

**Valori del coefficiente  $K_C$  per conduttori costituiti dal rivestimento metallico o dall'armatura del cavo**

Tipo conduttore	Tipo di isolante			
	PVC	G2	EPR/XLPE	
	$\vartheta_0 = 30$ $\vartheta_f = 160$	$\vartheta_0 = 80$ $\vartheta_f = 250$	$\vartheta_0 = 75$ $\vartheta_f = 220$	
Rivestimento o armatura del cavo	Cu	122	140	149
	Al	79	90	96
	Fe	42	48	51
	Pb	22	19	19

**Tab. 4 – Valori di  $K_C$  per il calcolo del conduttore di terra e di protezione**

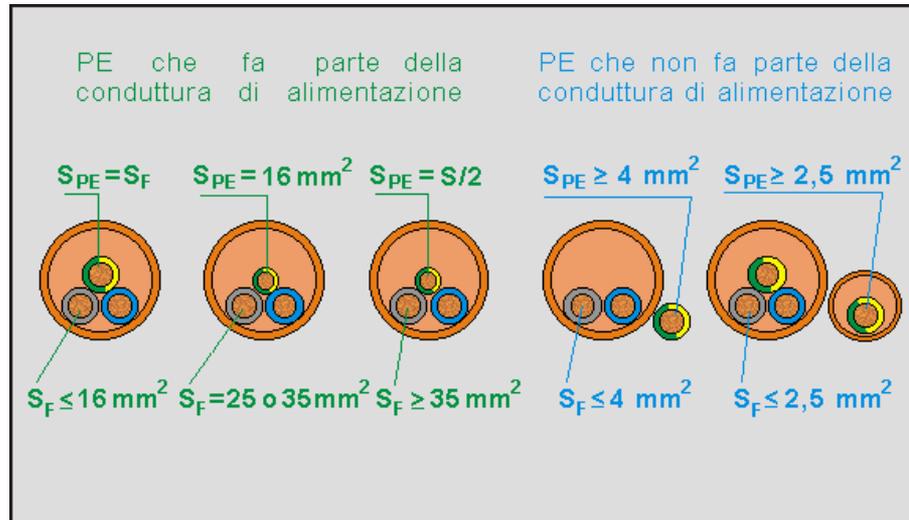
Se la sezione che si ricava dalla relazione  $S_F/2$  non è compresa fra le sezioni unificate è ammesso adottare quella che più si avvicina a quella calcolata. Tale procedimento è valido solo se il conduttore di protezione è costituito dallo stesso materiale del conduttore di fase. In caso contrario la sezione del conduttore deve essere calcolata in modo che le conduttanze dei diversi materiali abbiano lo stesso valore. Uguagliando e risolvendo si ottiene:

$$S_{PE}^1 = \frac{S_{PE} \times \rho}{\rho}$$

Dove:

$S_{PE}$  è la sezione ricavata dalle tabelle relative al materiale, di resistività  $\rho$  uguale a quello del conduttore di fase ed  $S_{PE}^1$  e  $\rho^1$  sono rispettivamente la sezione e la resistività del materiale del conduttore di protezione prescelto. Se il conduttore di protezione è comune a più circuiti utilizzatori il valore della sezione deve essere scelto riferendosi alla maggior sezione fra i conduttori di fase.

Per concludere occorre ricordare che quando il conduttore di protezione non fa parte della condotta di alimentazione non deve, in ogni caso, essere inferiore a  $2,5 \text{ mm}^2$  se è prevista una protezione meccanica del conduttore stesso (tubo di protezione), e a  $4 \text{ mm}^2$  se non è prevista una protezione meccanica.



**Fig. 9 – Esempio di applicazione delle norme in relazione alla scelta della sezione SPE Minima ammissibile dei conduttori di protezione (PE) in rame in funzione della sezione SF del conduttore di fase e del tipo di posa**

Una particolare nota va dedicata alle apparecchiature elettroniche con correnti di dispersione superiore a  $10 \text{ mA}$  che devono essere collegate a terra secondo una delle seguenti configurazioni:

- un cavo unipolare non inferiore a  $10 \text{ mm}^2$  ;
- due cavi in parallelo ciascuno di sezione non inferiore a  $4 \text{ mm}^2$ ;
- anima di cavo multipolare di sezione non inferiore a  $2,5 \text{ mm}^2$  purché il cavo abbia una sezione complessiva non inferiore a  $10 \text{ mm}^2$  per rendere minimi i danni dovuti ad eventuali sollecitazioni meccaniche;
- due cavi in parallelo di sezione non inferiore a  $2,5 \text{ mm}^2$  protetti mediante componenti metallici.

#### 4.1. Parti dell'impianto da collegare al PE

Attraverso il PE si devono collegare all'impianto di terra:

- gli alveoli delle prese a spina
- gli involucri metallici ad installazione fissa
- gli apparecchi non di classe II
- i controsoffitti metallici che portano cavi non di classe II o apparecchi elettrici di classe I

- gli apparecchi illuminanti di classe I
- i canali e i tubi protettivi metallici che portano cavi non di classe II. Canali e tubi metallici devono essere in buon contatto elettrico fra loro

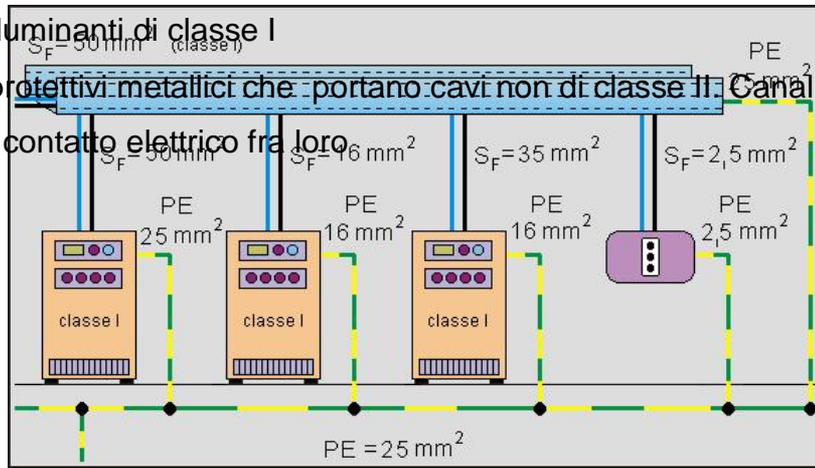
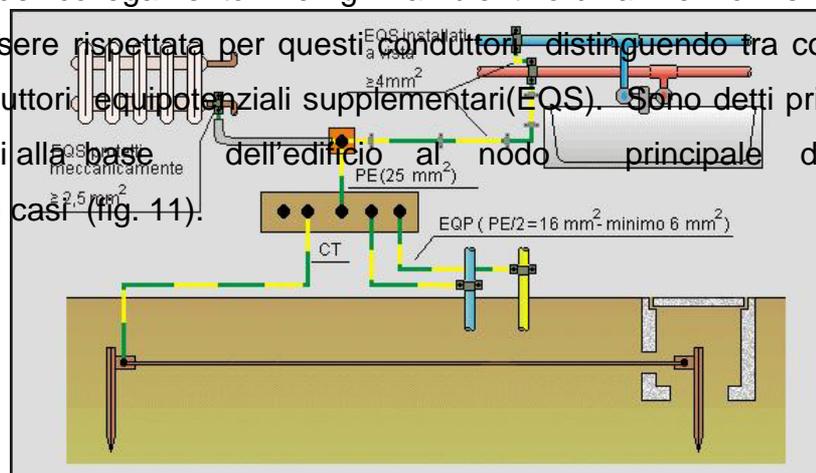


