

CAPITOLO 9

INTRODUZIONE AGLI IMPIANTI ELETTRICI

OBIETTIVI

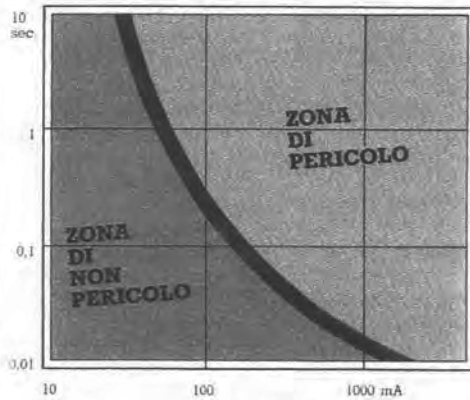
- **conoscere le problematiche relative alla pericolosità della corrente elettrica**
- **conoscere i sistemi di protezione delle persone e degli impianti**
- **conoscere le linee-guida della progettazione di un impianto elettrico**

PREREQUISITI

- **Capitoli 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8**

PERICOLOSITA' DELLA CORRENTE E SISTEMI DI PROTEZIONE

Il pericolo non è sempre uguale...



... aumenta con il valore della corrente e il tempo di contatto

La corrente elettrica provoca nel corpo umano **danni** che sono tanto **più gravi**:

- quanto **maggiore** è l'**intensità** della corrente
- quanto **maggiore** è il **tempo** di contatto

Valori di corrente I in mA	Effetti della corrente sul corpo umano
meno di 10 mA	nessun pericolo di morte
10 ÷ 50 mA	possibile morte per asfissia
50 ÷ 500 mA	possibile morte per danni al cuore
oltre 500 mA	possibile morte per paralisi dei centri nervosi

RESISTENZA DEL CORPO UMANO

Il corpo umano ha una sua resistenza elettrica che varia da persona a persona. Possiamo comunque assumere come resistenza del corpo umano, nel caso più sfavorevole, il valore $R_U=2K\Omega$

SOGLIA DI PERICOLOSITA' DELLA CORRENTE

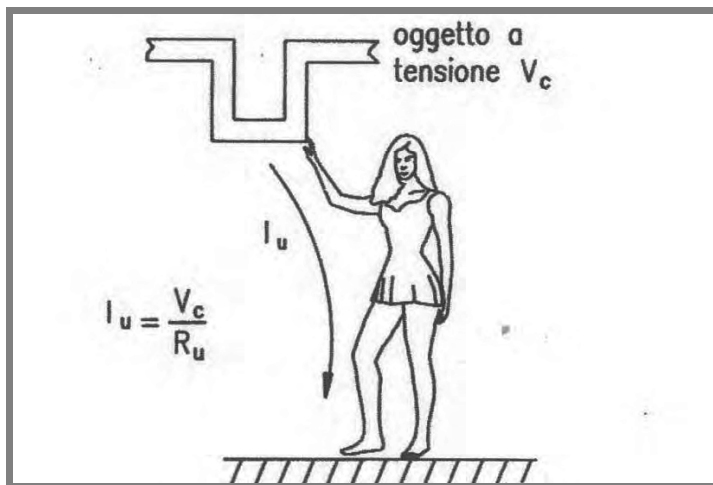
Possiamo considerare come **soglia di pericolosità della corrente** il valore di **30mA** (che è sopportabile per 0,5 sec).

Perciò, un interruttore che apra automaticamente il circuito appena il corpo umano viene sottoposto a una corrente maggiore di 30mA, costituisce una protezione fondamentale.

Questo dispositivo è l'**interruttore differenziale** o **salvavita**.

TENSIONE DI CONTATTO

La tensione di contatto V_C è la tensione dell'oggetto (cavo o dispositivo elettrico) con il quale il corpo entra in contatto.



La corrente I_U che attraversa il corpo umano quando è sottoposto alla tensione di contatto è data da:

$$I_U = \frac{V_C}{R_U}$$

$$I_U = \frac{V_{RETE}}{R_U} = \frac{230}{2000} = 115 \text{ mA} \quad \text{valore pericoloso!}$$

Quando la tensione di contatto è la tensione di rete, il corpo viene attraversato da una corrente di intensità mortale anche se agisce per pochi decimi di secondo. Nasce quindi la necessità di ricorrere a **sistemi di protezione**

SISTEMI DI PROTEZIONE DELLE PERSONE

- **isolamento** delle **parti attive** dell'impianto
- protezione mediante **involucri** e barriere
- impianti di **messa a terra**
- **interruttori differenziali**¹

SOGLIA DI PERICOLOSITA' DELLA TENSIONE

A una corrente di 30 mA, ritenuta non pericolosa, corrisponde una tensione di contatto² di 60V.

Tuttavia, per motivi precauzionali, viene assunto come **massimo valore di tensione alternata non pericolosa** quello di **25V**

Per le tensioni continue invece il massimo valore di tensione non pericolosa è fissato a 60V.

La corrente **alternata** alle **frequenze industriali** adottate di 50 e 60 costituisce un **pericolo maggiore** in quanto è in grado di indurre **spasmi muscolari** e cardiaca, mentre gli effetti neuroeccitanti (causa di contrazioni e percezione della *scossa*) della corrente continua sono inferiori³. Perciò l'organismo umano può tollerare valori più elevati di corrente continua.

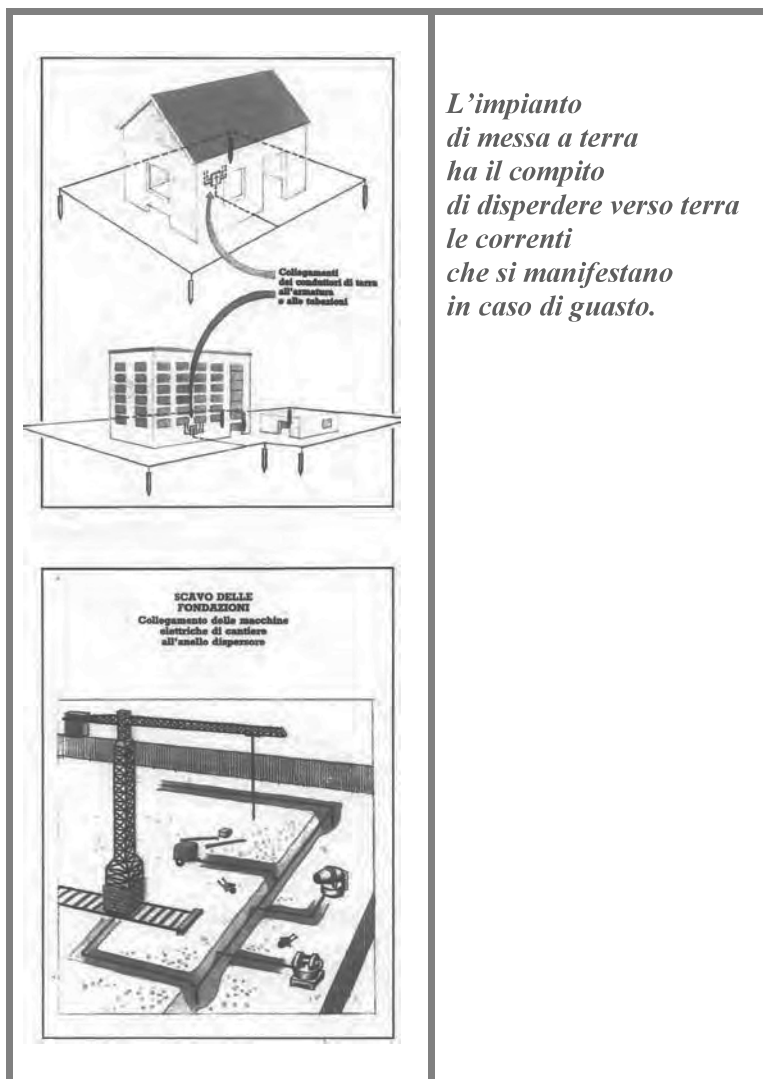
..

¹ L'interruttore magnetotermico è un organo di protezione non delle persone, ma dell'impianto

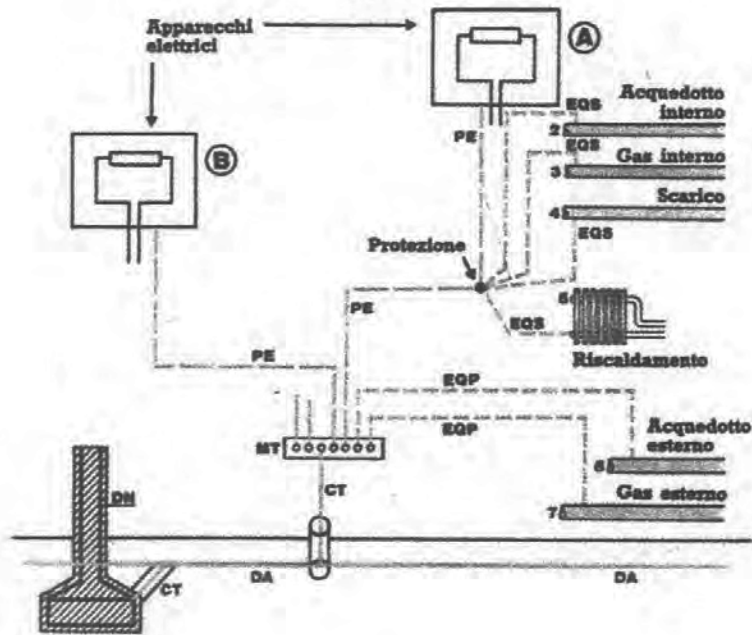
² $V_c = R_v \cdot I_{Unp} = 2000 \cdot 0,03 = 60V$

³ poiché le cellule sottoposte ad uno stimolo continuo manifestano un effetto di accomodamento, per cui la soglia di eccitabilità aumenta con il tempo



IMPIANTO DI MESSA A TERRA



Esempio dei collegamenti di un impianto di terra



LEGENDA

- DA: Dispersore (artificiale)
- DN: Dispersore (naturale)
- CT: Conduttore di terra
- Nota: tratto di conduttore nudo —
- tratto di conduttore non in
- intimo contatto col terreno  
- MT: Collettore di terra
- PE: Conduttore di protezione
- EQP: Conduttori equipotenziali: principali
- EQS: Conduttori equipotenziali: supplementari
- (in locale da bagno)
- A-B: Masse
- 2,3,4,5,6,7: Masse estranee

ORGANI DELL'IMPIANTO ELETTRICO

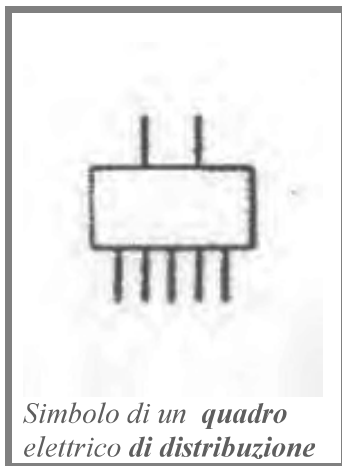
QUADRO ELETTRICO

E' un **nodo di distribuzione** dell'energia elettrica.

