



Indice

Premessa.....	6/2
La distribuzione	6/2
La corrente di impiego I_B	6/3
I carichi e le portate	6/4
Le sovracorrenti.....	6/8
Condizioni di sovraccarico	6/9
Condizioni di cortocircuito	6/11
Dimensionamento degli impianti	6/13
Calcolo della corrente minima e massima di cortocircuito	6/14
Coordinamento tra la protezione contro i sovraccarichi e la protezione contro i cortocircuiti	6/16
Omissioni delle protezioni	6/17
Prescrizioni particolari	6/20
Protezione dei conduttori di fase.....	6/20
Protezione del conduttore di neutro	6/20
Interruzione del neutro.....	6/21

Progettazione degli impianti elettrici di bassa tensione

6.1 Premessa

Gli obiettivi principali del progetto di un impianto elettrico sono:

- la sicurezza
- la funzionalità
- l'affidabilità
- la durata
- l'economicità.

Per raggiungerli si richiedono scelte tecniche precise, che possono favorire taluni aspetti e contrastarne altri.

Il progetto interessa i componenti e i materiali collocati tra il contatore (o il trasformatore) ed i carichi; parte dalla conoscenza del numero e del tipo di utilizzatori installati e della loro collocazione nella struttura.

Il progetto deve sottostare alla legge 46/90 ed alla regola dell'arte.

Questo aspetto è particolarmente delicato qualora il progetto si occupi di un rifacimento o del restauro di una struttura esistente. L'intervento deve in questo caso tener conto delle mutate condizioni e della nuova regola d'arte. Se sarà necessario, si interverrà anche profondamente sulla struttura fino a raggiungere il nuovo e più elevato grado di sicurezza accettabile.

La figura professionale che deve occuparsi del progetto e che ha avuto un riconoscimento legale ufficiale con la Legge 46/90 è il progettista.

Egli deve essere un tecnico iscritto al rispettivo ordine o collegio professionale ed è il solo a poter affrontare la progettazione di impianti che per dimensioni o potenze superino i valori minimi imposti dalla legge o che vengono installati in ambienti pericolosi (esplosione, uso medico, maggior rischio in caso di incendio, ecc).

6.2 La distribuzione

Note le condizioni al contorno (sistemi elettrici, tensioni, frequenza rete, numero e collocazione dei carichi) al progettista spetta decidere inizialmente il tipo di distribuzione.

Sono disponibili due alternative: la radiale e la dorsale.

La **radiale** consiste nell'alimentazione di ogni singola utenza con una linea specifica e dedicata. È ideale per utilizzatori di grande potenza e con funzionamento continuo (compressori, grosse presse, ascensori) perché in tali condizioni viene esattamente dimensionata la linea in relazione al carico, conseguendo un ottimo livello di affidabilità e selettività.

La distribuzione radiale, intesa come linea diretta al carico, è di semplice progettazione, in virtù della completa e relativamente facile disponibilità dei dati riguardanti le utenze di volta in volta alimentate.

Un limite della distribuzione radiale è il suo costo: richiede infatti l'impiego di molto rame e di tanti interruttori quante sono le linee.

La **dorsale** si oppone concettualmente alla radiale. Su una sola linea vanno a confluire tutte le correnti degli utilizzatori senza alcun ordine o sequenza prestabiliti.

Non c'è selettività né controllo particolare sulle singole linee e il calcolo delle correnti di impiego è assai delicato e necessariamente probabilistico.

Per contro il costo è contenuto per il limitato impiego di rame e la presenza di un solo interruttore generale.

Le tipiche utenze allacciate su dorsali sono quelle a basso contenuto di potenza o con funzionamento discontinuo o addirittura saltuario (prese, lampade, elettrodomestici).

6.3 La corrente di impiego I_B

Decisa l'architettura dell'impianto, si passa allo studio delle singole linee e dapprima se ne calcola la variabile elettrica fondamentale: la corrente di impiego I_B , su cui si costruirà l'intero progetto secondo le Norme CEI.

I_B è la quantità di corrente (in ampere) che la linea è destinata a trasportare, per soddisfare la necessità del o dei carichi alimentati.

Nel calcolo della I_B , il massimo impegno è richiesto nel caso delle grosse e lunghe dorsali, dove l'aleatorietà delle situazioni, le urgenze improvvise, l'aumento imprevisto e a volte permanente degli utilizzatori, possono determinare correnti I_B notevoli e per lungo tempo.

Non è disponibile a tutt'oggi alcuna formula di validità generale per quantificare esattamente la I_B e pertanto sono soprattutto l'esperienza e la lungimiranza le doti del progettista che servono per affrontare il problema.

Neppure la norma CEI 64-8, la norma impianti per eccellenza, fornisce direttive o consigli per il calcolo della I_B ; i coefficienti di contemporaneità e/o di utilizzazione (in passato tabellati nelle norme 11-11 e 64-3) non sono riportati.

Per quanto difficile e rischioso possa essere, la corrente I_B deve essere fissata nel modo più preciso possibile e su tutti i rami dell'ideale impianto dorsale o ad albero-radiale (Fig. 6/1).

Se questo primo e delicato problema è affrontato e risolto "a regola d'arte", il resto sarà una relativamente semplice ricerca sequenziale di dati.

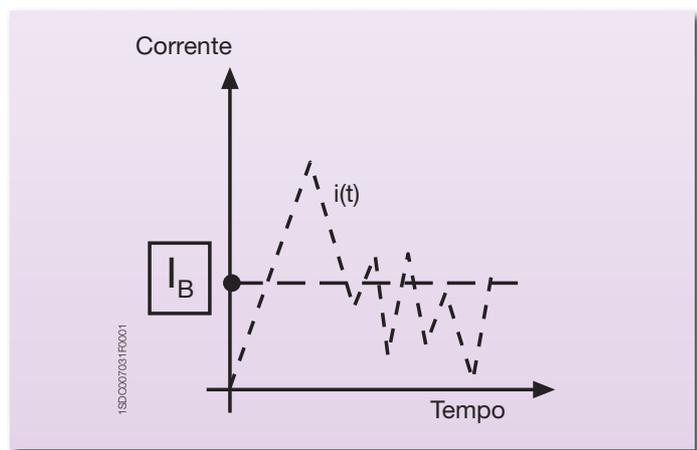


Fig. 6/1 - La corrente I_B non è quasi mai la somma delle singole correnti di carico uscenti dalla dorsale, né il più alto valore che può assumere la corrente istantanea, ma è il valore medio equivalente rispetto agli effetti termici che la corrente effettiva produce sulla conduttura.

Progettazione degli impianti elettrici di bassa tensione

6.4 I carichi e le portate

Fissata la corrente di impiego I_B , il passo successivo riguarda il corretto dimensionamento della linea.