Fig. 10 – Esempio di parti dell'impianto che devono essere collegate all'impianto di terra

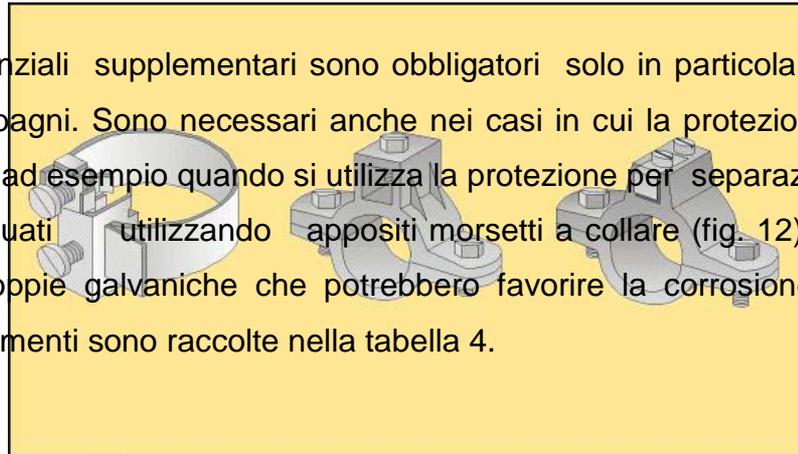
### 5. Collegamenti equipotenziali

Sono conduttori che collegano fra di loro parti che normalmente si trovano al potenziale di terra garantendo quindi l'equipotenzialità fra l'impianto di terra e le masse estranee e consentendo di ridurre la resistenza complessiva dell'impianto. Non essendo conduttori attivi e non dovendo sopportare gravose correnti di guasto il loro dimensionamento non segue regole legate alla portata ma alla resistenza meccanica del collegamento. Per gli ambienti ordinari le norme prescrivono le sezioni minime che devono essere rispettata per questi conduttori distinguendo tra conduttori equipotenziali principali (EQP) e conduttori equipotenziali supplementari (EQS). Sono detti principali se collegano le masse estranee entranti alla base dell'edificio al nodo principale di terra, sono detti supplementari negli altri casi (fig. 11).



**Fig. 11 – Esempio di scelta delle sezioni minime dei conduttori equipotenziali**

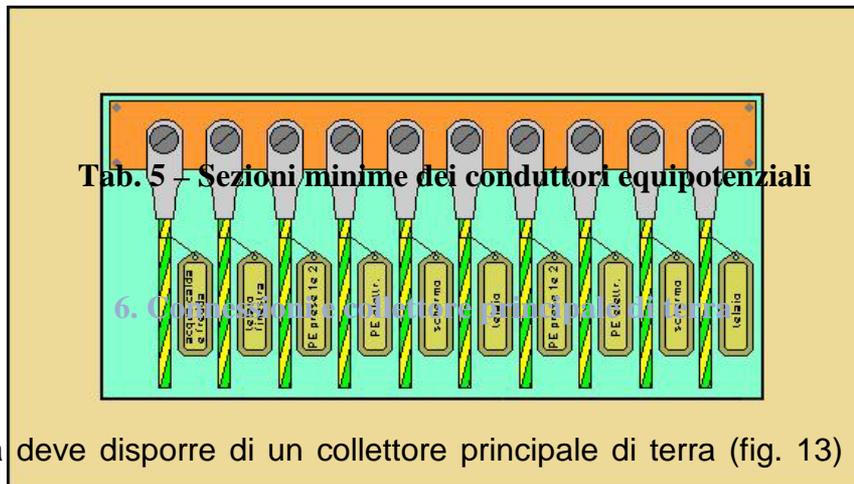
I collegamenti equipotenziali supplementari sono obbligatori solo in particolari situazioni ambientali come ad esempio nei bagni. Sono necessari anche nei casi in cui la protezione viene attuata senza l'impianto di terra come ad esempio quando si utilizza la protezione per separazione elettrica. Devono essere effettuati utilizzando appositi morsetti a collare (fig. 12) di materiale adatto ad evitare il formarsi di coppie galvaniche che potrebbero favorire la corrosione. Le sezioni minime prescritte per tali collegamenti sono raccolte nella tabella 4.



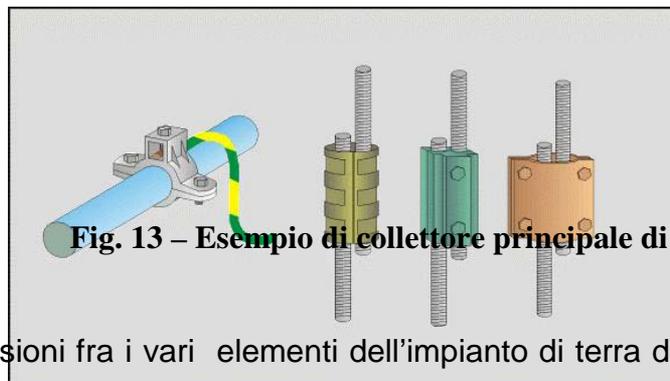
**Fig. 12 – Tipici collari adatti per collegamenti equipotenziali**

	di protezione principale PE (mm <sup>2</sup> )	equipotenziale (mm <sup>2</sup> )
Principale EQP	$\leq 10$ $= 16$ $= 25$ $> 35$	6 10 16 25
Supplementare EQS: collegamento massa-massa;  collegamento massa-massa estranea	$EQS \geq PE$ di sezione minore <sup>(1)</sup>  $EQS \geq \frac{1}{2}$ della sezione del corrispondente conduttore PE In ogni caso la sezione del conduttore EQS deve essere: $\geq 2,5 \text{ mm}^2$ se protetto meccanicamente; $\geq 4 \text{ mm}^2$ se non protetto meccanicamente;	

<sup>(1)</sup> É opportuno aumentare la sezione del conduttore EQS sulla base della corrente di guasto effettiva quando le due masse appartengono a circuiti con sezioni dei conduttori di protezione molto diverse. Questo per evitare che sul conduttore EQS, dimensionato in base alla sezione del conduttore di protezione minore, possano circolare correnti di guasto non supportabili dal conduttore stesso



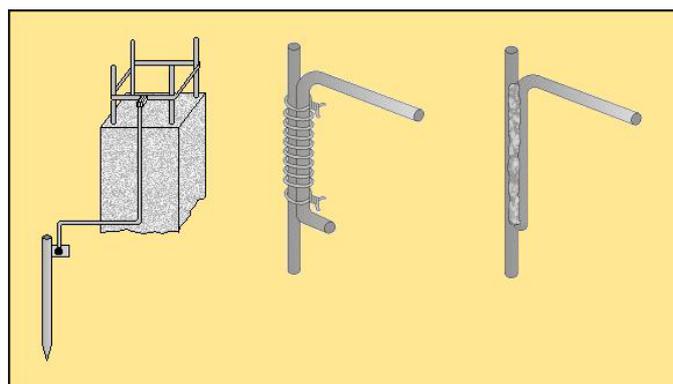
Ogni impianto di terra deve disporre di un collettore principale di terra (fig. 13) che può essere una piastra metallica in acciaio zincato o in rame stagnato o cadmiato o una apposita morsettiere.



Le giunzioni e le connessioni fra i vari elementi dell'impianto di terra devono essere eseguite a regola d'arte in modo che sia garantita la continuità elettrica nel tempo. Il contatto deve essere ben saldo per evitare possibili allentamenti (fig. 14 e 15) e, ove necessario, le connessioni devono essere facilmente accessibili e sezionabili per facilitare le operazioni di manutenzione e verifica.