Può essere racchiuso in armadi, in banchi, in piccoli contenitori ed è dotato di pulsanti, spie, indicatori e strumenti di misura.

Si configura come un **complesso di apparecchiature** che ha le funzioni di:

- **smistamento** delle linee di alimentazione verso gli utilizzatori
- **centralizzazione** dei dispositivi di comando e misura.



ORGANI DI INTERRUZIONE

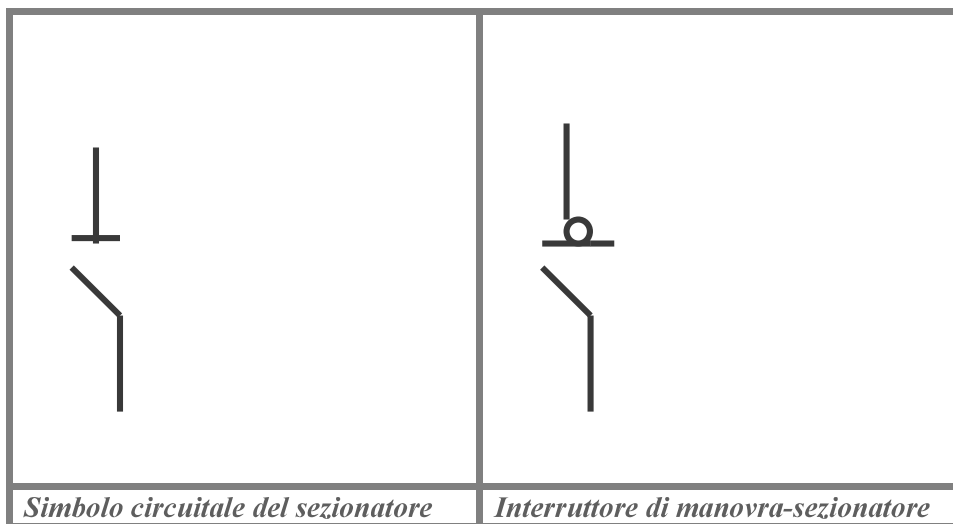
SEZIONATORE

E' un organo che ha la funzione **di effettuare l'apertura di un circuito**, attraversato da **corrente trascurabile**, **separando due punti** elettricamente connessi, in modo che, nella posizione di "aperto":

- **non vi sia più continuità metallica** fra i due punti
- il sezionamento sia **visibilmente evidente**
- siano **escluse le richiusure involontarie**

Il sezionatore quindi deve essere in grado di:

- **condurre** in modo *continuativo* un determinato valore della *corrente* di normale *funzionamento*
- **condurre** per un tempo specificato un determinato valore della corrente di funzionamento anormale



I sezionatori sono impiegati per isolare parti dell'impianto elettrico al fine di effettuare **in completa sicurezza riparazioni e manutenzione.**

Il sezionatore differisce dall'interruttore perché **non è in grado di mantenere la corrente di carico.**

Il sezionatore quindi effettua l'**interruzione** di un circuito elettrico quando il circuito è **senza carico** cioè quando **non** è percorso da corrente (o è percorso da correnti trascurabili).

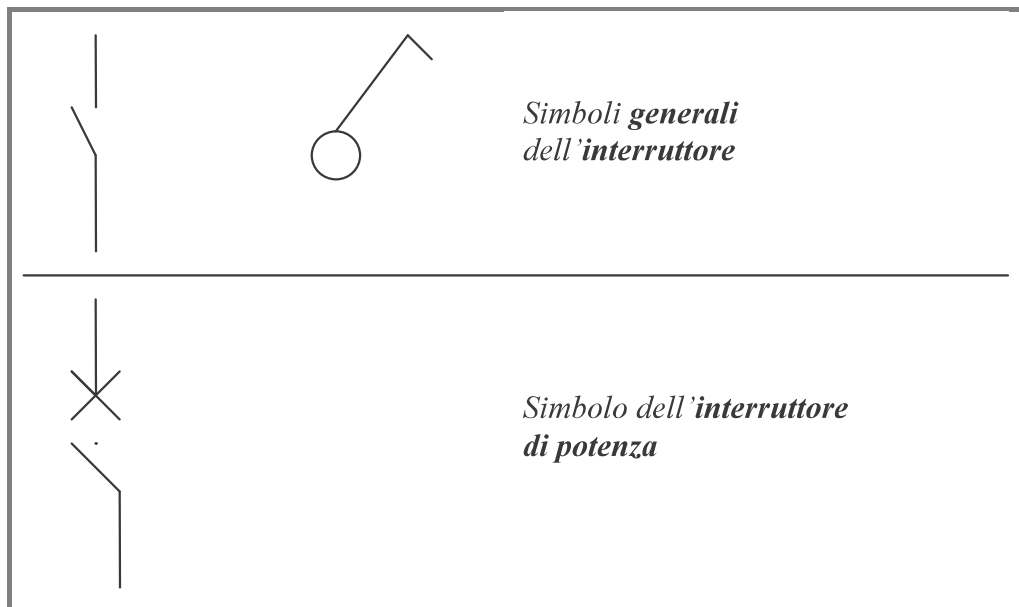
INTERRUTTORE

È un organo che effettua l'**interruzione o la chiusura di un circuito** elettrico **SOTTO CARICO**, cioè quando il circuito è percorso da corrente sia in **condizioni normali** che in **condizioni di guasto** (fino a uno specificato valore della corrente di guasto).

L'interruttore inoltre deve essere in grado di **condurre continuamente corrente** fino a un determinato valore.

L'interruttore deve essere quindi in grado di **sopportare i fenomeni energetici** causati dall'**apertura di un circuito percorso da corrente**.

In particolare deve essere in grado di spegnere l'arco elettrico⁴:



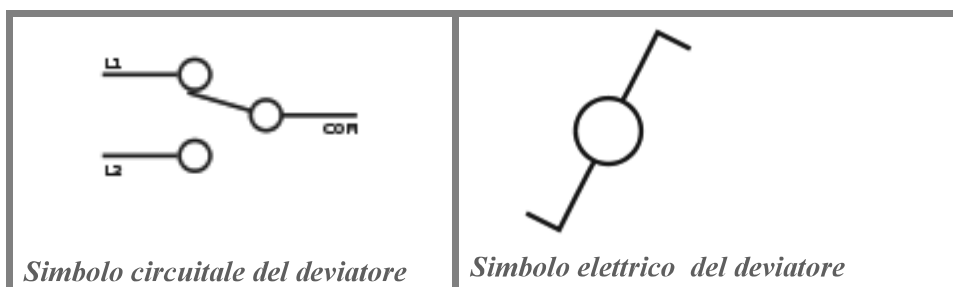
⁴ L'arco elettrico è l'indesiderata conduzione elettrica che si manifesta in un materiale normalmente isolante (come, per esempio l'aria) posto fra due elettrodi, per effetto dei seguenti fattori:

- diminuzione della superficie di contatto (dell'interruttore che si apre) con conseguente aumento di resistenza,
- riscaldamento locale per effetto Joule, fusione e vaporizzazione del metallo degli elettrodi
- emissione di elettroni da parte degli elettrodi riscaldati
- ionizzazione (acquisizione o perdita di un elettrone periferico da parte dell'atomo) dell'aria in vicinanza degli elettrodi e conseguente presenza di cariche elettriche libere e ionizzazione degli atomi del metallo vaporizzato

DEVIATORE

E' un dispositivo che, invece di interrompere il **flusso di corrente** in un cavo elettrico, come fa l'interruttore, lo **devia su un altro cavo**

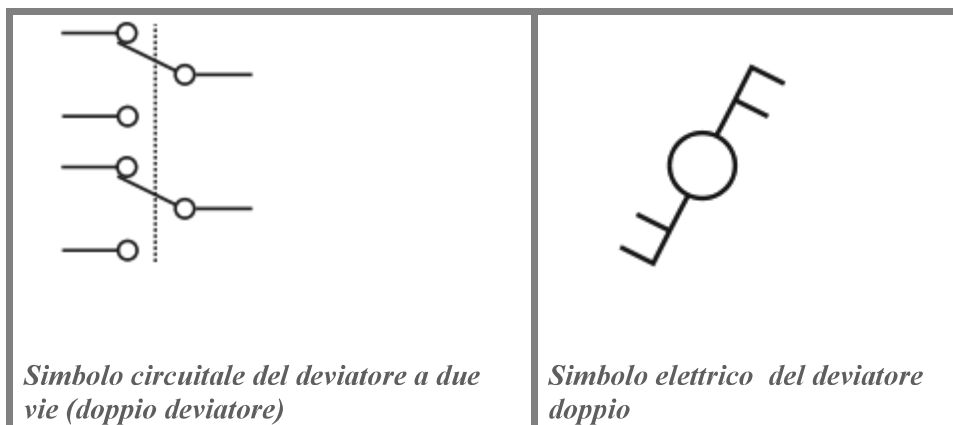
Il deviatore è quindi un organo che permette di **indirizzare la corrente** che lo attraversa **su due uscite alternative**.