La soluzione scaturisce dall'analisi di tre diversi fenomeni fisici: il termodinamico, l'elettrico e il meccanico.

Temperatura, caduta di tensione e resistenza meccanica sono parametri da valutare; è indifferente quale dei tre affrontare per primo.

Per consuetudine e per il fatto che in bassa tensione si ha a che fare con linee relativamente corte, dove la caduta di tensione è debole, si sceglie il primo valore approssimato di sezione dallo studio termodinamico del fenomeno.

S'immagina il cavo come un corpo fisico, al cui interno si produce continuamente calore; nel caso in esame il calore è prodotto per effetto Joule (RI^2) dalla resistenza del rame del conduttore, assunta costante, percorsa dalla corrente I (Fig. 6/2).

Con corrente generica, ma sinusoidale con valore efficace costante, dopo una prima fase transitoria di immagazzinamento del calore e conseguente riscaldamento, nella quale la temperatura del cavo sale, si ha una successiva condizione di regime termico.

A questo punto la temperatura del cavo, giunta al massimo, si stabilizza e il calore prodotto, sempre dovuto a RI^2 , è interamente dissipato (Fig. 6/3).

Il regime termico con temperatura costante nel tempo è l'evoluzione finale del fenomeno (Fig. 6/4). Esso dipende essenzialmente, oltre che dalla quantità di calore da dissipare, dalla conduttanza termica del cavo, che è funzione a sua volta della superficie esterna dissipante, dalla ventilazione, dalla temperatura ambiente, dal tipo di isolante ecc.

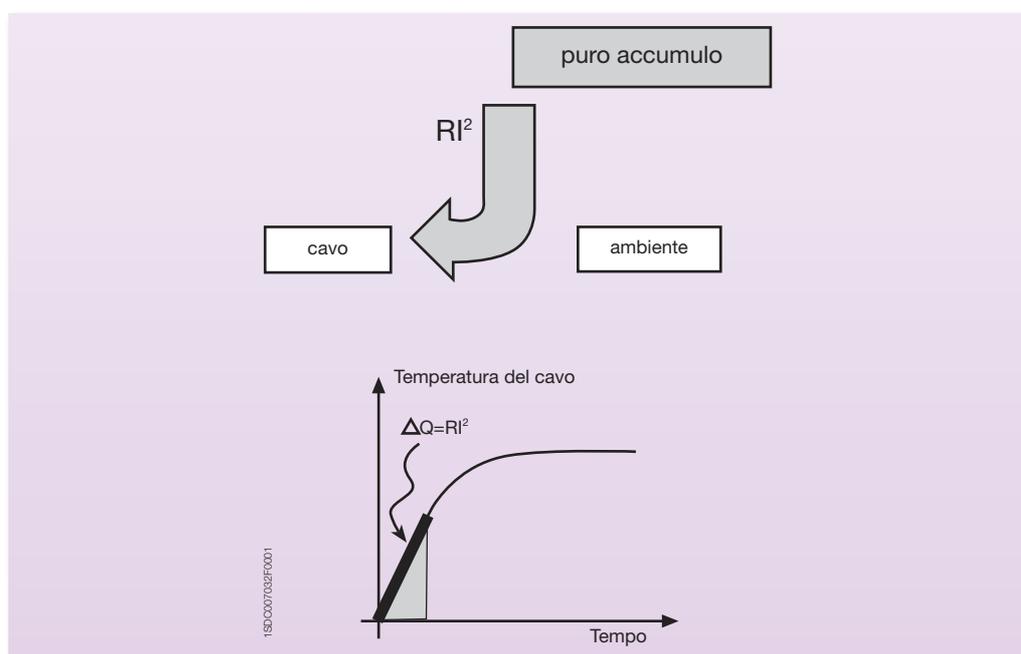


Fig. 6/2 - Appena la corrente fluisce nel conduttore si producono le perdite Joule RI^2 . Il calore, a causa della intrinseca lentezza termica dei fenomeni di trasmissione del calore, non riesce ad uscire subito dal cavo ma vi si immagazzina, elevandone all'inizio linearmente la temperatura

Dei due materiali a rischio termico, rame e isolante, che raggiungono alla fine la medesima temperatura, è sicuramente l'isolante il più indifeso contro gli effetti del calore e l'innalzamento della temperatura. Il rame infatti fonde a oltre mille gradi, mentre gli isolanti in commercio (PVC, butile, neoprene, ecc.) presentano temperature di liquefazione e fusione dell'ordine dei $150 \div 250$ °C. Per questo dall'isolante dipende la massima sfruttabilità dei cavi sotto carico e, in particolare, dalla sua

massima temperatura ammissibile a regime, che rimane un dato intrinseco e viene fissata dalle norme con opportuni criteri di sicurezza.

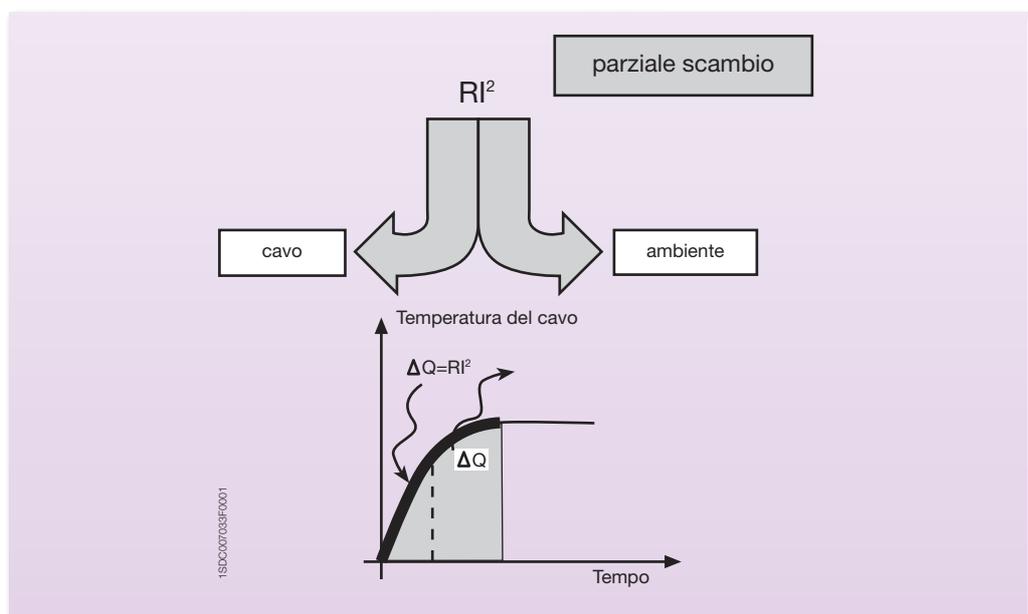


Fig. 6/3 - Al passare del tempo, dopo qualche minuto, parte del calore prodotto per effetto Joule (RI^2) comincia ad uscire dalle pareti esterne del conduttore di rame, entra nel primo strato attiguo dell'isolante che, come il rame, ne immagazzina una parte, salendo anch'esso in temperatura. Infine il flusso di calore oltrepassa l'intero isolante e sfoga nell'ambiente. La curva di temperatura del cavo da rettilinea ascendente tende a deflettere, incurvandosi verso l'orizzontale