**Fig. 14 – Esempi di connessioni a regola d’arte collegamento ai ferri d’armatura – connessione di tondini di ferro mediante legatura – connessione di tondini di ferro tramite saldatura forte**

**Fig. 15 – Esempi di connessioni a regola d’arte – collegamento fra tubo e corda isolata – collegamenti fra corde nude**



# GRUPPI DI CONTINUITÀ (UPS)

## Generalità

Il gruppo di continuità fornisce una alimentazione di riserva che supplisce alla mancanza dell'alimentazione normale, senza alcuna interruzione (no break).

Si dicono *gruppi rotanti* quelli nei quali il generatore è un alternatore mantenuto costantemente in funzione da un motore elettrico in condizioni ordinarie e da un motore termico in emergenza.

Sono molto diffusi i *gruppi statici*, nei quali l'energia è fornita da una batteria di accumulatori mantenuta in carica in tampone dalla rete: essi prendono il nome di UPS (Uninterruptible Power System). Si dividono in due tipi:

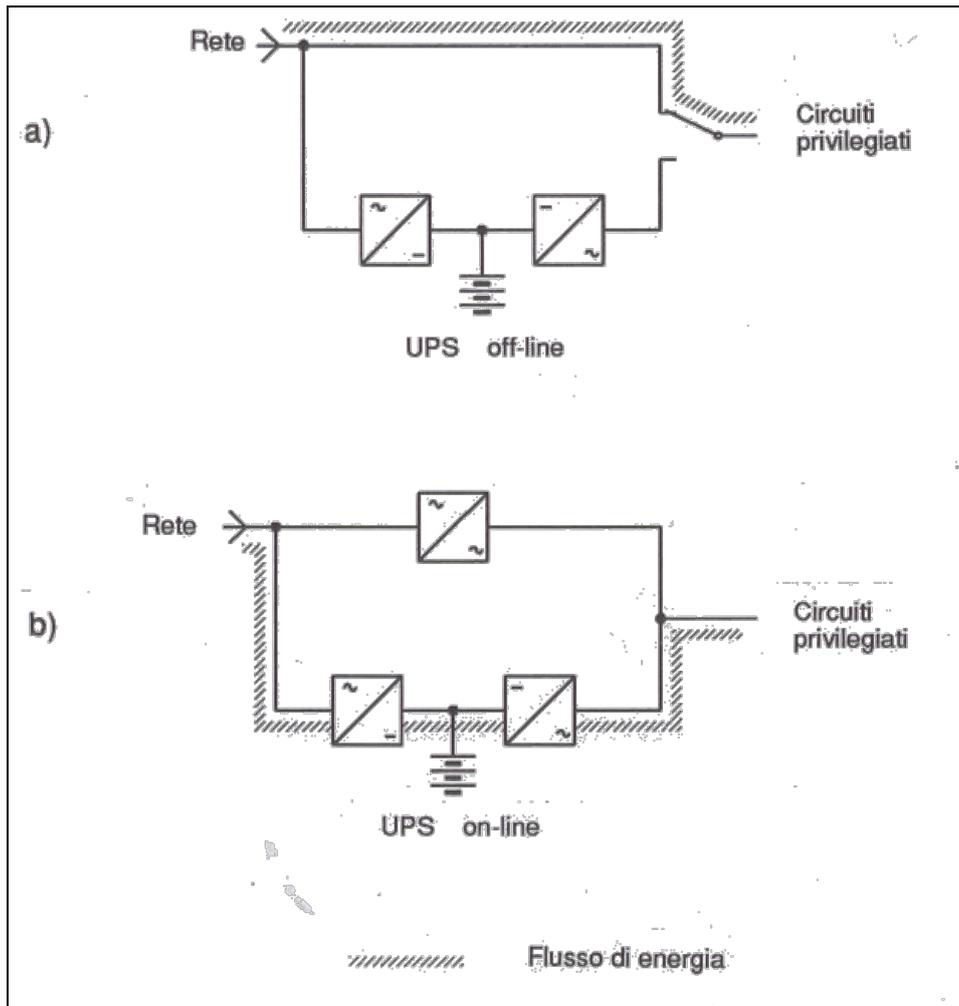
### 1. off line

il carico è normalmente alimentato dalla rete e viene automaticamente commutato sull'UPS all'insorgere di una interruzione, buco di tensione o distorsione d'onda, in un tempo molto breve (5÷10 ms)

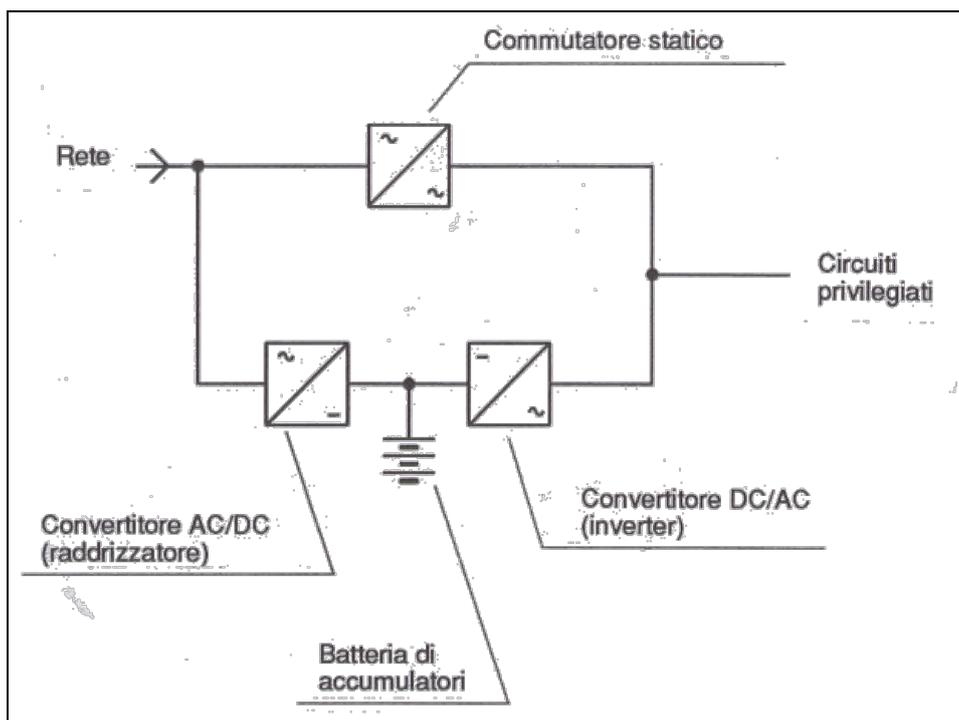
- hanno un elevato rendimento
- il carico, essendo alimentato alla rete, è soggetto alle perturbazioni della rete stessa

### 2. on line

il carico viene alimentato in condizioni ordinarie attraverso l'inverter. Gli UPS on line, quindi, alimentano sempre il carico e dunque forniscono un'alimentazione priva di perturbazioni



### Composizione di un UPS di tipo on line



### Convertitore AC/DC (raddrizzatore)

Il convertitore AC/DC Trasforma la tensione da alternata a continua, carica in tampone la batteria di accumulatori e, negli UPS on-line, alimenta direttamente a pieno carico l'inverter. Il controllo di potenza avviene per regolazione di fase (parzializzazione dell'onda) che provoca, a monte dell'UPS, un elevato contenuto di armoniche di corrente; l'inserzione di idonei filtri permette di limitare il contenuto armonico delle correnti assorbite.