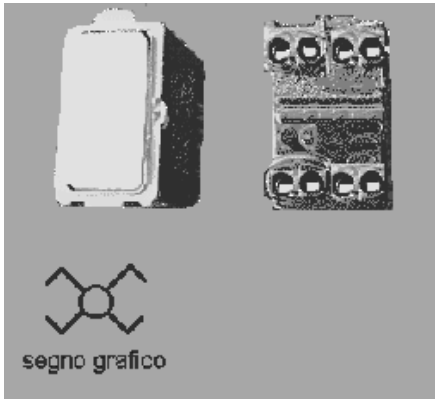
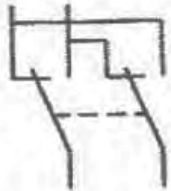
Il deviatore può servire, per esempio, a **spegnere e accendere un utilizzatore** (es. lampadina) **da due punti diversi** di un impianto.

Un'installazione che preveda appunto di comandare gli utilizzatori da due punti viene detta "impianto deviato".

Il deviatore più semplice è quello a una via. Esistono anche deviatori a due o più vie



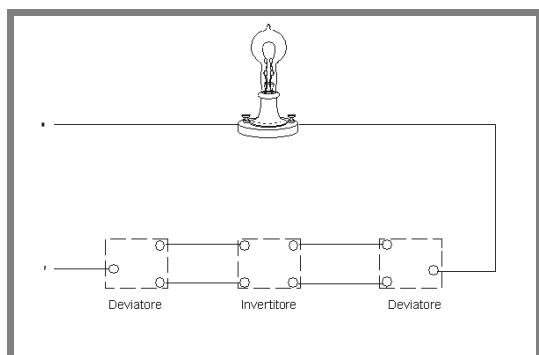
INVERTITORE

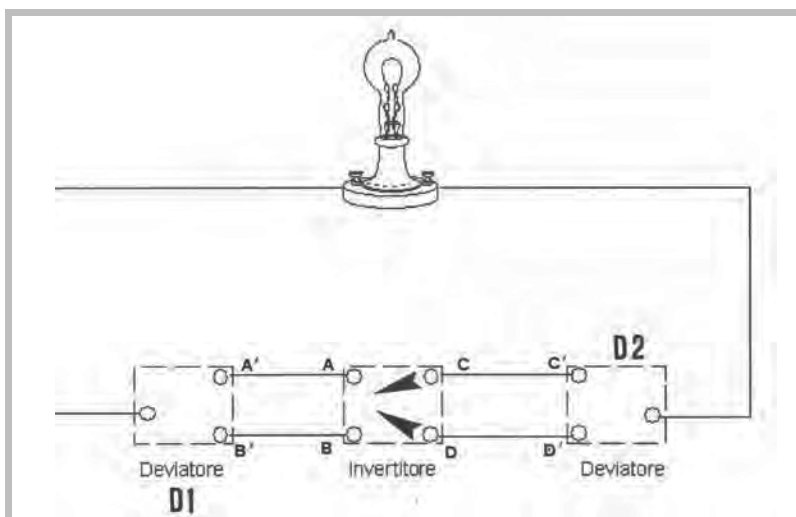
 <p>seguo grafico</p>	
<p><i>Possibile aspetto esterno e simbolo circuitale dell'invertitore</i></p>	<p><i>Altro simbolo elettrico</i></p>

L'invertitore è un apparecchio che serve a **comandare** l'utilizzatore **da almeno tre punti** e che viene installato sempre **in combinazione con due deviatori** (e posizionato fra gli stessi due deviatori).

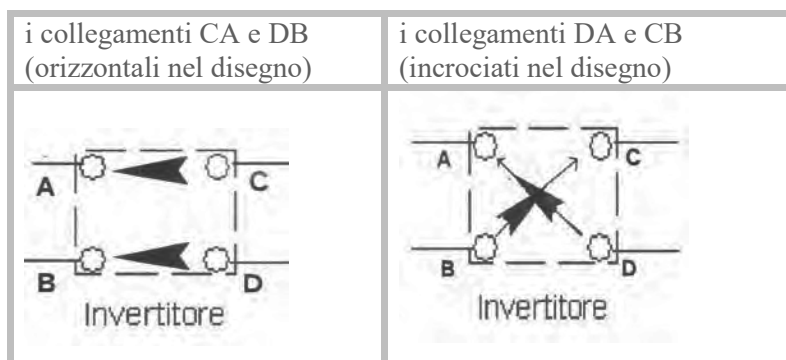
Un impianto si dice appunto "invertito" quando prevede il comando di un utilizzatore da almeno tre punti, ossia da più di due punti.

Per ogni ulteriore punto di comando (oltre i primi due) bisogna aggiungere un invertitore alla coppia di deviatori.





L'invertitore svolge la funzione d'invertire le due linee d'ingresso con le due linee d'uscita. Più esattamente l'invertitore inverte le linee A'A e B'B che entrano in esso, con le linee CC' e DD' che escono da esso⁵ stabilendo, come nella figura seguente:



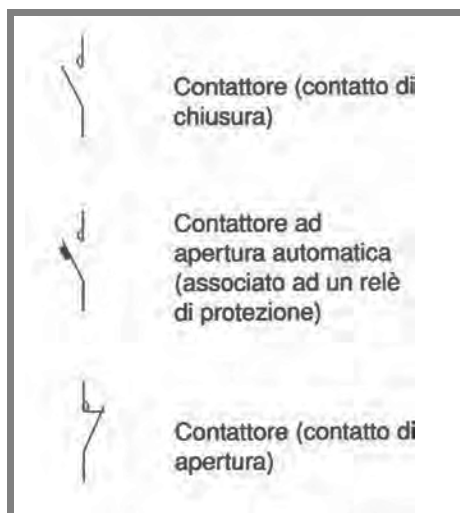
Quindi azionando l'invertitore, cioè "spostandolo" da una configurazione all'altra, si può invertire la situazione della lampadina (lampadina ON o lampadina OFF) creata dai due deviatori.

⁵ L'invertitore può collegare la linea CC' con la linea A'A oppure con la linea B'B e può collegare la linea DD' sempre con la linea A'A oppure con la linea B'B

CONTATTORE o TELERUTTORE

Il contattore è un dispositivo destinato ad **aprire e chiudere i circuiti** sia in **condizioni normali** (fino a un certo valore di corrente), sia in condizioni di **sovraccarico**, ma non in condizioni di guasto. E' caratterizzato dal fatto che (**contrariamente all'interruttore**) può permanere nella **posizione di chiuso** solo in presenza dell'azione di comando, che generalmente è di tipo elettromagnetico. La posizione di **chiuso** cioè è **instabile** perché si conserva finché dura l'azione di comando, dopodiché i contatti si aprono. Ha *una sola posizione stabile* che è quella di **aperto** (mentre l'interruttore ha due posizioni stabili: aperto e chiuso).

E' in grado inoltre di lavorare con **elevata frequenza di manovra**.

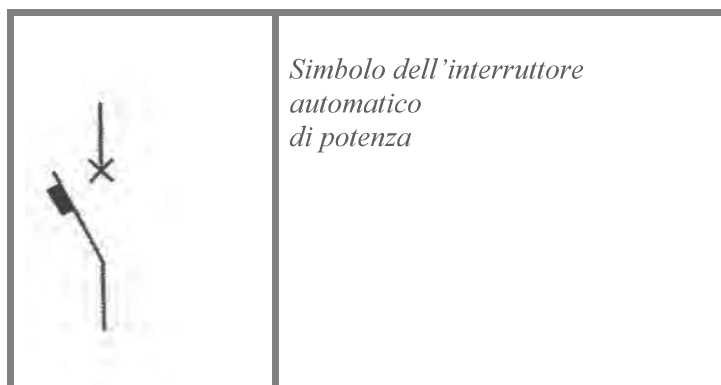


ORGANI DI PROTEZIONE (INTERR. AUTOMATICI E FUSIBILI)

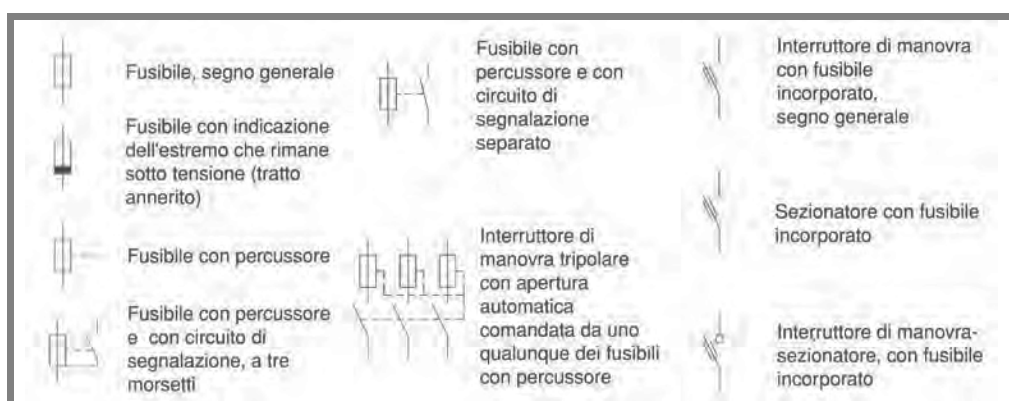
Gli organi di protezione sono dispositivi che intervengono **quando si manifestano anomalità** di funzionamento del circuito stesso.