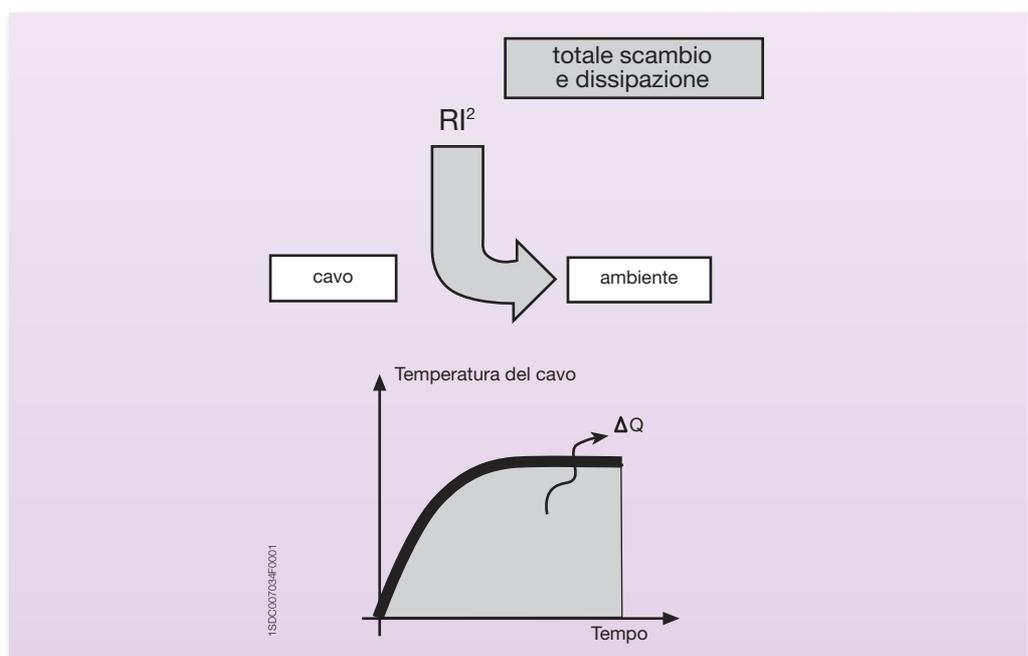


Fig. 6/4 - Dopo aver sfruttato l'intera capacità termica del cavo, che è la somma di quella del rame e dell'isolante, il flusso di calore, che è rimasto e rimarrà costante a parità di corrente circolante, esce interamente dall'ultimo strato dell'isolante e si disperde nell'ambiente circostante

Progettazione degli impianti elettrici di bassa tensione

Nota la temperatura massima ammissibile dell'isolante è necessario limitare ad essa la salita massima e finale della funzione $\theta(t)$ che rappresenta l'andamento della temperatura nel tempo. Si può perciò desumere, per così dire a ritroso, tra gli infiniti valori disponibili di Rl^2 (al variare della corrente) proprio quello che ne è stato teoricamente responsabile. Da esso, tolto il valore "R" della resistenza, che è nota, possiamo determinare la corrente I che è fluita durante il fenomeno e che sarà perciò la massima sopportabile in quelle condizioni.

Attraverso un'indagine prevalentemente termodinamica si è così arrivati ad evidenziare una corrente che, visto il significato, si definisce: portata in regime permanente I_z (Norma CEI 64-8 paragrafo 25.5).

Ai fini del dimensionamento, questa corrente ha un significato particolare, estremamente semplice e pratico e si presta a facili tabellazioni che agevolano i progettisti.

Il legame che si deve assicurare tra I_B e I_z è il seguente:

$$I_B \leq I_z \quad (83)$$

Da tale disequazione si ricava il cavo, inteso sia come sezione (necessaria, ma ancora non sufficiente), sia come isolante (Fig. 6/5).

Si osservi che sin qui non ha avuto alcun ruolo la lunghezza delle linee, perché il fenomeno termico considerato vale qualitativamente e puntualmente per l'intera lunghezza di ciascuna linea. Qualora la stessa linea (stesso isolante e sezione) avesse diversi modi di installazione (es. prima tubo poi passerella) le considerazioni precedenti vanno fatte ovviamente lungo il tratto termicamente più sollecitato.

Dalle tabelle CEI-UNEL (vedasi ad esempio la tabella 6.1 che ne rappresenta un estratto) sulla scelta delle portate, si deducono alcune utili informazioni che vengono qui anticipate e precisamente:

- 1) le condizioni di posa più difficili sono, a scalare partendo dalla peggiore:
 - I) cavi sotto traccia o in cunicoli chiusi;
 - II) cavi in tubi o canalette ventilate;
 - III) cavi a parete o a soffitto ventilati;
 - IV) cavi in aria, su passerelle o a funi portanti;
 - V) cavi interrati o in tubo interrato;
- 2) i cavi interrati, in tubo o direttamente, sono in condizioni operative migliori rispetto agli altri;
- 3) all'aumentare della temperatura ambiente le portate si riducono più che proporzionalmente;
- 4) la densità di corrente (A/mm^2) diminuisce all'aumentare della sezione; ciò significa che hanno una portata maggiore due cavi in parallelo su una stessa fase, ciascuno da $25 mm^2$ che un singolo cavo da $50 mm^2$.

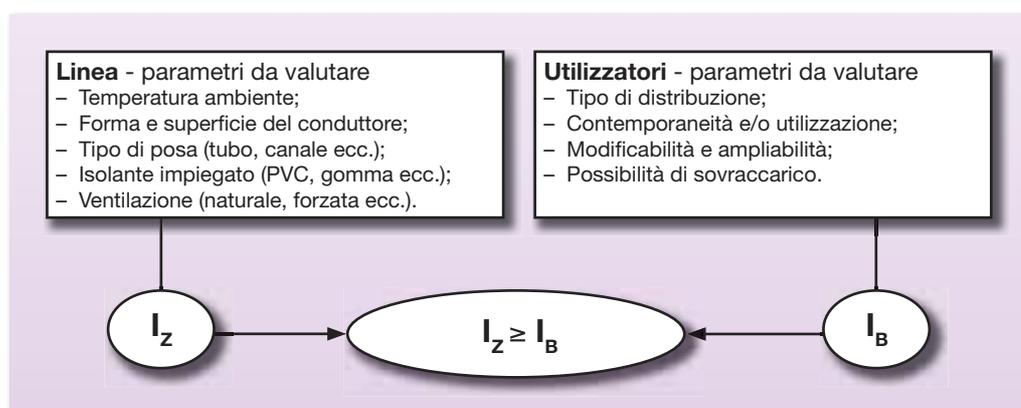


Fig. 6/5 - Nota la corrente d'impiego I_B , si consultano opportune tabelle sulle portate per decidere attraverso la disequazione $I_B \leq I_z$, quale sia la I_z sufficiente e da essa la sezione e l'isolante appropriati