### Batteria di accumulatori

La batteria di accumulatori alimenta l'inverter quando la rete subisce interruzioni o perturbazioni

### Convertitore DC/AC (inverter)

L'inverter converte la tensione continua in alternata, la controlla e la stabilizza in frequenza, ampiezza e forma d'onda. Un trasformatore e filtri in uscita dall'inverter permettono di completare la ricostruzione dell'onda sinusoidale di tensione e di elevarne il valore.

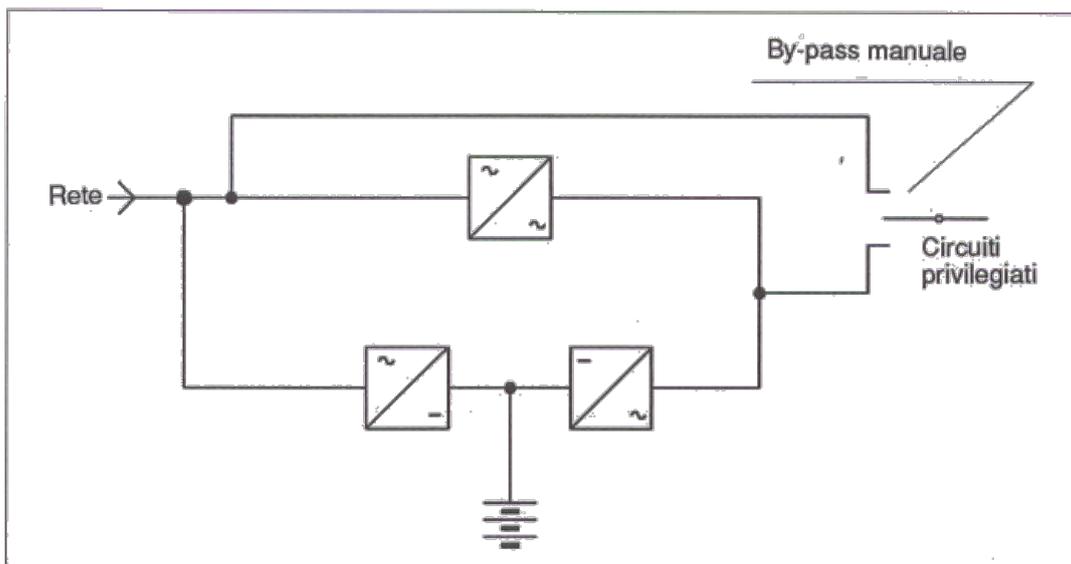
### Commutatore statico

Il commutatore statico permette di commutare il carico direttamente in rete in caso di avaria dell'inverter o di sovraccarico. La commutazione avviene a tempo zero, cioè senza interruzione di tensione.

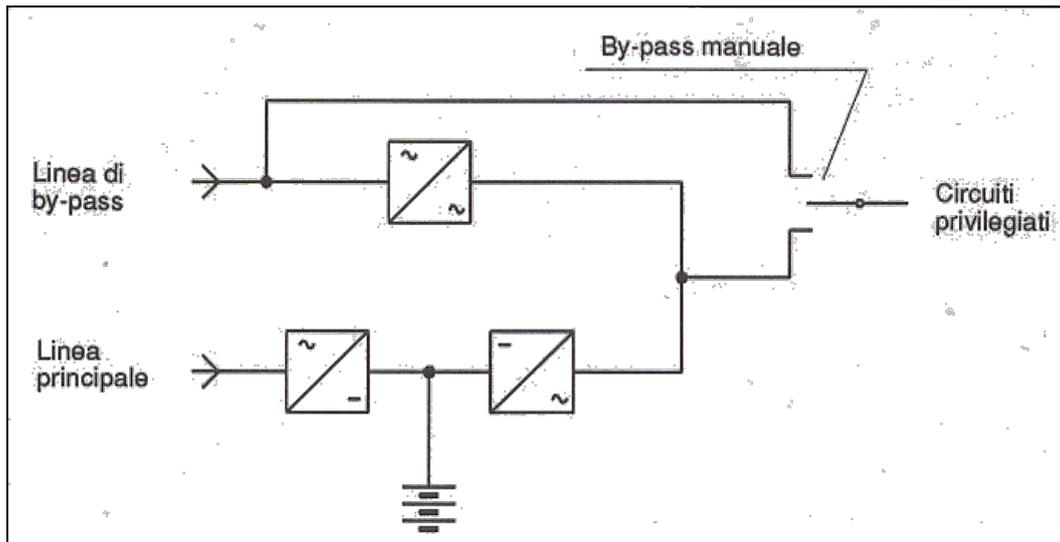
### Linea di by-pass

Sugli UPS di media potenza è in genere presente anche il by-pass manuale che permette, in caso di avaria o interventi di manutenzione, di alimentare il carico indipendentemente dall'UPS

L'UPS può essere alimentato dalla rete per mezzo di una linea unica (UPS di piccola potenza) o da due linee: una principale e una di by-pass.



*UPS alimentato dalla rete per mezzo di una linea unica*



UPS alimentato da due linee

### Criteri di scelta

Agli UPS viene in genere chiesto di sopprimere alle perturbazioni o interruzioni di rete della durata massima di 15÷30 minuti, per dar modo all'operatore di chiudere o memorizzare il lavoro.

Nei casi in cui sia necessario continuare l'esercizio occorre associare all'UPS un gruppo elettrogeno.

Gli UPS on-line vengono costruiti in funzione della potenza di erogazione:

- Piccola potenza (1÷5 kVA): sono in genere monofase (sia in entrata che in uscita) e privi di commutatore statico.
- Media potenza (5÷20 kVA): sono dotati di commutatore statico e by-pass manuale. Possono essere tri-monofase (in entrata trifase e in uscita monofase) o trifase-trifase)

La potenza nominale dell'UPS deve essere almeno uguale alla massima potenza che il carico alimentato può richiedere in regime permanente, ma è consigliabile prevedere una potenza di riserva (10÷15%) per eventuali futuri ampliamenti.

La linea di alimentazione di un UPS (mono-monofase, tri-trifase) può essere dimensionata per una corrente di impiego  $I_B = 1.5 I_n$  dove  $I_n$  è la corrente nominale in uscita dall'UPS stesso. Questo per tener conto del rendimento, della corrente di ricarica della batteria e della sovraccaricabilità dell'UPS