Gli organi di protezione sono essenzialmente:

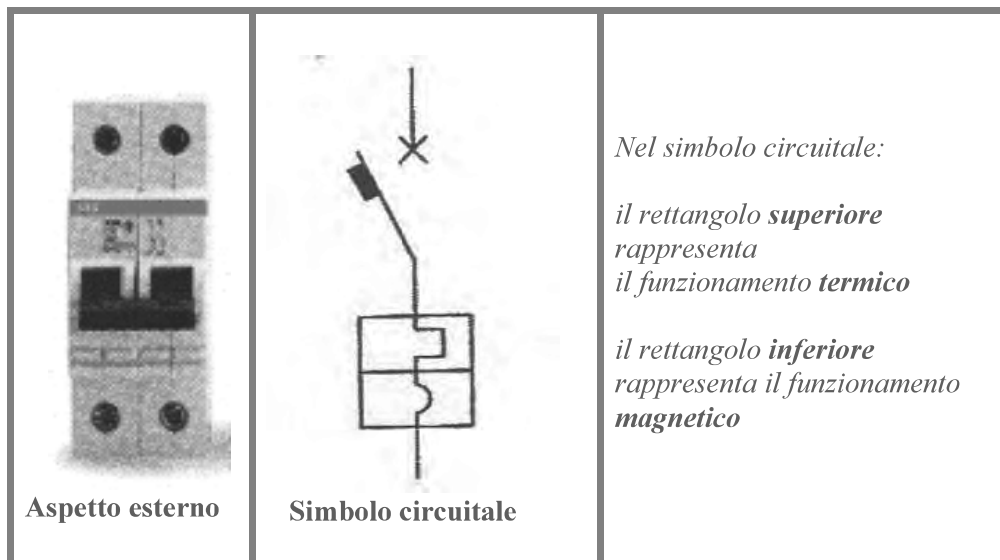
- ❖ gli **INTERRUTTORI AUTOMATICI**, che sono anche organi di MANOVRA e che, negli impianti domestici, sono:
 - l'interruttore magnetotermico (contro cortocircuiti e sovraccarichi)
 - l'interruttore differenziale o salvavita (contro le correnti di dispersione verso terra)



- ❖ i **FUSIBILI**, o valvole fusibili, (che agiscono, come l'interruttore magnetotermico, contro cortocircuiti e sovraccarichi)



INTERRUTTORE AUTOMATICO MAGNETOTERMICO, CORTOCIRCUITO E SOVRACCARICO



Il nome di interruttore magnetotermico deriva dal fatto che quest'organo protegge (come il **fusibile**) nei confronti di fenomeni che determinano un surriscaldamento dei cavi (fenomeni contro i quali l'interruttore differenziale o salvavita non agisce). Questi fenomeni sono:

- il **CORTOCIRCUITO**, che è un **contatto accidentale** fra due **conduttori a potenziale diverso**, contatto che può verificarsi per effetto dell'**isolamento danneggiato**. Si ha cortocircuito quando i due conduttori (es. fase e neutro), fra i quali in condizioni normali c'è una ddp non nulla, entrano in contatto attraverso un'impedenza trascurabile. La corrente allora assume un valore molto maggiore della portata dei cavi. Questa corrente di corto circuito assume valori elevati perché è limitata solo dall'impedenza (molto piccola) del tratto di linea a monte del punto di guasto. La corrente di cc determina una **sovratemperatura** che **danneggia i cavi e le apparecchiature poste a monte del punto di guasto**: la corrente di cortocircuito è una corrente **notevolmente maggiore** della corrente nominale.
- il **SOVRACCARICO** si determina per il collegamento simultaneo di **troppi utilizzatori**, che richiede una **corrente superiore al la portata** dei cavi, che perciò si **surriscaldano**; la corrente di sovraccarico è una corrente **maggiore** della corrente nominale.

L'interruttore magnetotermico è un apparecchio di manovra, per la protezione dei circuiti⁶, che effettua le operazioni di apertura e chiusura di un circuito. L'apertura dell'interruttore è effettuata da uno di due **relé** (facente parte dell'apparecchiatura):

- un relé magnetico (a bobina su nucleo ferromagnetico) che agisce in caso di cortocircuito
- un relé termico (a lamina bimetallica) che agisce in caso di sovraccarico

L'interruttore è caratterizzato dalla **tensione nominale**, cioè dalla tensione del suo normale utilizzo (assegnata dal costruttore). Per i circuiti domestici è di 230 volt. La sua **corrente nominale (In)** è invece quella che può circolare senza problemi a una certa temperatura ambiente (indicata sulla targa se diversa da 30°C).

Le **correnti nominali** in uso hanno i seguenti valori espressi in *ampere*:

6	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----


Le modalità di intervento magnetico sono tre in base ai limiti della corrente di intervento (riferiti alla corrente nominale In) in caso di cortocircuito:

TIPO	LIMITI DELLA CORRENTE DI INTERVENTO
B	3In --- 5In
C	5In --- 10In
D	10In --- 20In

Il tipo B interviene per più basse correnti.

⁶ Mentre l'interruttore differenziale o salvavita è per la protezione delle persone

INTERRUTTORE DIFFERENZIALE (SALVAVITA) E CORRENTI DI DISPERSIONE VERSO TERRA

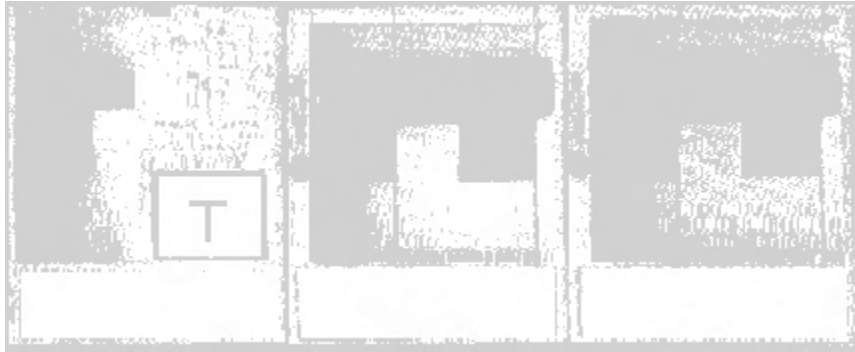
 <p><i>Simbolo circuitale</i></p>	<p><i>L'interruttore differenziale ha la funzione di interrompere il circuito quando si verifica una dispersione verso terra. L'interruzione deve avvenire prima che si determinino danni alle persone.</i></p> <p><i>Questo interruttore è sensibile allo squilibrio di corrente che si produce in occasione di una dispersione verso terra.</i></p> <p><i>Un interruttore differenziale è caratterizzato da una corrente differenziale di intervento.</i> <i>Se, per esempio la corrente differenziale di intervento è di 30mA, esso apre il circuito appena la corrente di dispersione verso terra raggiunge i 30 mA</i></p>
---	---

L'interruttore differenziale ha la funzione di interrompere il circuito quando si verifica una dispersione verso terra. L'interruzione deve avvenire prima che si determinino danni alle persone.

Questo interruttore è sensibile allo squilibrio di corrente che si produce in occasione di una dispersione verso terra.

Un interruttore differenziale è caratterizzato da una corrente differenziale di intervento. Se, per esempio la corrente differenziale di intervento è di 30mA, esso apre il circuito appena la corrente di dispersione verso terra raggiunge i 30 mA.

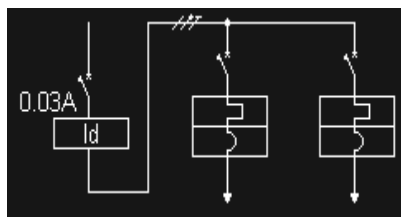
INTERRUTTORE DIFFERENZIALE CON DUE MAGNETOTERMICI



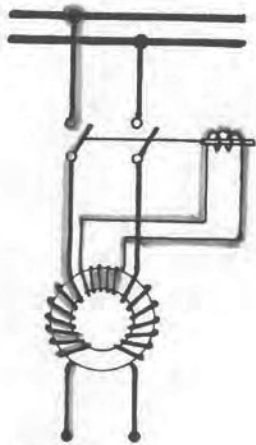
Il primo interruttore, generale (a sinistra nella foto), è il **T**, conosciuto comunemente come **salvavita**, e si individua facilmente per la **presenza di un pulsante**, utile per la **manutenzione**, contrassegnato con la lettera **T**

interruttore di tipo **1**, con cui si comandano e si proteggono i circuiti luce e i circuiti che alimentano le

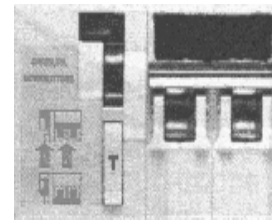
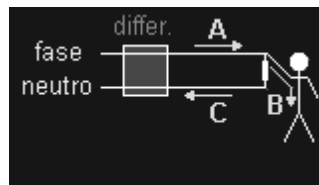
interruttore di tipo **2**, con cui si comandano e si proteggono i circuiti luce e i circuiti che alimentano le



schema elettrico corrispondente ai tre interruttori.



schema di principio dell'interruttore differenziale



INTERRUTTORI MAGNETOTERMICI-DIFFERENZIALI



Esistono anche interruttori **magnetotermici-differenziali** che racchiudono in un solo componente anche gli magnetici e termici.

TIPOLOGIE COSTRUTTIVE

TIPO	DESCRIZIONE
AC	solo per correnti di guasto sinusoidali
A	anche per correnti di guasto pulsanti
B	anche per correnti di guasto continue

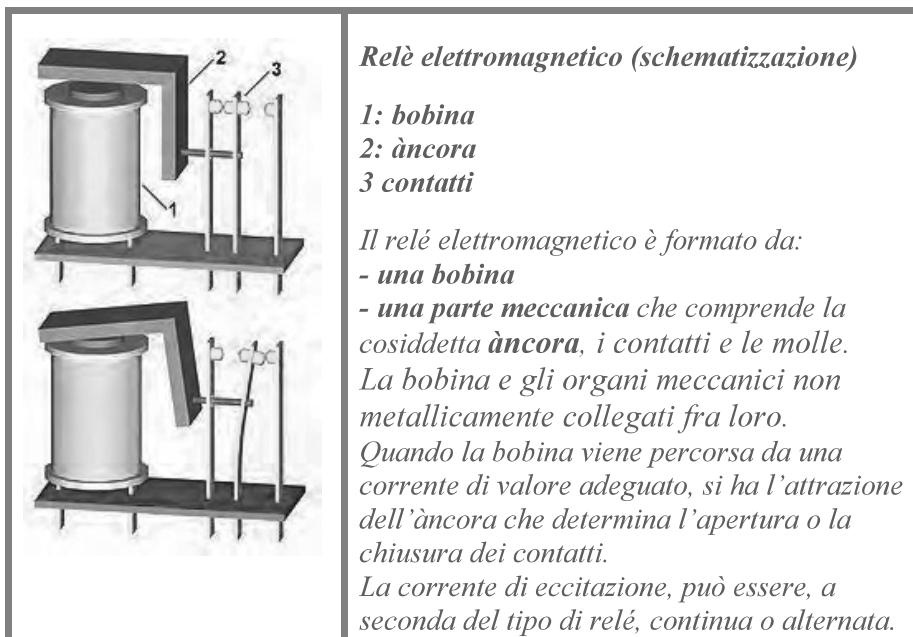
RELE'

Sono organi che permettono di **azionare in modo automatico** gli **interruttori** per effetto di una **grandezza di comando**.