Tab. 6.1 - Tabella CEI-UNEL 35011-72 per la scelta delle portate (A) dei cavi multipolari in rame, posati in aria distanziati, per impianti in bassa tensione

Sezione (mm ²)	PVC o gomma comune			Gomma G5 o polietilene		
	Bipolari	Tripolari	Tetrapolari	Bipolari	Tripolari	Tetrapolari
1,5	19,5	17,5	15,5	24	22	19,5
2,5	26	24	21	33	30	26
4	35	32	25	45	40	35
6	46	41	36	58	52	46
10	63	57	50	80	71	63
16	85	76	68	107	96	85
25	112	101	89	142	127	112
35	138	125	111	175	157	138
50	168	151	134	212	190	168
70	213	192	171	270	242	213
95	258	232	207	327	293	258
120	299	269	239	379	339	299

Progettazione degli impianti elettrici di bassa tensione

6.5 Le sovracorrenti

La scelta iniziale della sezione del cavo, in funzione delle esigenze termiche (temperatura ammissibile) e degli isolanti impiegati, deve essere verificata secondo gli ulteriori parametri fisici in gioco che sono di tipo elettrico (massima caduta di tensione ammissibile) e meccanico (sezione minima prescritta dalle Norme e adeguata resistenza meccanica durante le operazioni di posa).

A questo punto è necessario affrontare il delicato, ma vitale problema della protezione dei cavi dalle sovracorrenti.

Sovracorrente è una qualsiasi corrente superiore alla portata I_z che può circolare nel cavo.

I conduttori attivi di un circuito elettrico devono essere protetti da uno o più dispositivi che interrompono automaticamente l'alimentazione quando si produce sovracorrente (sovraccarico o cortocircuito).

La protezione contro i sovraccarichi e i cortocircuiti può essere assicurata sia in modo separato, con dispositivi distinti, sia in modo unico con dispositivi che assicurano entrambe le protezioni. In ogni caso essi devono essere tra loro coordinati.

Per assicurare la protezione il dispositivo deve:

- interrompere sia la corrente di sovraccarico sia quella di cortocircuito, interrompendo, nel secondo caso, tutte le correnti di cortocircuito che si presentano in un punto qualsiasi del circuito, prima che esse provochino nel conduttore un riscaldamento tale da danneggiare l'isolamento;
- essere installato in generale all'origine di ogni circuito e di tutte le derivazioni aventi portate differenti (diverse sezioni dei conduttori, diverse condizioni di posa e ambientali, nonché un diverso tipo di isolamento del conduttore) (Fig. 6/6).

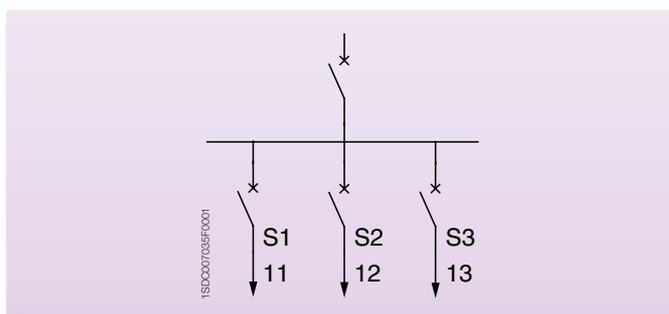


Fig. 6/6 - Punto di installazione dei dispositivi di protezione

6.5.1 Condizioni di sovraccarico

Per quanto concerne le condizioni di sovraccarico:

- il dispositivo può essere installato lungo il percorso della condotta invece che all'origine (tratto A-B, Fig. 6/7), purché questa non attraversi luoghi con pericolo di incendio ed esplosione, né vi siano su di essa derivazioni né prese a spina poste a monte del dispositivo di protezione stesso;

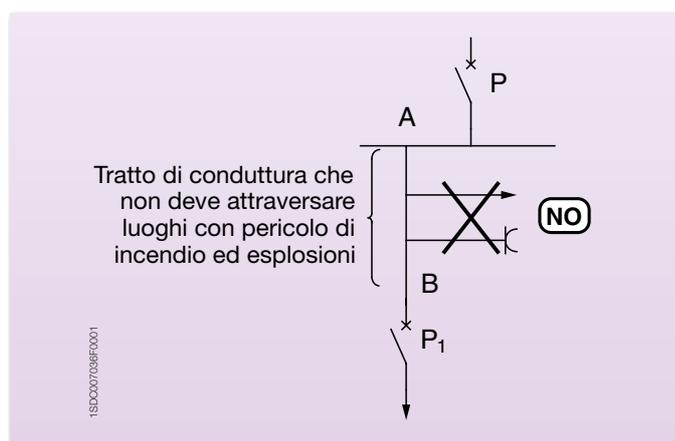


Fig. 6/7 - Divieti normativi in presenza di luoghi con pericolo di incendio ed esplosioni

- per assicurare la protezione, le caratteristiche del dispositivo devono essere coordinate con quelle del conduttore, cioè devono essere soddisfatte le seguenti due condizioni:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 \cdot I_z$$

dove:

I_B = corrente di impiego del circuito

I_z = portata del cavo a regime permanente

I_n = corrente nominale del dispositivo di protezione (nei dispositivi regolabili la I_n è la corrente regolata scelta)

- I_f = corrente, per gli interruttori, che assicura il funzionamento del dispositivo entro il tempo convenzionale in condizioni definite
- corrente, per i fusibili gG, di fusione entro un tempo convenzionale

Progettazione degli impianti elettrici di bassa tensione

Le condizioni di coordinamento sopra citate sono raffigurate in Fig. 6/8. Ne consegue che il conduttore non risulta protetto se il sovraccarico è compreso tra I_z e I_f in quanto esso può permanere a lungo senza provocare l'intervento della protezione.

Ciò può essere evitato fissando il valore di I_B in modo che I_z non venga superato frequentemente.