Per l'UPS di tipo tri-monofase,  $I_B = 1.1 I_n$

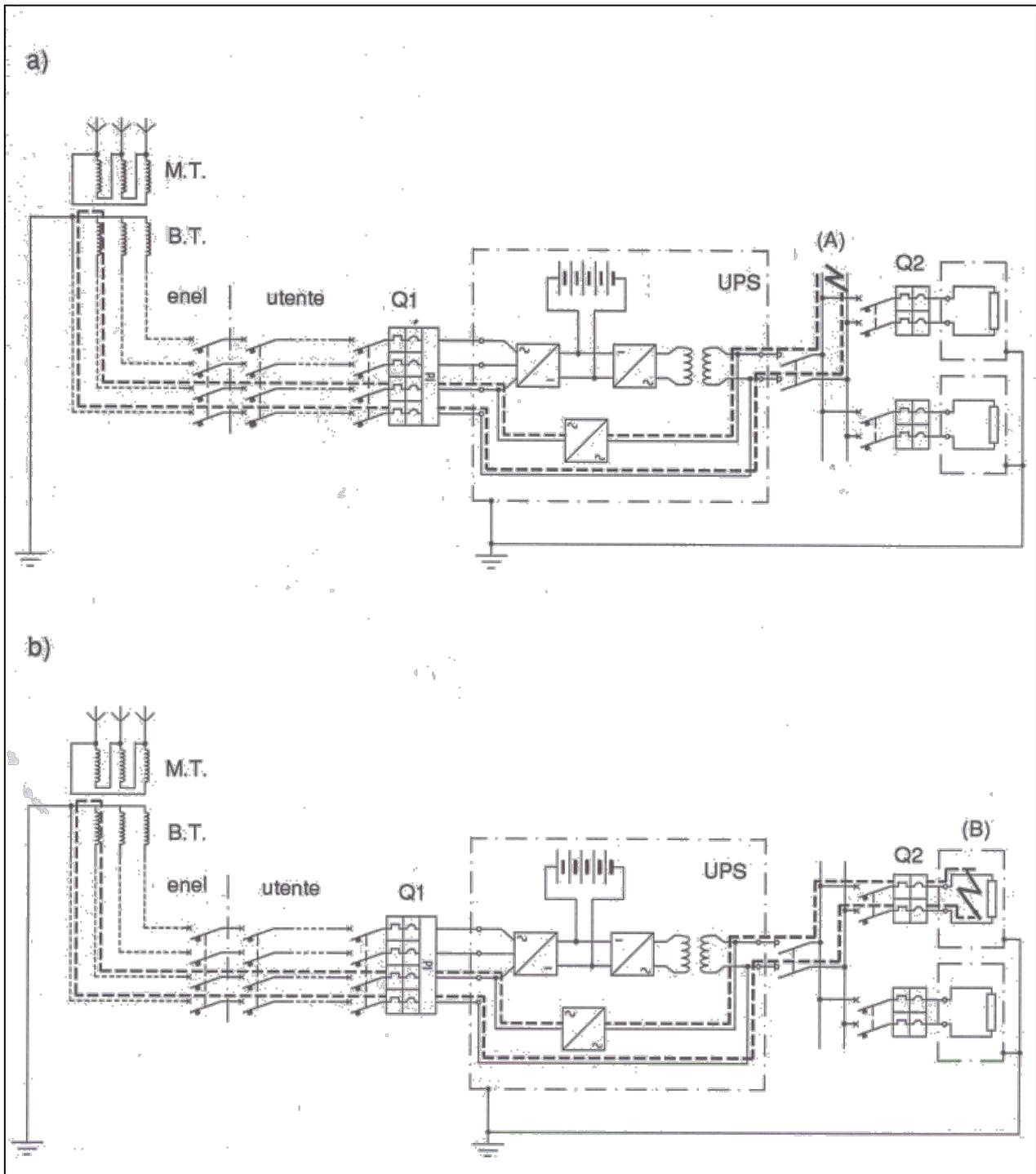
## Sovracorrenti

### Sovraccarico

L'inverter è in genere in grado di alimentare il carico alla piena tensione con sovraccarico di  $1.25 I_n$  per un tempo di 10 minuti, di  $1.5 I_n$  per 10÷30 secondi.

## Corto-circuito

- In presenza di corto-circuito su un impianto a valle dell'UPS senza commutatore statico, l'inverter abbassa la tensione e limita la corrente a  $1.5 I_n$ . Dopo un tempo di circa 10 secondi, se non sono intervenute le protezioni a valle, l'inverter si blocca.
- In presenza di commutatore statico, il carico viene commutato istantaneamente sulla rete.



- a) Corto-circuito in A: il commutatore statico commuta il carico in rete e provoca l'intervento dell'interruttore Q1. Il carico viene alimentato dalla batteria per qualche secondo ancora, finchè intervengono le protezioni interne dell'UPS
- b) Corto-circuito in B: il commutatore statico commuta il carico in rete, a meno che l'interruttore Q2 non intervenga prima. In mancanza di selettività può intervenire anche l'interruttore Q1 e si ritorna al caso precedente

La corrente di corto-circuito degli UPS è relativamente bassa ed è quindi opportuno usare interruttori automatici con modesti valori di  $I_n$  in modo da ottenere una selettiva parziale o anche totale.

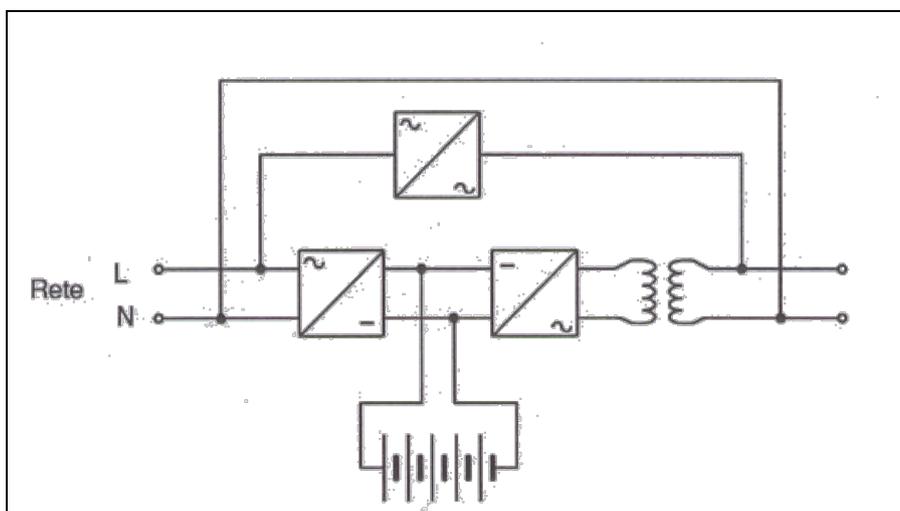
## Contatti indiretti

### Alimentazione dalla rete

Un guasto a terra nell'UPS a monte del trasformatore determina, ovviamente, l'intervento dell'interruttore differenziale

Se i circuiti privilegiati sono alimentati direttamente dalla rete, un guasto a terra provoca l'intervento dell'interruttore differenziale posto a monte dell'UPS

Se i circuiti privilegiati ricevono energia tramite l'inverter, un guasto a terra a valle del trasformatore provoca ancora l'intervento dell'interruttore differenziale a monte dell'UPS, poiché il conduttore di neutro della rete di alimentazione non è interrotto dal commutatore statico ed è collegato ad un polo del secondario del trasformatore.



### Funzionamento in isola

Il carico è alimentato dalla batteria (funzionamento in isola) quando viene meno l'alimentazione dalla rete. In questo caso non si può applicare la protezione contro i contatti indiretti per separazione elettrica perché il trasformatore non è in genere di isolamento e comunque le masse sono collegate a terra (per fronteggiare un eventuale guasto a terra nell'alimentazione diretta dalla rete).

Nel funzionamento a isola non si può applicare la protezione contro i contatti indiretti per separazione elettrica, in quanto il trasformatore non è, in genere, di isolamento e comunque le masse sono collegate a terra. Questo collegamento a terra è necessario per fronteggiare un guasto a terra nell'alimentazione diretta dalla rete.

Il sistema elettrico a valle del trasformatore è isolato da terra e nel funzionamento in isola costituisce un piccolo sistema IT, il quale è adatto per migliorare la continuità di servizio, non richiedendo l'interruzione al primo guasto a terra.

#### *Norma 64-8*

La corrente di primo guasto a terra  $I_d$  è di natura capacitiva e, data la limitata estensione del circuito, è dell'ordine di alcuni milliamperere. Risulta pertanto sicuramente soddisfatta la condizione  $R_T \leq 50/I_d$ .