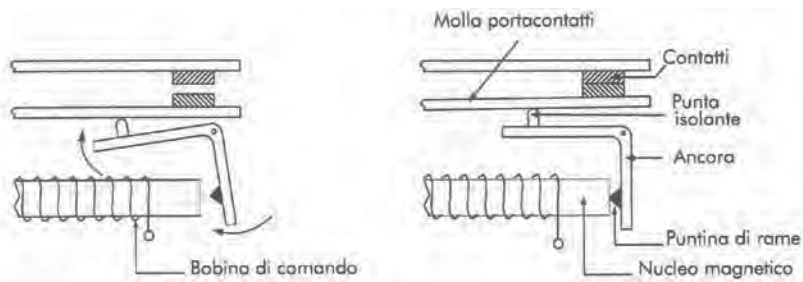
La grandezza di comando, normalmente, è la **corrente** che percorre una bobina di eccitazione oppure la **tensione** che viene applicata ai capi della bobina (si parla in questo caso di **relé elettromagnetici** o **elettromeccanici**).

Esistono però anche **relé termici**, per i quali la **grandezza di comando** è la **dilatazione termica**, cioè la dilatazione per effetto del calore, di un elemento percorso da corrente.

Il complesso di un relé elettromagnetico e di un relé termico prende il nome di relé magnetotermico.



Relè elettromagnetico



A sinistra: la bobina non è percorsa da corrente, l'ancora è in posizione di riposo e i contatti sono aperti

A destra: la bobina è percorsa da corrente, l'ancora spinge le molle che chiudono i contatti

CLASSIFICAZIONE DEI RELE'

(in relazione al verso della grandezza di eccitazione della bobina)

- relè **NEUTRO**: il **passaggio** dei contatti da una **posizione all'altra** è **indipendente** dal verso della grandezza di eccitazione della bobina
- relè **POLARIZZATO**: il **passaggio** dei contatti da una posizione all'altra **dipende** dal verso della grandezza di eccitazione della bobina.

CLASSIFICAZIONE DEI RELE'

(in relazione al diverso comportamento in presenza della corrente di eccitazione della bobina)

- relè **PASSO-PASSO** o **CICLICI**
- relè **MONOSTABILI**
- relè **BISTABILI**
- relè **A TEMPO** o **RITARDATO** (temporizzatore).

RELE' PASSO-PASSO o CICLICO

Questo relè commuta ad ogni impulso che arriva dalla bobina e i contatti rimangono nella posizione assunta all'arrivo dell'ultimo impulso fino a all'applicazione di un successivo impulso.

Se, per esempio, il contatto è chiuso, con l'invio di un impulso alla bobina, il contatto si apre e rimane aperto anche una volta che l'impulso sia terminato. All'arrivo di un ulteriore impulso, il contatto si richiude.

La struttura del relé passo-passo prevede la presenza di un albero a camme che, ad ogni eccitazione della bobina, apre i contatti se sono chiusi e li chiude se sono aperti.

Esistono più tipologie di relé passo-passo:

- relé passo-passo a interruttore unipolare
- relé passo-passo a interruttore bipolare
- relé passo-passo a deviatore
- relé passo-passo a commutatore con sequenza a quattro passi (un passo per ogni impulso)
- relé passo-passo a deviatore con sequenza a quattro passi (un passo per ogni impulso).

RELE' MONOSTABILE

E' caratterizzato dal fatto che (contrariamente a quanto avviene per il passo-passo) i contatti rimangono nella posizione commutata, cioè nella posizione determinata dall'impulso, solo durante l'applicazione dell'impulso, cioè solo durante l'eccitazione della bobina.

Appena l'impulso cessa, e termina lo stato di eccitazione della bobina, i contatti ritornano nella posizione di riposo, cioè nella posizione che avevano prima dell'applicazione dell'impulso.

Il funzionamento di questo relé è caratterizzato quindi:

- da una posizione instabile, o posizione "commutata" (contatti chiusi), che viene mantenuta soltanto nel corso della durata dell'impulso di eccitazione
- da una posizione di riposo (contatti aperti), che è la posizione stabile sulla quale i contatti si portano al termine degli impulsi di eccitazione e sulla quale permangono in assenza di impulsi.

RELE' BISTABILE

Il relé monostabile possiede, come indica il nome, un solo stato stabile, cioè un solo stato in grado di perdurare anche dopo la fine dell'impulso che lo ha determinato, stato stabile che è quello di riposo (contatto aperto), mentre lo stato commutato (contatti chiusi) è instabile in quanto cessa appena l'impulso che lo ha determinato si esaurisce. Nel relé bistabile invece entrambi gli stati (contatto aperto e contatto chiuso) sono stabili e quindi perdurano anche una volta esauritosi l'impulso che li ha determinati. Nel relé bistabile vi sono due bobine, ciascuna delle quali, eccitandosi, può determinare uno solo dei due stati e non l'altro:

- lo "stato 1" nasce solo quando viene applicato un impulso di eccitazione alla bobina B1, si mantiene inalterato anche dopo che l'impulso di B1 si è esaurito e ha termine solo quando un impulso applicato all'altra bobina (B2) porta il relé nello stato 2; se, mentre il relé è nello stato 2, viene nuovamente applicato un impulso a B1, ritorna lo stato 1.
- lo "stato 2" ha inizio solo quando viene applicato un impulso di eccitazione alla bobina B2, persiste anche dopo che l'impulso di B2 si è estinto e ha termine solo quando un impulso applicato alla prima bobina (B1) porta il relé nello stato 1; se, mentre il relé è in stato 1, viene nuovamente applicato un impulso a B2, ritorna lo stato 2.

RELE' A TEMPO o RITARDATO (temporizzatore)

E' caratterizzato dal fatto che i tempi di attrazione o di rilascio dell'ancora sono resi più lunghi di quanto necessario al normale funzionamento.

L'UTENZA DOMESTICA: FASE E NEUTRO

Il trasporto dell'energia elettrica con il sistema trifase a stella può essere effettuato in due modi:

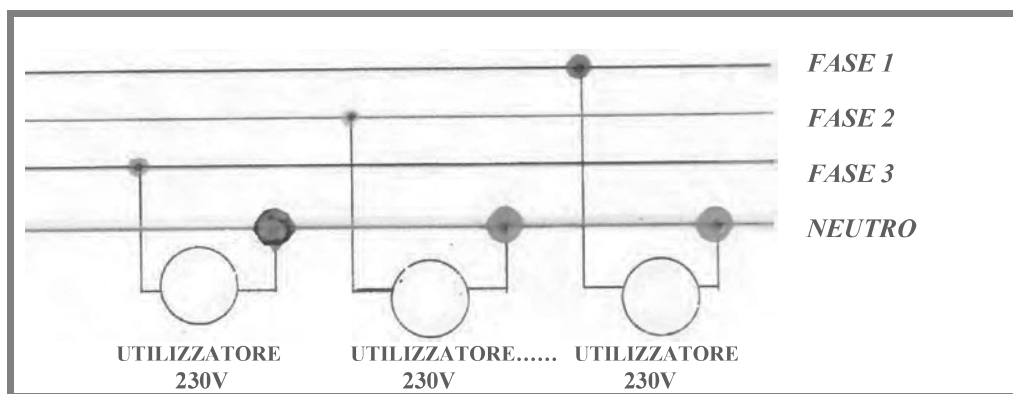
- o usando solo i tre terminali di fase (L1, L2, L3)
- o a quattro fili usando sia i tre terminali di fase (L1, L2, L3) sia il neutro, collegato al centro-stella

Nella distribuzione di energia elettrica a scopo misto di illuminazione, forza motrice e riscaldamento (e quindi fino alle cabine MT/BT) è utilizzata la configurazione trifase con neutro (cioè a quattro fili).

La distribuzione dell'energia elettrica per usi industriali utilizza il sistema trifase perché le grosse macchine elettriche usano questo tipo di sistema.

La distribuzione dell'energia elettrica per **usi civili** usa il sistema **MONOFASE** che viene ottenuto dal "sistema trifase con neutro" collegando il circuito utilizzatore **fra** una **fase** (una qualunque delle tre⁷) e il **neutro**. Tra la fase e il neutro c'è una tensione alternata, detta tensione "stellata", o tensione "di fase" con valore efficace di **230V**.

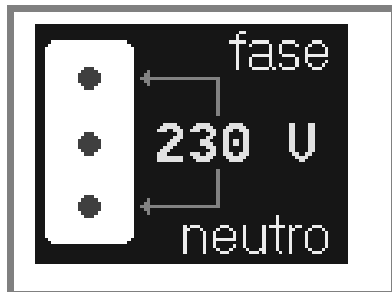
Nelle nostre case la linea di distribuzione arriva quindi con soli **due fili**.



⁷ Le forniture agli utenti monofase sono distribuite tra le tre fasi in modo da equilibrare statisticamente gli assorbimenti ed ottimizzare il trasporto. Le correnti di ritorno dai neutri delle abitazioni si compensano mediamente in modo da fare tendere a zero la corrente di neutro verso il trasformatore presente in cabina.

INDIVIDUAZIONE DEL FILO NEUTRO

- il neutro è un **conduttore** di colore **azzurro**.
- Per individuare il neutro si può usare un cercafase. Il **neutro** è il **solo** conduttore che, testato, **non** fa **illuminare** il cercafase (il filo di fase invece lo fa illuminare).