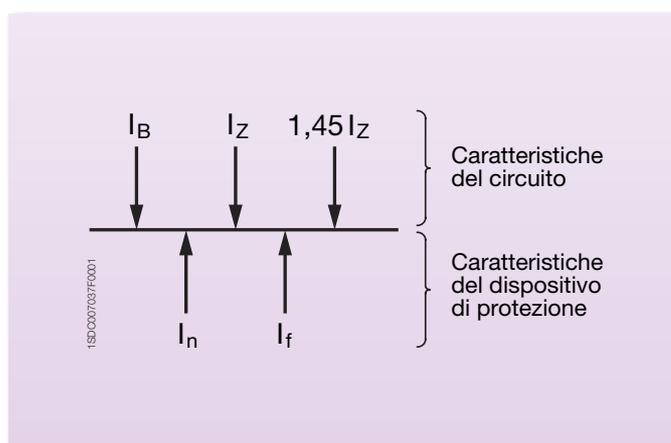


Fig. 6/8 - Condizioni per il corretto coordinamento contro il sovraccarico

Se uno stesso dispositivo di protezione alimenta diverse condutture (Fig. 6/9 a) od una conduttura principale (Fig. 6/9 b) dalla quale siano derivate condutture secondarie, il dispositivo protegge quelle condutture che risultano con esso coordinate secondo le due disequazioni sopra riportate.

Il dispositivo di protezione deve avere caratteristiche tali da consentire sovraccarichi di breve durata che si producono nell'esercizio ordinario, senza intervenire.

Se il dispositivo protegge diversi conduttori in parallelo (Fig. 6/10), si considera per I_z la somma delle portate dei singoli conduttori ($I_z = I_{z1} + \dots + I_{zn}$), a condizione però che i conduttori stessi portino sostanzialmente le stesse correnti (uguale sezione, stesso tipo di isolamento, stesso modo di posa) e che non siano interessati da derivazioni.

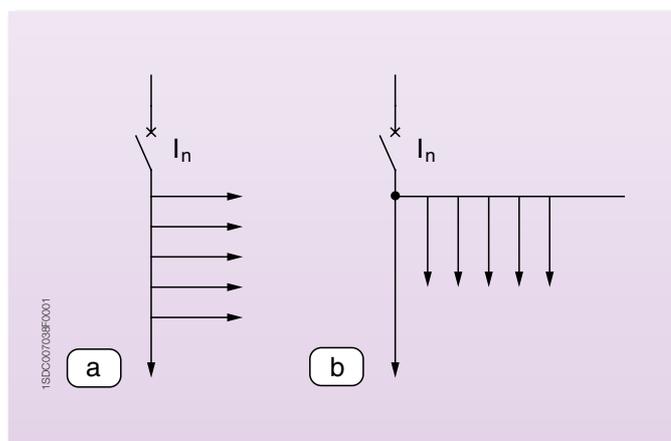


Fig. 6/9 - Esempi di protezione mediante un unico dispositivo:
a) unico dispositivo a monte di diverse condutture
b) protezione della conduttura principale dalla quale sono derivate condutture secondarie

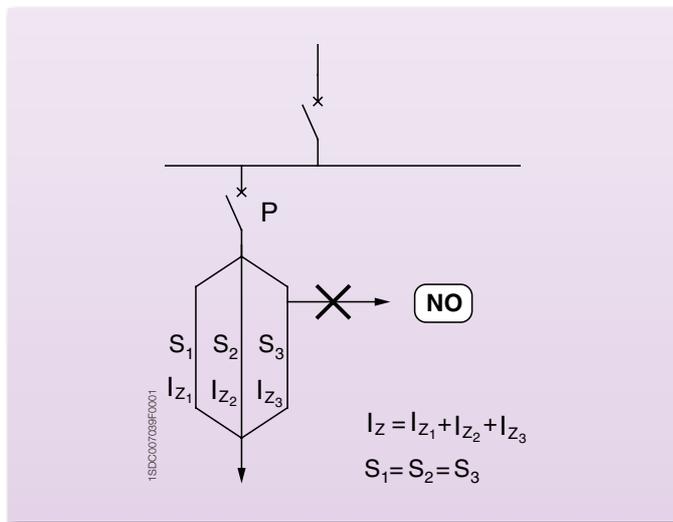


Fig. 6/10 - Esempio nel quale un unico dispositivo protegge diversi conduttori tra loro in parallelo

6.5.2 Condizioni di cortocircuito

Per quanto concerne le condizioni di cortocircuito (la cui trattazione teorica è riportata nell'appendice A2), il dispositivo di protezione:

- può essere installato lungo la conduttura ad una distanza dall'origine non superiore a 3 m (Fig. 6/11), purché questo tratto sia rinforzato in modo da ridurre al minimo il rischio di cortocircuito⁽¹⁾;
- non deve essere posto vicino a materiale combustibile o in luoghi con pericolo di esplosione.

(1) Non si applica in ambienti a maggior rischio d'incendio ed esplosione (CEI 64-8, art. 473.1.2).

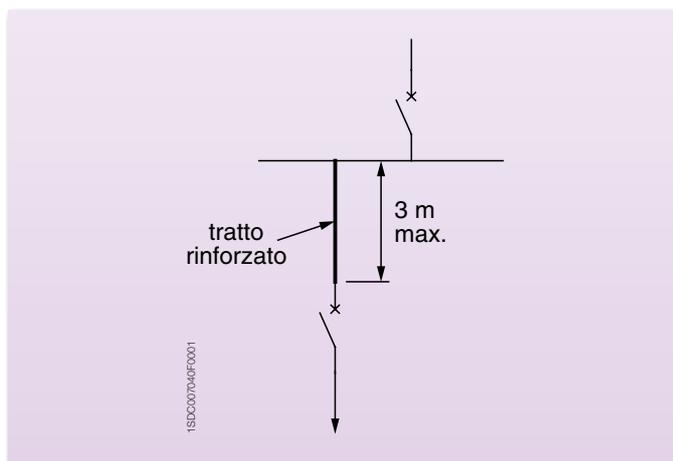


Fig. 6/11 - Divieto di installazione del dispositivo di protezione contro il cortocircuito ad una distanza maggiore di 3 m dall'origine della conduttura

Progettazione degli impianti elettrici di bassa tensione

Inoltre per assicurare la protezione deve soddisfare le due seguenti condizioni:

- avere un potere di interruzione non inferiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto in cui è installato (Fig. 6/12 a).

È ammesso tuttavia l'impiego di un dispositivo di protezione (B) con un potere di interruzione I_{cn2} inferiore se a monte è installato un altro dispositivo (A) che abbia il necessario potere di interruzione I_{cn1} (protezione di sostegno) (Fig. 6/12 b). In questo caso l'energia specifica $(I^2t)_1$ lasciata passare dal dispositivo a monte (A) non deve superare quella $(I^2t)_2$ che può essere ammessa senza danni dal dispositivo (B) o dalle condutture situate a valle.