Un secondo guasto a terra dovrebbe essere eliminato nei tempi previsti dalla norma 64-8, ma la corrente di corto-circuito è di poco superiore alla corrente nominale (non più di  $2I_n$ ) e dunque le protezioni di sovracorrente non intervengono. Cercare di proteggere ogni circuito con un proprio interruttore differenziale non è neppure pensabile.

Inoltre, il corto-circuito conseguente al doppio guasto a terra, provoca il distacco dell'inverter in pochi decimi di secondo. In questo breve intervallo di tempo non si verificano condizioni di pericolo per la persona in contatto con entrambi gli apparecchi guasti, in quanto la persona è soggetta ad una tensione, pari al prodotto della resistenza dei conduttori di protezione per la corrente di corto-circuito, sicuramente trascurabile, essendo la corrente di corto-circuito di basso valore.

Rimane l'obbligo normativo di segnalare nei sistemi IT il primo guasto a terra. Considerando la limitata estensione dei circuiti alimentati dall'UPS, tenuto conto del breve tempo di funzionamento in isola dell'UPS e quindi della piccola probabilità che si verifichi un primo guasto, non sembrerebbe necessario un dispositivo di segnalazione di primo guasto a terra. Inoltre il guasto a terra è già segnalato dall'intervento dell'interruttore differenziale. Volendo si può dotare l'interruttore differenziale di un contatto di scattato relè con azionamento di un segnalatore ottico-acustico.

Il trasformatore non è di isolamento e quindi è ipotizzabile un guasto tra gli avvolgimenti; in presenza di questo guasto tutto succede come se il circuito secondario facesse parte del primario: vale dunque la protezione del primario contro i contatti indiretti.

Se l'UPS è protetto da un unico interruttore differenziale, il guasto a terra sul secondario ne provoca l'intervento, con il conseguente funzionamento dell'UPS in isola.

Quando il circuito del commutatore statico è protetto con un proprio interruttore differenziale, l'UPS può continuare a prelevare energia dalla rete anche in presenza di un primo guasto a terra a valle del trasformatore, senza creare condizioni di pericolo.

Negli UPS più semplici manca il commutatore statico e un guasto a valle del trasformatore non provoca l'intervento dell'interruttore differenziale a monte.

Non c'è così la segnalazione del primo guasto, ma trattandosi di piccole potenze ( massimo 2 kVA), è trascurabile la probabilità del doppio guasto.

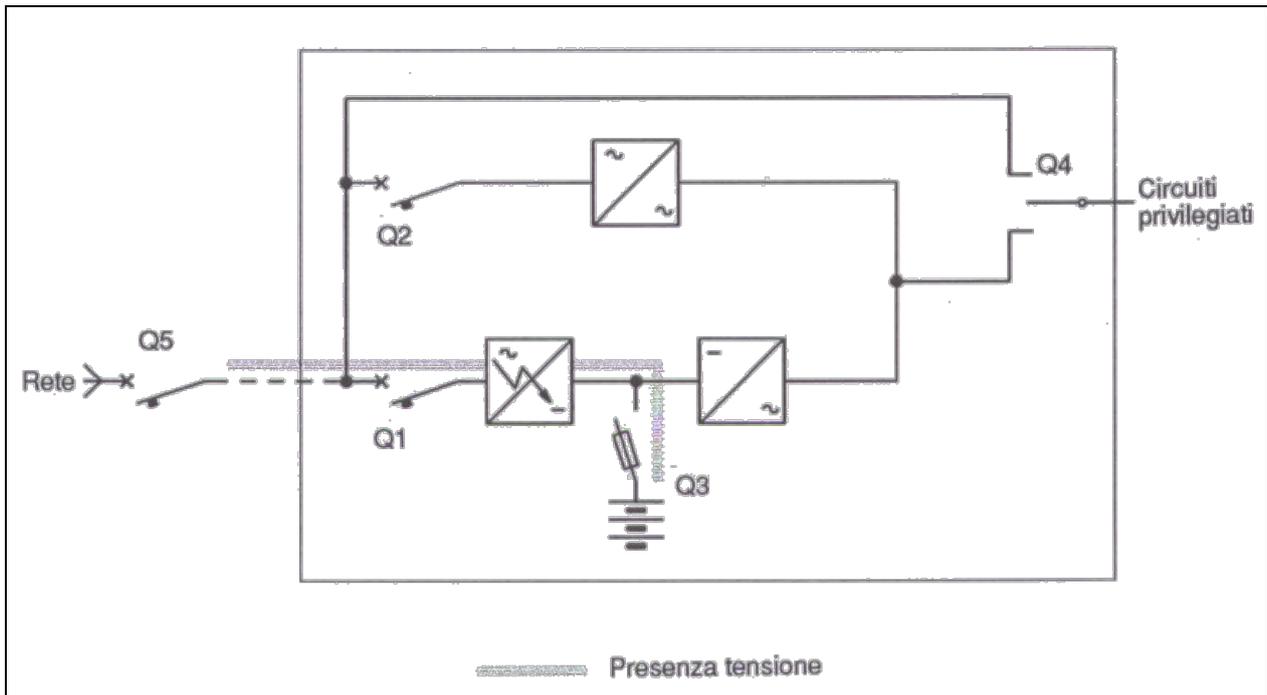
#### **Sezionamento**

In presenza di un UPS va tenuto conto che la batteria costituisce una sorgente di energia che può determinare condizioni di pericolo; l'apertura dell'interruttore generale della linea di alimentazione dell'UPS posto sul quadro di alimentazione non è sufficiente a rendere innocuo l'UPS.

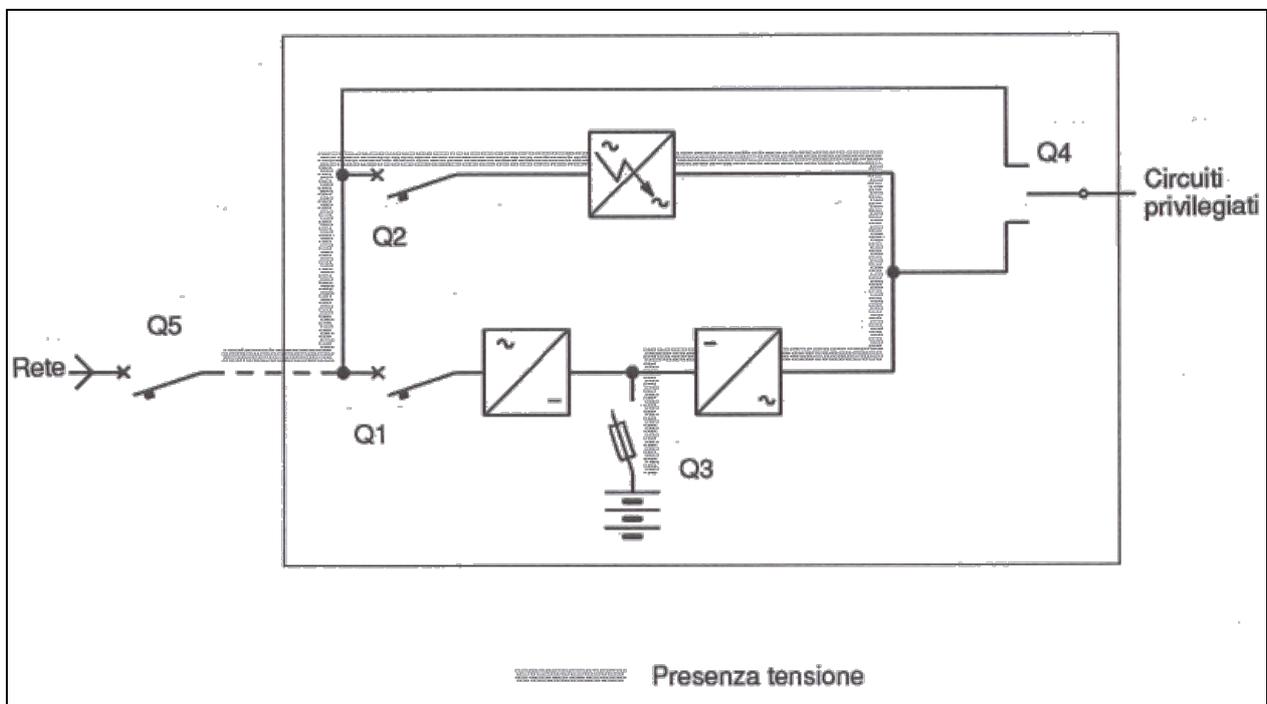
Si può avere tensione a valle dell'interruttore generale (Q5 nel caso di UPS a una sola linea di alimentazione, Q5 e Q6 con due linee) aperto a causa di:

- Un guasto nel raddrizzatore
- Un guasto nel commutatore statico

UPS con una sola linea di alimentazione:

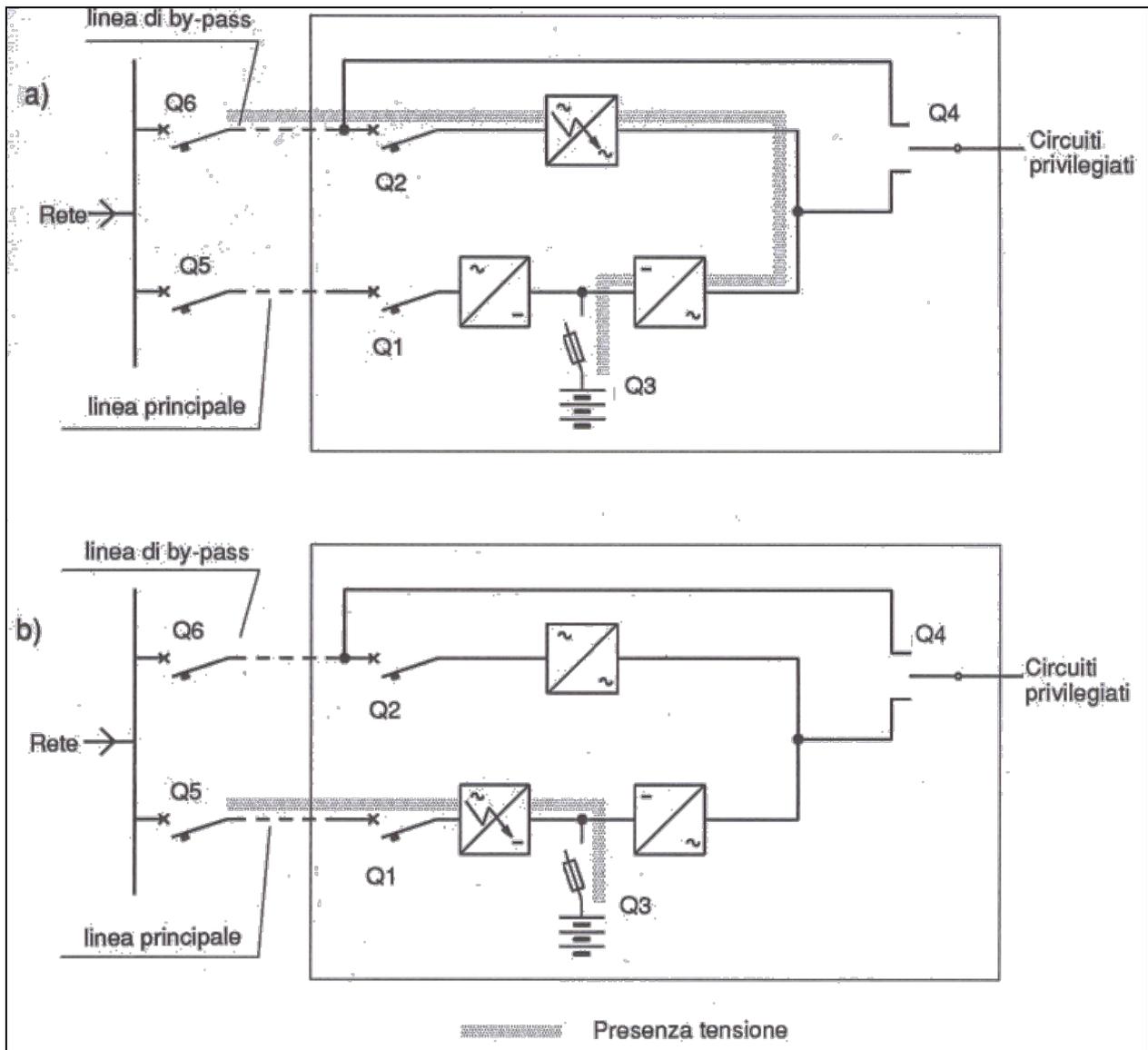


guasto nel raddrizzatore



guasto nel commutatore statico

## UPS con due linee di alimentazione



a) guasto nel commutatore statico

b) guasto nel raddrizzatore

Per sezionare completamente l'impianto occorre agire sugli interruttori dell'UPS posti sui circuiti di alimentazione principale (Q1), del commutatore statico (Q2), delle batterie degli accumulatori (Q3), e del by-pass manuale (Q4).

# APPARECCHIATURE CON ELEVATA CORRENTE DI DISPERSIONE

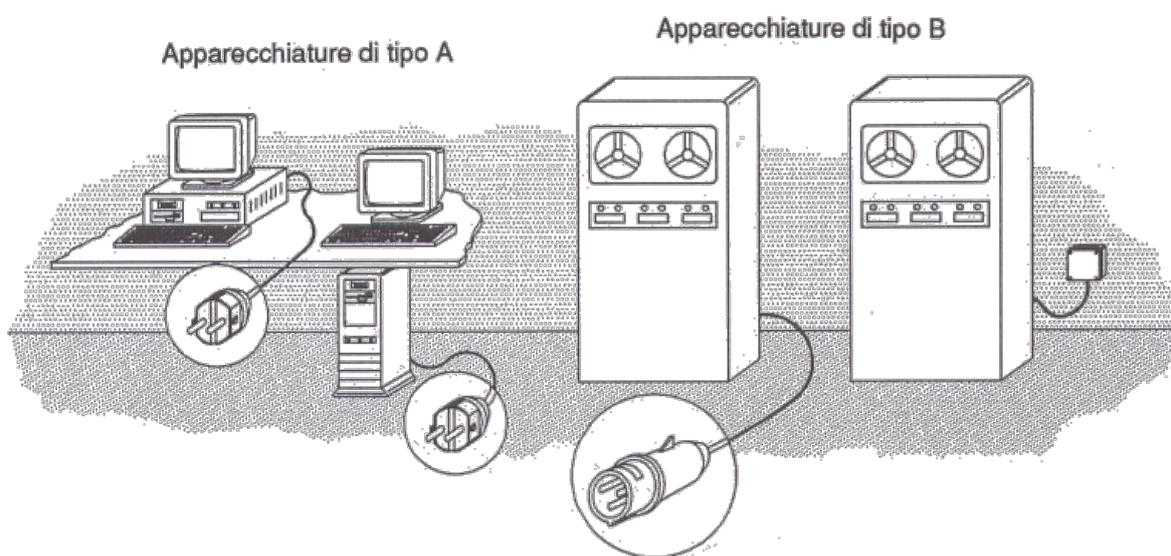
## Norma 74-2

### Tipi di apparecchiature

- Apparecchiature di tipo A: predisposte con spina di tipo domestico e similare.  
Hanno corrente di dispersione a terra non superiore a 3.5 mA
- Apparecchiature di tipo B: predisposte con spina di tipo industriale o collegate direttamente alla rete.