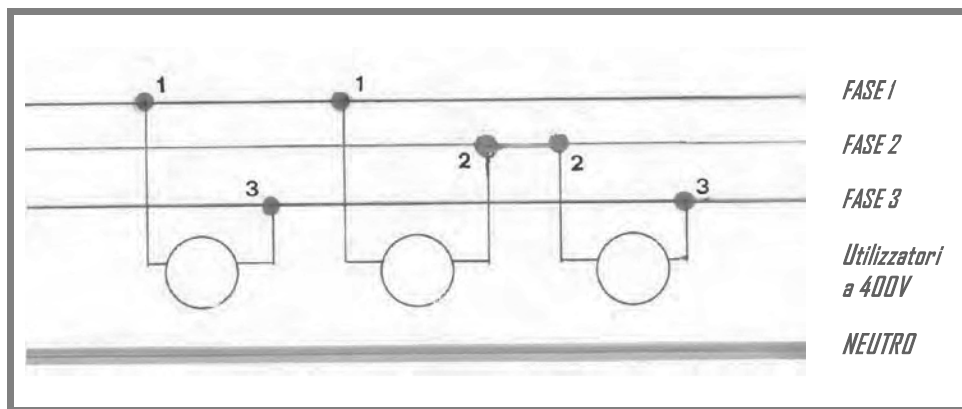
Se accadesse che il **cercafase s'illumina** su **entrambi i cavi**, significa che **non c'è neutro** e quindi in nessun caso verrà usato un conduttore di colore azzurro. Quando si verifica questa situazione? In alcune zone di Italia si utilizza un tipo di distribuzione trifase con tensioni concatenate, cioè con ddp tra fase e fase⁸, di 230 volt (anziché 380V), per cui la **tensione fase-neutro** risulta di **133 Volt** (anziché 230V). In questi casi, per fornire comunque 230 volt all'utenza, nelle abitazioni vengono portati due conduttori di fase (tensione concatenata) invece di una fase e neutro.

⁸ e non fra fase e neutro

DISTRIBUZIONE ELETTRICA PER USO INDUSTRIALE

La distribuzione dell'energia elettrica per usi industriali utilizza il sistema trifase perché le grosse macchine elettriche usano questo tipo di sistema.

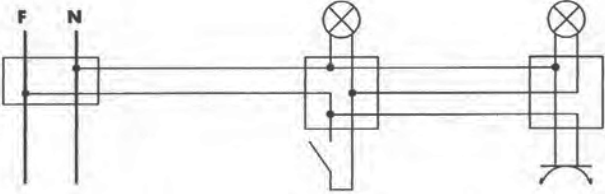
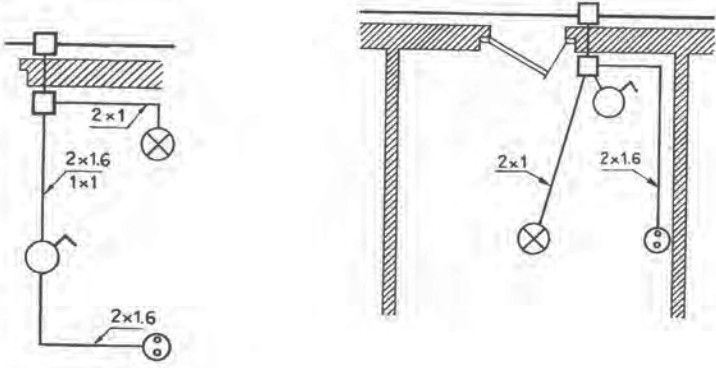
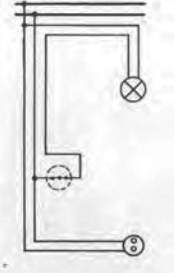
Gli utilizzatori sono collegati **fra due fasi** e ai capi di ciascuno di essi è presente una tensione **concatenata** di **400V**



COME SI DESCRIVE UN IMPIANTO ELETTRICO

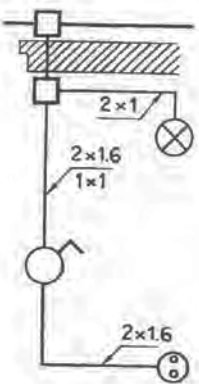
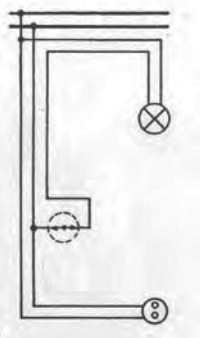
CLASSIFICAZIONE DEI POSSIBILI SCHEMI IN BASE AL MODO DI RAPPRESENTAZIONE

- **Schema ORDINARIO:** le apparecchiature **non sono disposte in base all'effettiva disposizione topografica**, ma **nel modo che rende più semplice la rappresentazione** delle connessioni.
- **Schema DI MONTAGGIO:** mostra le diverse **connessioni** fra gli elementi di un impianto rispettando le **posizioni reciproche**, indicando la **distribuzione e il tipo dei conduttori** e mettendo in rilievo i **terminali** e le **morsettiere**.
- **Schema TOPOGRAFICO:** i vari elementi dell'impianto o della parte di impianto sono rappresentati rispettando la loro **posizione reciproca**. I **conduttori** sono raggruppati in **cavetti**. Per ogni cavetto sono indicati il **numero** e la **sezione dei conduttori**; serve all'installatore per **conoscere quali apparecchiature** occorrono e la **sezione dei fili**.
- **Schema FUNZIONALE o di PRINCIPIO:** descrive **concettualmente** l'impianto, raffigurando – se possibile - i vari elementi nell'ordine in cui intervengono nella normale sequenza di funzionamento.

Tipo di schema	ESEMPI
<p align="center">Schema DI MONTAGGIO</p>	
<p align="center">Schemi TOPOGRAFICI</p>	
<p align="center">Schema FUNZIONALE o di PRINCIPIO</p>	

CLASSIFICAZIONE DEGLI SCHEMI IN BASE ALLA RAPPRESENTAZIONE DEI CONDUTTORI

- Schema UNIfilare
- Schema MULTIfilare

Tipo di schema	Utilizzazione
	<p>Schema UNIFILARE</p> <p>Tutti i conduttori di un sistema a due o più linee sono rappresentati con una sola linea.</p> <p>Serve all'installatore per conoscere quali apparecchiature occorrono e la sezione dei fili</p>
	<p>Schema BIFILARE o MULTIFILARE</p> <p>Ciascun conduttore è indicato con una sua specifica linea</p>

IL PROGETTO DI UN IMPIANTO ELETTRICO

PREMESSE

1. FATTORE DI CONTEMPORANEITÀ' K_C

Non tutti gli utilizzatori (lavatrice, ferro da stiro ecc.) dell'impianto elettrico sono simultaneamente attivi, perciò è definito un "coefficiente di contemporaneità":

K_c = fattore di contemporaneità = $\frac{\text{effettiva potenza totale assorbita (P}_t\text{)}}{\text{somma delle potenze dei singoli utilizzatori (potenza massima)}}$

$$K_c = \frac{P_t}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

E' sempre: $K_c \leq 1$

Nel caso limite in cui tutte le utenze funzionano contemporaneamente: $K_c = 1$

2. FATTORE DI UTILIZZAZIONE K_U

Alcuni utilizzatori possono non essere utilizzati alla loro piena potenza (cioè alla potenza nominale P_N), ma alla “potenza massima richiesta” che è minore, o, al limite, uguale alla potenza nominale.

Perciò viene definito un “fattore di utilizzazione”:

$$K_U = \text{fattore di utilizzazione} = \frac{\text{effettiva potenza massima richiesta } (P_M < P_N)}{\text{potenza nominale } (P_N) \text{ installata}}$$

$$K_U = \frac{P_M}{P_N}$$

E' sempre: $K_U \leq 1$

IL DIMENSIONAMENTO

- Calcolo della **potenza installata presunta**
- Calcolo della **potenza convenzionale o potenza impegnata**
- Determinazione della **potenza contrattuale**
- Scelta del **numero dei *circuiti* di distribuzione**
- Dimensionamento del **centralino di distribuzione**
- Dimensionamento della **portata dei cavi**
- Determinazione delle **dotazioni impiantistiche** previste
- **Disegno degli schemi elettrici** e di piani di installazione
- **Verifica** del corretto dimensionamento

CALCOLO DELLA POTENZA INSTALLATA PRESUNTA

La potenza installata presunta può essere calcolata:

- o come **somma** delle **potenze nominali** assorbite dalle **utenze** previste per l'appartamento
- o in base a **tabelle** (come quella seguente) che forniscono la potenza attiva *non* in relazione al *funzionamento effettivo*, ma in base:
 1. alla **superficie** dell'appartamento (ai fini della potenza destinata all'illuminazione)
 2. al **numero dei locali** (ai fini della potenza destinata, per esempio, agli scaldacqua)
 3. alla **dislocazione dell'appartamento in zona urbana o rurale** (ai fini della potenza richiesta da servizi vari)

Potenza INSTALLATA PRESUNTA

Per l'illuminazione	10 W per m ² di superficie dell'appartamento col minimo di 500 W
Scaldacqua	1000 W per appartamenti fino a quattro locali 2000 W per appartamenti con oltre quattro locali
Cucina	da considerare solo se ne è prevista esplicitamente l'installazione
Servizi vari ⁽¹⁾	40 W per m ² di superficie dell'appartamento in zone urbane 20 W per m ² di superficie dell'appartamento in zone rurali

⁽¹⁾ La diffusione di nuovi tipi di utilizzatori tende a elevare e unificare questi livelli verso 50+60 W/m² per appartamenti in zone urbane e oltre 20 per appartamenti in zone rurali.

CALCOLO DELLA POTENZA CONVENZIONALE O POTENZA IMPEGNATA

La potenza **convenzionale** o potenza **impegnata** di un circuito è la **potenza attiva** per la quale deve essere dimensionato il circuito *non in base al suo effettivo funzionamento*, ma in base :

- ai **dati di targa (potenza NOMINALE) degli utilizzatori** fissi alimentati
- alla **potenza massima dei gruppi di prese** a spina collegati al circuito
- a opportuni **coefficienti** mediante i quali si tiene conto:
 - della potenza mediamente richiesta dai singoli carichi (fattore di utilizzazione k_U)
 - della **contemporaneità** di funzionamento ipotizzabile nel caso dell'alimentazione di più carichi (fattore di contemporaneità k_C)

Sussiste la relazione:

$$P_{\text{tot-conv}} = K_C \cdot \sum_{i=1}^n (P_i)$$

Potenza totale convenzionale = (fattore di contemporaneità) · (somma delle potenze dei singoli utilizzatori)

In sostanza la potenza convenzionale o potenza impegnata si ottiene dalla **potenza installata** presunta **moltiplicandola** per il **fattore** di contemporaneità **K_C** (si vedano le due tabelle seguenti).

Essendo K_C minore o uguale ad 1, la potenza convenzionale, o potenza impegnata, è **minore** della potenza installata presunta.