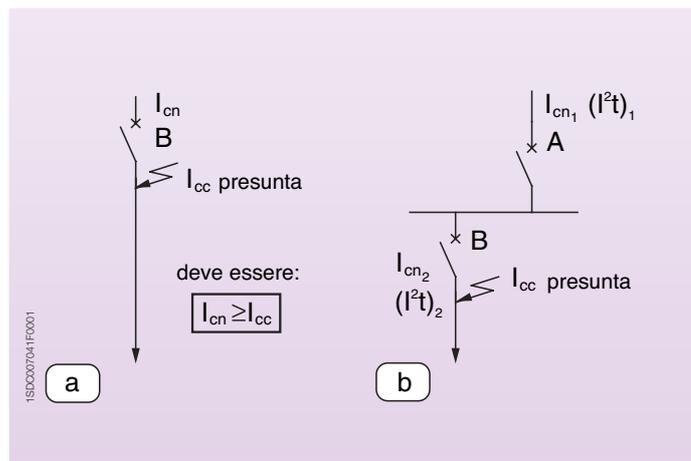


Fig. 6/12 - Condizioni che devono essere soddisfatte per assicurare la protezione contro il cortocircuito

- deve intervenire in un tempo inferiore a quello che farebbe superare al conduttore la massima temperatura ammessa. Deve cioè essere verificata, qualunque sia il punto della conduttura interessata al cortocircuito, la condizione:

$$(I^2t) \leq K^2 S^2$$

Per cortocircuiti di durata non superiore a 5 s, il tempo necessario affinché una data corrente di cortocircuito porti i conduttori dalla temperatura massima ammissibile in servizio ordinario alla temperatura limite, può essere calcolato in prima approssimazione con la formula (derivata dalla precedente):

$$\sqrt{t} = \frac{K \cdot S}{I}$$

(2) L'energia specifica passante, rappresentata dall'integrale di Joule assume l'espressione:

$$\int_0^t i^2 dt$$

Tuttavia se il cortocircuito ha una durata sufficientemente lunga, il contributo della componente unidirezionale (componente transitoria) può essere trascurato e, in prima approssimazione, è possibile scrivere:

$$\int_0^t i^2 dt \cong I^2 t$$

dove con I si intende il valore efficace della componente simmetrica. La trattazione teorica ed i necessari approfondimenti sull'energia specifica passante sono riportati nell'appendice A2.

dove:

(I^2t) = (2) integrale di Joule o energia specifica lasciata passare, per la durata del cortocircuito, dal dispositivo di protezione

I = corrente di cortocircuito in ampere in valore efficace

K = fattore dipendente dal tipo di conduttore (Cu o Al) e isolamento che per una durata di cortocircuito ≤ 5 s è:

- 115 per conduttori in Cu isolati con PVC
- 135 per conduttori in Cu isolati con gomma ordinaria o gomma butilica
- 143 per conduttori in Cu isolati con gomma etilenpropilenica e propilene reticolato
- 74 per conduttori in Al isolati con PVC
- 87 per conduttori in Al isolati con gomma ordinaria, gomma butilica, gomma etilenpropilenica o propilene reticolato
- 115 corrispondente ad una temperatura di 160 °C per le giunzioni saldate a stagno tra conduttori in Cu

S = sezione dei conduttori da proteggere in mm²

t = tempo di intervento del dispositivo di protezione assunto ≤ 5 s.

6.6 Dimensionamento degli impianti

Dopo aver individuato le grandezze elettriche che devono essere prese in esame in fase di progettazione di un impianto elettrico, è possibile passare al suo dimensionamento che, sotto il profilo logico, può seguire lo schema a blocchi di Fig. 6/13.

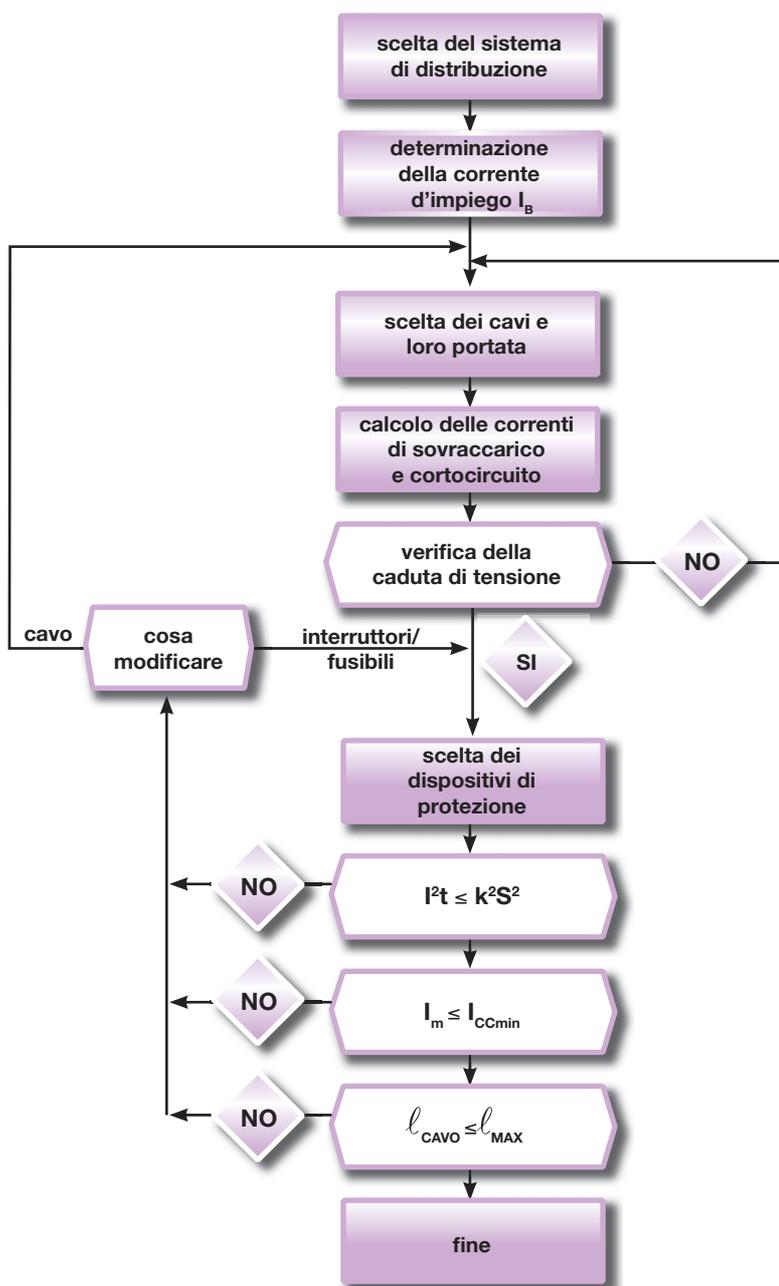


Fig. 6/13

Mentre per i primi due blocchi (sceita della distribuzione e determinazione delle correnti d'impiego I_b) valgono le considerazioni sin qui svolte, esamineremo nel seguito gli aspetti specifici della verifica di congruità delle correnti di cortocircuito minima e della lunghezza massima della conduttura per la quale è garantita la protezione delle persone, mentre il capitolo 7 è dedicato alla sceita ed alle modalità di posa dei cavi.