Possono avere corrente di dispersione a terra superiore a 3.5 mA. Nel caso in cui gli apparecchi superassero tale valore, in corrispondenza dell'alimentazione devono avere un'etichetta del tipo:

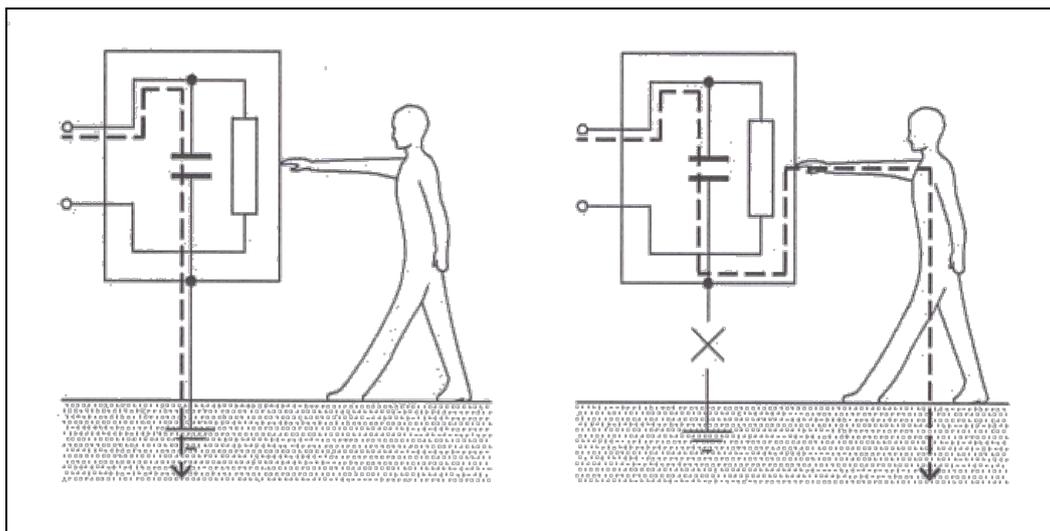
**CORRENTE DI DISPERSIONE ELEVATA**  
è essenziale effettuare il collegamento di terra di protezione prima di collegare l'alimentazione



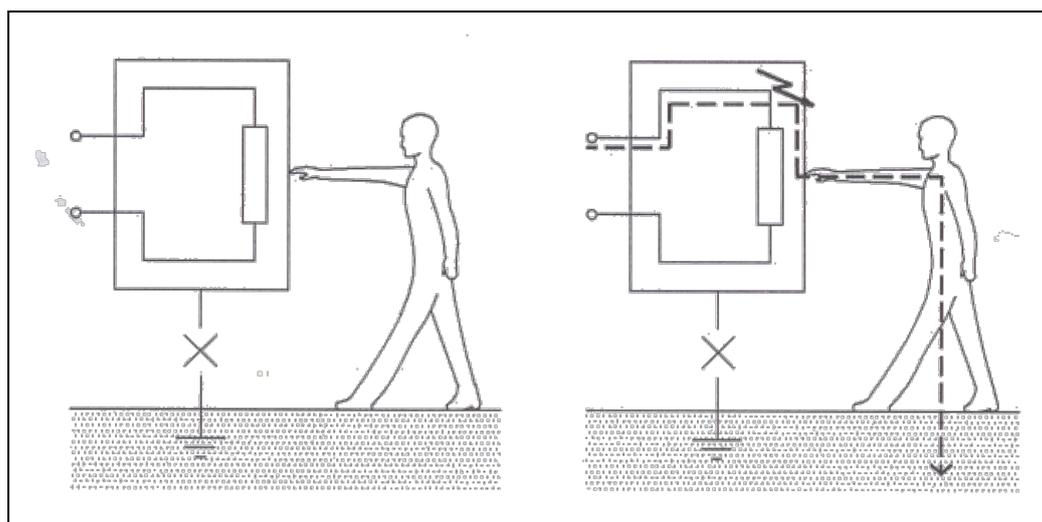
## Norma 64-8/7

### Prescrizioni per l'alimentazione

Un'apparecchiatura ad elevata corrente di dispersione è pericolosa perché, se si interrompe il conduttore di protezione, la corrente di dispersione fluisce attraverso l'operatore.

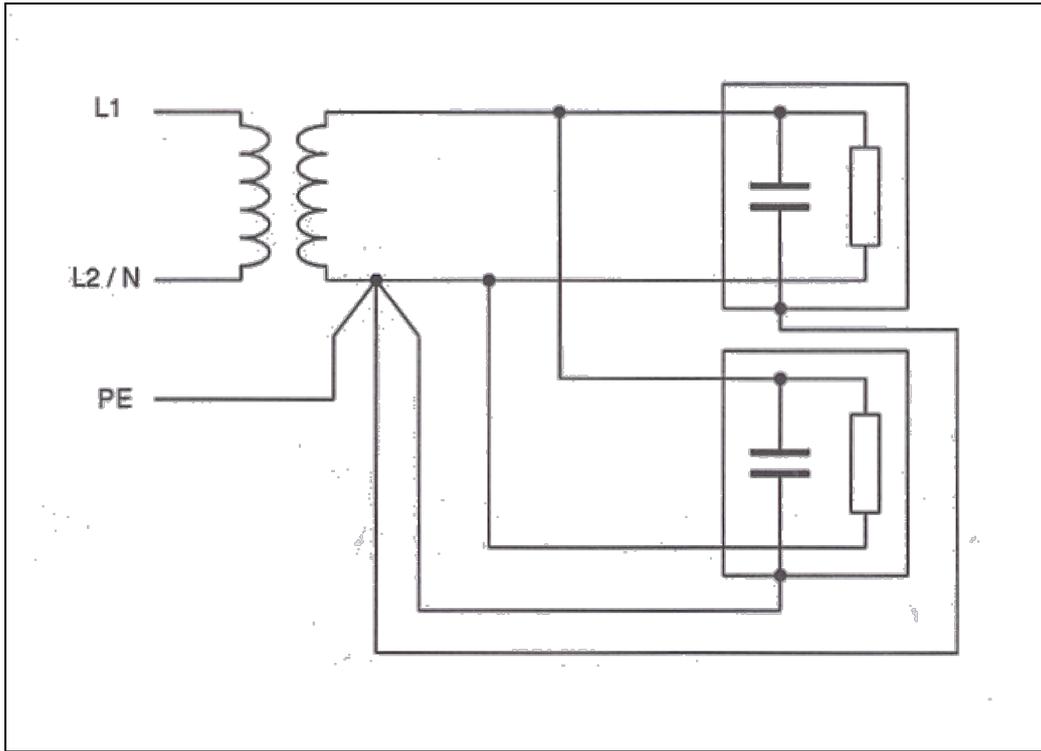


In un apparecchio ordinario invece, l'interruzione del conduttore di protezione è pericolosa solo in caso di guasto a terra.



Quando la corrente di dispersione supera 10 mA occorre mettere in atto uno dei seguenti sistemi di protezione:

- Elevata affidabilità del collegamento a terra
- Sorveglianza della continuità del conduttore di protezione
- Alimentazione delle apparecchiature mediante un trasformatore. Il trasformatore evita che la corrente di dispersione si chiuda verso terra e possa quindi costituire un pericolo per le persone



alimentazione tramite trasformatore