FATTORE K_C DI CONTEMPORANEITA'

	Servizio	Apparecchi o circuiti	Abitazione	Uffici	Negozi	Alberghi	
Campo di applicazione: edifici civili (Norme di riferimento CEI 11-11)	Illuminazione	Punti luce	0,65	0,90	0,90	0,75	
	Servizi vari	Prese a spina	0,25	0,50	0,50	0,50	
	Scaldacqua	Bollitore più potente	1	1	1	1	
			2° bollitore	0,75	0,75	0,75	0,75
			3° bollitore	0,50	0,50	0,50	0,50
			Altri	0,50	0,25	0,25	0,25
	Cucina	Apparecchio più potente	1	-	-	1	
			Altri	1	-	-	0,75
	Ascensori	Motore più potente	-	3	3	3	
			2° ascensore	-	1	1	1
			Altri	-	0,7	0,7	0,7
	Colonne montanti	1 unità d'impianto	1	-	-	-	
			2-4 unità d'impianto	0,8	-	-	-
			5-10 unità d'impianto	0,5	-	-	-
			Più di 10 unità d'impianto	-	-	-	-

FATTORE K_C DI CONTEMPORANEITA'

Campo di applicazione	Servizio	Apparecchi o circuiti	Destinazione edifici				
			abitazioni	uffici	laboratori	negoz	
Edifici civili	Illuminazione Servizi vari, scaldacqua	punti luce	0,65	0,90	—	0,90	
		prese a spina	0,25	0,50	—	0,50	
		bollitore più potente	1	1	—	1	
		secondo bollitore	0,75	0,75	—	0,75	
		terzo bollitore	0,50	0,50	—	0,50	
		altri	0,50	0,25	—	0,25	
	Cucina	apparecchio più potente	1	—	—	—	
		altri	1	—	—	—	
	Ascensori	motore più potente	—	3	—	3	
		secondo ascensore	—	1	—	1	
		altri	—	0,70	—	0,70	
	Colonne montanti	1 unità d'impianto	1	—	—	—	
		da 2 a 4 unità d'impianto	0,8	—	—	—	
		da 5 a 10 unità d'impianto	0,5	—	—	—	
		più di 10 unità d'impianto	0,4	—	—	—	
	Edifici prefabbricati e costruzioni modulari	illuminazione	punti luce	0,75	0,80	0,80	0,90
			prese a spina	0,10	0,10	0,10	0,30
		Piccola forza motrice ed usi domestici	utilizzatori fissi	0,70	0,80	0,80	0,90
			prese a spina 10A	0,20	0,10	0,10	0,10
prese a spina > 10A			0,15	0,05	0,05	0,05	
Condizionamento d'aria centralizzata		circuito di potenza	1	1	1	1	
Servizi termici centralizzati		centrale termica, centrale idrica, ecc.	0,80	0,60	0,60	0,60	
Servizi logistici		cucina, lavanderia, stireria, ecc.	—	0,70	0,70	0,70	
Elevatori (ascensori, montacarichi, ecc.)		motore più potente	3	3	3	3	
		secondo motore	1	1	1	1	
		altri	0,70	0,70	0,70	0,70	

CALCOLO DELLA POTENZA CONTRATTUALE

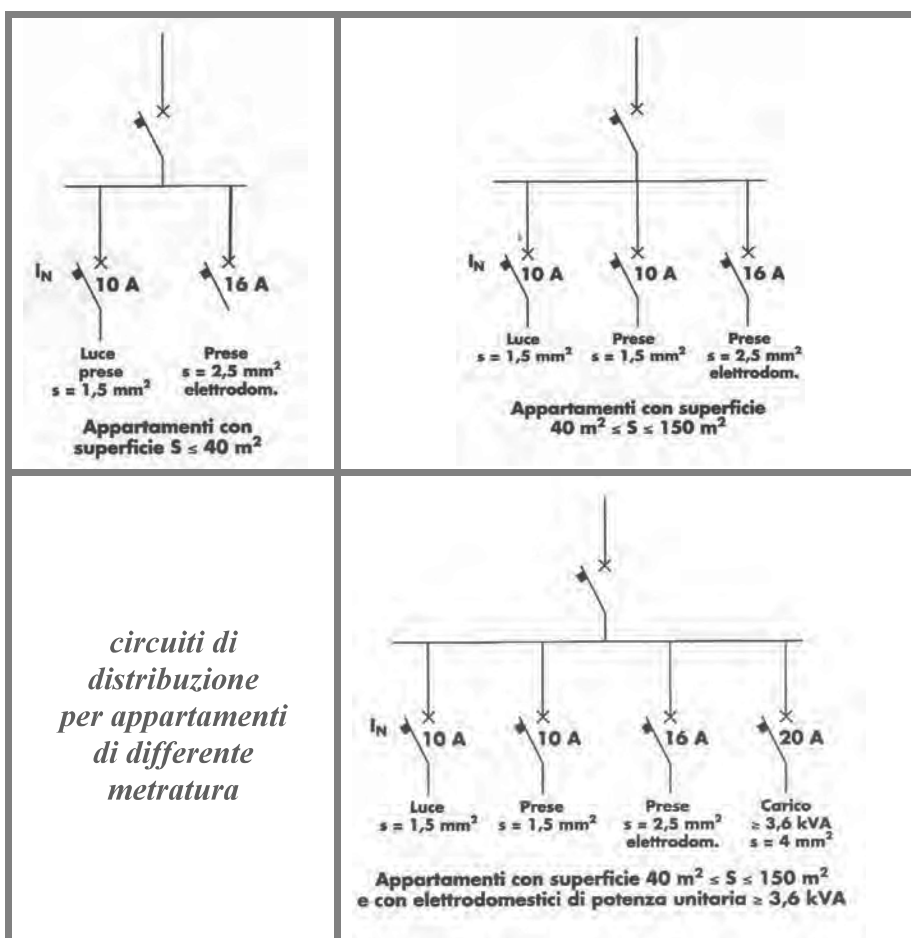
La potenza contrattuale relativa a un appartamento è la potenza massima per la quale è stipulato il contratto di fornitura dell'energia elettrica dell'appartamento e che non deve essere superato nel funzionamento dell'impianto.

Se, in un certo istante, il consumo di potenza supera la potenza contrattuale, interviene un limitatore.

Il valore di potenza contrattuale deve essere scelto, fra quelli proposti dalla società fornitrice di energia elettrica, maggiore del valore della potenza convenzionale.

SCELTA DEL NUMERO DEI CIRCUITI DI DISTRIBUZIONE (nei quali l'impianto potrà essere suddiviso)

Il **circuito di distribuzione** è quella parte dell'impianto elettrico utilizzatore che ha un'unica alimentazione ed è protetta da **uno specifico dispositivo di protezione** contro le sovracorrenti (per es: interruttore automatico magnetotermico).

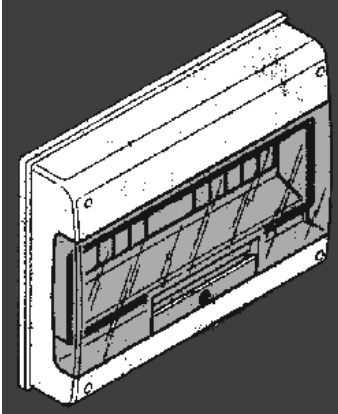


Riguardo al numero dei circuiti di distribuzione, la Guida CEI 64-50 consiglia di orientarsi in funzione della superficie dell'appartamento, come è mostrato nella tabella seguente

SCELTA DEL NUMERO DEI CIRCUITI DI DISTRIBUZIONE

SUPERFICIE dell'appartamento	NUMERO TOTALE MINIMO di CIRCUITI DI DISTRIBUZIONE	DESTINAZIONE dei circuiti	SEZIONE dei conduttori in mm²
Fino a 40 m²	2	Un circuito per punti-luce e prese di corrente da 10A (piccoli elettrodomestici e lampade da lavoro)	1,5
		Un circuito per prese di corrente da 16A (elettrodomestici fissi)	2,5
Fra 40 m² e 150 m²	3	Due circuiti per punti-luce e prese di corrente da 10A (piccoli elettrodomestici e lampade da lavoro)	1,5
		Un circuito per prese di corrente da 16A (elettrodomestici fissi)	2,5

DIMENSIONAMENTO DEL CENTRALINO DI DISTRIBUZIONE (o QUADRO ELETTRICO)



In ogni impianto elettrico, a valle del *contatore*, viene installato un quadro di distribuzione. I più piccoli sono in materiale plastico autoestinguente a isolamento e possono essere sia incassati che a muro. Gli altri sono di tipo metallico.

All'interno vengono alloggiati gli apparecchi, che hanno le seguenti funzioni:

- **protezione dei circuiti**
- **protezione delle persone**, in grado di interrompere, entro 5 secondi, le correnti di guasto verso terra
- **sezionamento**, ovvero interruzione dell'alimentazione dei circuiti, ad esempio per compiere lavori sull'impianto elettrico in tutta sicurezza.
- **funzioni relative a impianti "particolari"**, e cioè agli impianti **telecomandati**, o a **inserimento programmato o temporizzato** o a **bassissima tensione** (suonerie); in quest'ipotesi il centralino di distribuzione diventa un centro di protezione, comando e controllo automatico

Il **numero di interruttori** installati deriva principalmente da **considerazioni di tipo funzionale**. Ad esempio, in un normale appartamento, è possibile proteggere l'impianto elettrico con un solo interruttore - , ma in caso di guasto o di lavoro su una sola parte dell'impianto, verrà a mancare l'alimentazione a tutto l'appartamento.

DIMENSIONAMENTO DEI CAVI

PREMESSE

MASSIMA TEMPERATURA (t_z) SOPPORTABILE DALL'ISOLANTE DEL CAVO

Dipende ovviamente dal materiale di realizzazione dell'isolamento. L'isolamento in gomma "G5" (gomma etilen-propilenica) sopporta una temperatura massima di 90°, maggiore di quella (70°) sopportata dall'isolamento in PVC (PoliVinCloruro).