Per quanto riguarda infine la corretta sceita e installazione dei dispositivi di protezione ed il loro coordinamento, si rimanda il lettore agli specifici fascicoli (vol. 2 e vol. 3 della presente Guida).

Progettazione degli impianti elettrici di bassa tensione

6.6.1 Calcolo della corrente minima e massima di cortocircuito

Il valore della corrente minima di cortocircuito presunta può essere calcolato tramite le seguenti formule semplificate dedotte dalla norma CEI 64-8.

$$I_{cc_{min}} = \frac{0,8 \cdot U \cdot S}{1,5 p \cdot 2L} \quad \text{nel caso di neutro non distribuito}$$

$$I_{cc_{min}} = \frac{0,8 \cdot U_0 \cdot S}{1,5 p (1+m) \cdot 2L} \quad \text{nel caso di neutro distribuito}$$

Assumendo il valore minimo della corrente di cortocircuito pari a quello della soglia di intervento dello sganciatore magnetico del dispositivo di protezione (interruttore automatico) si determina la lunghezza massima protetta, tramite le seguenti formule, derivate dalle precedenti.

$$L_{max} = \frac{0,8 \cdot U \cdot S}{2 \cdot p \cdot 1,2 \cdot I_m \cdot 1,5} \quad \text{nel caso di neutro non distribuito}$$

$$L_{max} = \frac{0,8 \cdot U_0 \cdot S}{2 \cdot p (1+m) \cdot 1,2 \cdot I_m \cdot 1,5} \quad \text{nel caso di neutro distribuito}$$

dove:

U = tensione concatenata di alimentazione

U₀ = tensione di fase di alimentazione

r = lunghezza della conduttura protetta in metri

S = sezione del conduttore in mm²

Per S > 95 mm² si può tenere conto della rettanza della conduttura applicando ai valori della corrente di cortocircuito i seguenti fattori di riduzione:

0,90 per S = 120 mm²

0,85 per S = 150 mm²

0,80 per S = 185 mm²

0,75 per S = 240 mm²

I_m = corrente di cortocircuito presunta (valore efficace), considerata pari alla soglia di intervento dello sganciatore magnetico (o istantaneo)

m = rapporto tra resistenza del conduttore di neutro e quella del conduttore di fase (nel caso di egual materiale il rapporto è uguale a quello delle sezioni dei conduttori)

1,2 = fattore di tolleranza previsto dalle Norme.

Il valore della massima corrente di cortocircuito presunta può essere calcolato conoscendo i parametri della rete di alimentazione e della parte situata a monte del dispositivo di protezione.

Se il dispositivo di protezione, interruttore o fusibile, risponde alle condizioni di cui ai paragrafi 6.5.1 e 6.5.2, non è necessario effettuare la verifica in corrispondenza della corrente minima di cortocircuito. Pertanto le curve di confronto per la verifica di cui alla Fig. 6/14 (interruttore) e Fig. 6/15 (fusibile), assumono la configurazione illustrata rispettivamente nelle Figg. 6/16 a e 6/16 b.

Nel caso però di sovraccarico dove siano necessari tempi di intervento non compatibili con la sollecitazione termica del cavo (I²t tollerabile), occorre verificare la protezione in corrispondenza della corrente minima di cortocircuito, determinando la lunghezza massima protetta della linea, tramite le formule sopra menzionate.

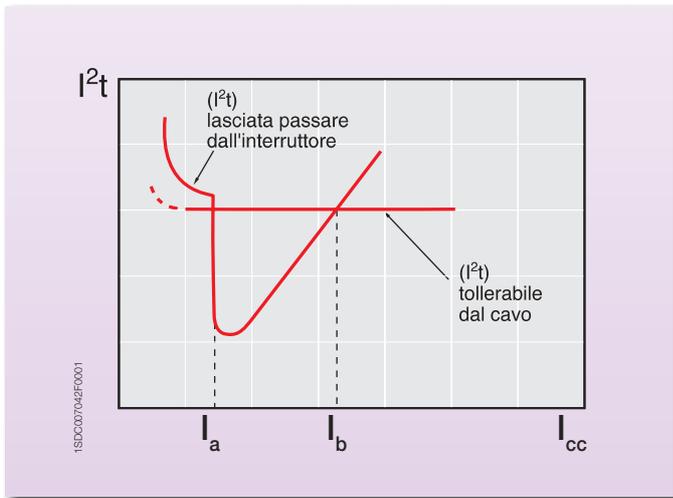


Fig. 6/14

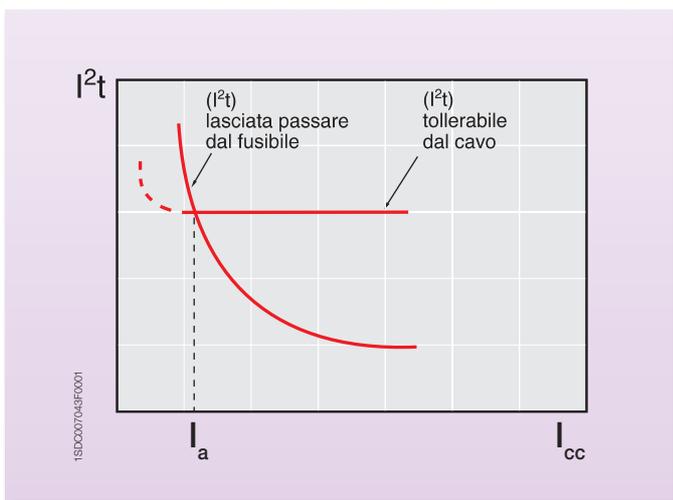
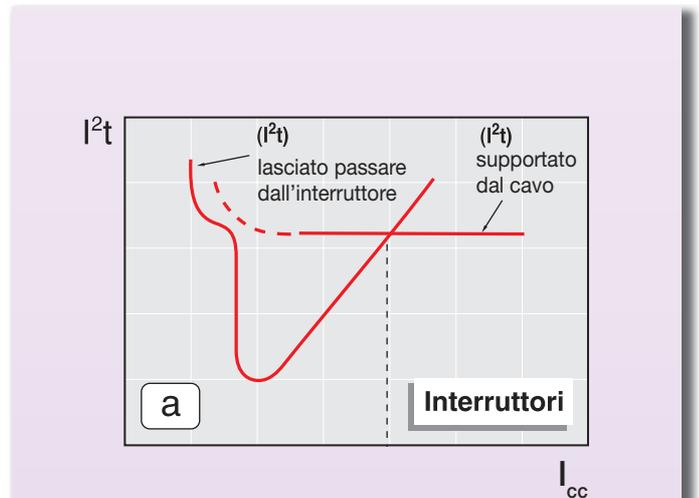