PORTATA DEL CAVO (I_z)

È il valore di corrente che porta il cavo alla massima temperatura sopportabile dall'isolante. Il valore di portata non deve mai essere superato dal valore della corrente trasportata dal cavo. La portata:

- **aumenta** all'aumentare della **sezione (mm^2)** del cavo
- **aumenta** all'aumentare della **massima temperatura sopportata dall'isolante**. Nelle condizioni più sfavorevoli (isolante in PVC, sei cavi unipolari in tubo protettivo, temperatura ambiente di 40°C) si ha:

$$I_z = 8 \cdot S^{0,625}$$

dove:

S= sezione in mm^2 del cavo, **I_z** = portata in A

8= portata "caratteristica", cioè portata in A di un cavo di sezione unitaria (1mm^2)

- diminuisce all'aumentare del numero dei cavi posti nella stessa canaletta o nello stesso tubo protettivo
- è **maggiore** se il cavo è posato in **canaletta** invece che in tubo, in quanto, nella canaletta, i cavi risultano più distanziati o comunque meno pressati uno contro l'altro; in ogni caso si può dire che la portata dipende dal "tipo di posa" dei cavi
- diminuisce all'aumentare della temperatura-ambiente
- diminuisce all'aumentare della "polarità", cioè del numero di conduttori che formano il cavo

CORRENTE DI IMPIEGO (I_B) DEL CAVO

E' la corrente che **il cavo trasporta in condizioni normali**, cioè in assenza di sovraccarichi e di cortocircuiti.

La I_B deve sempre essere **minore della portata I_Z**

MARGINE DI SICUREZZA ($I_Z - I_B$) DELLA CORRENTE

Si fa in modo che sia rispettata la condizione $I_Z - I_B \neq 0$ per evitare che la temperatura del cavo possa superare la temperatura massima t_Z .

TABELLA PER LA DETERMINAZIONE DELLA PORTATA I_z DEI CAVI
 In base a polarità, materiale isolante, tipo di posa, sezione (tab. UNEL 35024-70)

A Tipi di posa	B Tipi di cavi	C Isolante	D Numero dei conduttori								
cavi unipolari o multipolari — entro tubi — sotto modanatura	unipolari* senza guaina**	PVC R o RF; gomma G	4	3	2						
		gomma G2			4	3	2				
	multipolari ed unipolari con guaina	PVC R o RF; gomma G	4	3	2						
		gomma G2			4	3	2				
cavi multipolari distanziati - fissati alle pareti	multipolari	PVC R o RF; gomma G		4	3	2					
		gomme G2 o G5 Polietilene reticolato				4	3	2			
cavi unipolari non distanziati — fissati alle pareti — su passerelle	unipolari senza guaina	PVC R o RF; gomma G			4	3	2				
		gomme G2 o G5 Polietilene reticolato					4	3	2		
cavi unipolari distanziati - su passerelle o su supporti analoghi	unipolari senza guaina	PVC R o RF; gomma G							n		
		gomme G2 o G5 Polietilene reticolato								n	
cavi unipolari non distanziati - in canale su più strati secondo IEC 364-5-523 ***	unipolari senza guaina	PVC R o RF; gomma G	4	3	2						
		gomme G2 o G5 Polietilene reticolato			4	3	2				
		F Sezione nominale dei conduttori mm ²	E Portata in regime permanente in Amper								
		1	9,6	10,5	12	13,5	15	17	19	21	23
		1,5	12,4	14	15,5	17,5	19,5	22	24	27	29
		2,5	17	19	21	24	26	30	33	37	40
		4	23	25	28	32	35	40	45	50	55
		6	29,4	32	36	41	46	52	58	64	70
		10	40	44	50	57	63	71	80	88	97
		16	54	59	68	76	85	96	107	119	130
		25	72	75	89	101	112	127	142	157	172
		35	88	97	111	125	138	157	175	194	213
		50	110	115	134	151	168	190	212	235	257
		70	137	147	171	192	213	242	270	299	327
		95	165	178	207	232	258	293	327	362	396
		120	191	239	239	269	299	339	379	419	458
		150	219	272	275	309	344	390	435	481	527
		185	250	296	314	353	392	444	496	549	602
		240	295	322	369	415	461	522	584	645	707

n° cavi unipo. raggruppati in canale su più strati	6	8	10	12	14	15÷20
K	0,7	0,65	0,6	0,55	0,55	0,5

* Tra i cavi unipolari si distinguono:
 — i cavi unipolari senza guaina, che hanno praticamente soltanto il rivestimento isolante e che generalmente non possono essere posati che entro tubi o sotto modanature;
 — i cavi unipolari con guaina, che sono muniti di un rivestimento esterno e che possono essere posati come i cavi multipolari, potendo p.e. essere fissati direttamente alle pareti o sospesi a fune portante.
 Una guaina è un rivestimento continuo che assicura la protezione dei cavi contro l'azione dell'ambiente.
 ** Per cavi unipolari isolati con gomma di qualità G, G2, G5 le Norme CEI prescrivono sempre una guaina od almeno una treccia tessile.
 *** Per più di 4 cavi adottare i seguenti coefficienti da applicare alla portata relativa a 2 cavi:

ESEMPIO DI UTILIZZAZIONE DELLA TABELLA PER LA DETERMINAZIONE DELLA PORTATA

Determinare la portata I_z di un cavo con le caratteristiche seguenti:

- unipolare
- senza guaina
- isolato in PVC
- posato entro un tubo protettivo insieme da altri 3 cavi (n. tot. cavi in tubo = 4)
- sezione nominale: 6 mm^2

A Tipi di posa	B Tipi di cavi	C Isolante	D Numero dei conduttori																		
			4	3	2																
cavi unipolari o multipolari — entro tubi — sotto modanatura	unipolari* senza guaina**	PVC R o RF; gomma G	4	3	2																
	multipolari ed unipolari con guaina	gomma G2			4	3	2														
cavi multipolari distanziati — fissati alle pareti	multipolari	PVC R o RF; gomma G	1	3	2																
		gomma G2			4	3	2														
cavi unipolari non distanziati — fissati alle pareti — su passerelle	unipolari senza guaina	PVC R o RF; gomma G			4	3	2														
		gomme G2 o G5 Polietilene reticolato				4	3	2													
cavi unipolari distanziati — su passerelle o su supporti analoghi	unipolari senza guaina	PVC R o RF; gomma G						n													
		gomme G2 o G5 Polietilene reticolato							n												
cavi unipolari non distanziati — in canale su più strati secondo IEC 364-5-523 ***	unipolari senza guaina	PVC R o RF; gomma G	4	3	2																
		gomme G2 o G5 Polietilene reticolato			4	3	2														
* Tra i cavi unipolari si distinguono: — i cavi unipolari senza guaina, che hanno praticamente soltanto il rivestimento isolante e che generalmente non possono essere posati che entro tubi o sotto modanature; — i cavi unipolari con guaina, che sono muniti di un rivestimento esterno e che possono essere posati come i cavi multipolari, potendo p.e. essere fissati direttamente alle pareti o sospesi a fune portante. Una guaina è un rivestimento continuo che assicura la protezione dei cavi contro l'azione dell'ambiente. ** Per cavi unipolari isolati con gomma di qualità G, G2, G5 le Norme CEI prescrivono sempre una guaina od almeno una treccia tessile. **n significa numero qualsiasi di cavi unipolari. ***Per più di 4 cavi adottare i seguenti coefficienti da applicare alla portata relativa a 2 cavi:		F Sezione nominale dei conduttori mm^2		E Portata in regime permanente in Ampere																	
n° cavi unipo. raggruppati in canale su più strati		K		6	8	10	12	14	15+20												
		K		0,7	0,65	0,6	0,55	0,55	0,5												
				1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240		
				9,6	10,5	12	13,5	15	17	19	21	23	24	27	29	33	37	40	45	50	55
				12,4	14	15,5	17,5	19,5	22	24	27	29	30	33	37	40	45	50	55	60	65
				17	19	21	24	26	30	33	37	40	40	45	50	55	60	65	70	75	80
				23	25	28	32	35	40	45	50	55	55	60	65	70	75	80	85	90	95
				29,4	32	36	41	46	52	58	64	70	70	75	80	85	90	95	100	105	110
				40	44	50	57	63	71	80	88	97	97	105	112	120	127	135	142	150	157
				54	59	68	76	85	96	107	119	130	130	139	147	156	165	174	183	192	200
				72	75	89	101	112	127	142	157	172	172	181	190	199	208	217	226	235	244
				88	97	111	125	138	157	175	194	213	213	222	231	240	249	258	267	276	285
				110	115	134	151	168	190	212	235	257	257	266	275	284	293	302	311	320	329
				137	147	171	192	213	242	270	299	327	327	336	345	354	363	372	381	390	399
				165	178	207	232	258	293	327	362	396	396	405	414	423	432	441	450	459	468
				191	239	239	269	299	339	379	419	458	458	467	476	485	494	503	512	521	530
				219	272	275	309	344	390	435	481	527	527	536	545	554	563	572	581	590	599
				250	296	314	353	392	444	496	549	602	602	611	620	629	638	647	656	665	674
				295	322	369	415	461	522	584	645	707	707	716	725	734	743	752	761	770	779

DIMENSIONAMENTO DEI CAVI

DIMENSIONAMENTO DI UNA LINEA (di cavo)

Il progettista ricava prima la corrente di impiego I_B e, soltanto dopo, la sezione del cavo. La I_B viene ricavata in funzione delle potenze dei carichi e del fattore K_C di contemporaneità.

I **passi** del dimensionamento della linea sono:

1. determinare la corrente assorbita da ciascun utilizzatore
2. stabilire il valore del coefficiente K_C di contemporaneità dei carichi
3. ricavare il valore della corrente di impiego I_B in base ai dati del punto 1 (correnti assorbite) e del punto 2 (coefficiente di contemporaneità)
4. Cercare sulla tabella delle portate dei cavi unipolari un valore di portata I_Z maggiore di I_B
5. individuare, sulla stessa tabella, la sezione corrispondente alla I_Z scelta.

TABELLA DELLE PORTATE DEI CAVI UNIPOLARI

S [mm ²]	I_Z [A] PVC	I_Z [A] G2, G5
1	10,5	13,5
1,5	14	17,5
2,5	19	24
4	25	32
6	32	41
10	44	57
16	59	76
25	75	101
35	97	125