Fig. 6/15

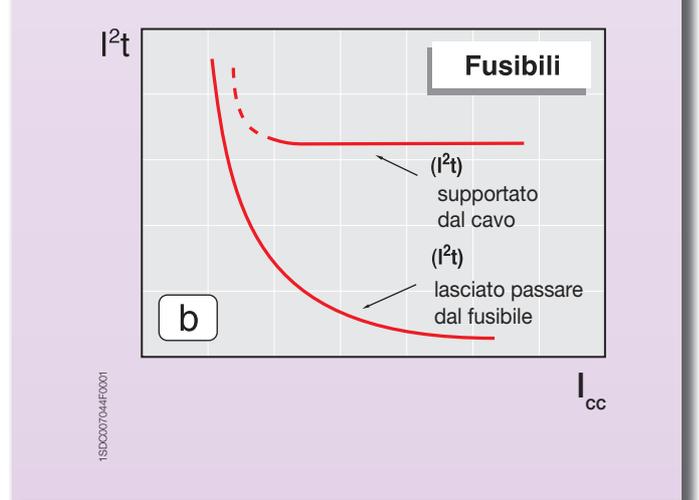


Fig. 6/16

Progettazione degli impianti elettrici di bassa tensione

6.6.2 Coordinamento tra la protezione contro i sovraccarichi e la protezione contro i cortocircuiti

Sono possibili due soluzioni:

- 1) protezione assicurata da dispositivi distinti
- 2) protezione assicurata da un unico dispositivo.

Nel primo caso si applicano separatamente le prescrizioni di cui al paragrafo 6.5.1, relative alla corrente di impiego ed alla portata del cavo ($I_B \leq I_n \leq I_z$ e $I_f \leq 1,45 I_z$) per quanto riguarda il dispositivo di protezione contro i sovraccarichi e quelle relative all'energia specifica passante per quanto riguarda il dispositivo di protezione contro i corti circuiti.

Se viceversa, il dispositivo è unico, quest'ultimo deve essere coordinato con il conduttore nel rispetto delle relazioni: $I_B \leq I_n \leq I_z$ e $I_f \leq 1,45 I_z$ ed avere interruzione almeno uguale alle correnti di cortocircuito nel punto in cui è installato.

Si ricorda inoltre che:

- per la scelta dei dispositivi di protezione contro i sovraccarichi devono essere soddisfatte le seguenti due condizioni:
 - la corrente nominale deve essere scelta in accordo con quanto indicato al paragrafo 6.5.1;
 - nel caso di carichi ciclici, i valori di I_n e di I_f devono essere scelti sulla base dei valori di I_B e di I_z corrispondenti a carichi termicamente equivalenti.
- per la scelta dei dispositivi di protezione contro i cortocircuiti, l'applicazione delle prescrizioni di cui ai paragrafi 6.5.1 e 6.5.2, per la durata del guasto sino a 5 s, deve tenere conto delle correnti minime e massime di cortocircuito (Fig. 6/17 e 6/18).

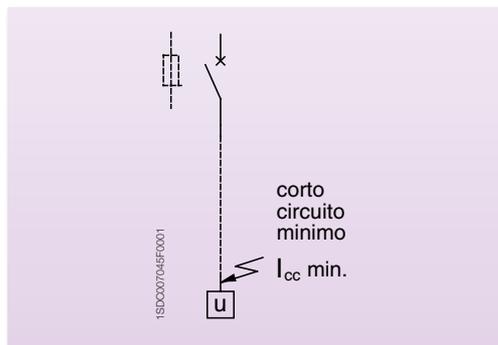


Fig. 6/17

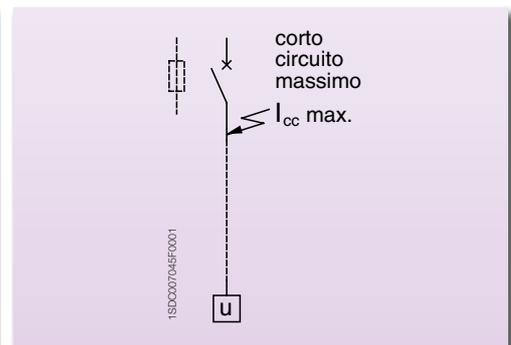


Fig. 6/18

Da ultimo, i dispositivi di protezione devono soddisfare le seguenti condizioni, rispettivamente valide per gli interruttori automatici e per i fusibili:

A) Interruttori automatici. Determinazione della $I_{cc\ min}$ e $I_{cc\ max}$

La curva dell'energia specifica (I^2t) lasciata passare, ha un andamento del tipo indicato in Fig. 6/14.

Occorre verificare che:

- la corrente di cortocircuito che si produce per un guasto a fondo linea ($I_{cc\ min}^{(3)}$), Fig. 6/17, non sia inferiore al valore indicato con I_a in figura 6/14, cioè:

$$I_{cc\ min} \geq I_a$$

- la corrente di cortocircuito che si produce per un guasto franco all'inizio della linea, Fig. 6/18, non sia superiore al valore indicato con I_b in figura 6/14, cioè:

$$I_{cc\ max} \leq I_b$$

(3) Essa corrisponde ad un cortocircuito fase-neutro e fase-fase (neutro non distribuito) nel punto più lontano della condotta protetta (Fig. 6/17).

B) Fusibili. Determinazione della $I_{cc\ min}$

La caratteristica dell'energia specifica (I^2t) lasciata passare, ha un andamento del tipo indicato in Fig. 6/15.

Occorre verificare che:

- la corrente di cortocircuito che si produce per un guasto a fondo linea ($I_{cc\ min}$), Fig. 6/17, non sia inferiore a I_a , cioè:

$$I_{cc\ min} \geq I_a$$

6.7 Omissioni delle protezioni

Vi sono casi particolari in cui le protezioni contro i sovraccarichi e i cortocircuiti possono essere omesse o ne è raccomandata l'omissione per ragioni di sicurezza. Questi casi, menzionati all'art. 473.1.2 della Norma CEI 64-8, sono i seguenti:

a) Caso del sovraccarico ⁽⁴⁾

La protezione può essere omessa:

- se il dispositivo di protezione P posto a monte della condotta derivata (tratto B-C, Fig. 6/19) è in grado di proteggere la condotta stessa, di sezione S_1 , contro i sovraccarichi e i cortocircuiti;
- se la condotta alimenta (tratto D-E) un'utenza con incorporato un proprio dispositivo P_1 , in grado di proteggere la condotta stessa, di sezione S_2 , dai sovraccarichi (Fig. 6/20), a condizione che la condotta sia protetta contro i cortocircuiti dal dispositivo P;

(4) Quanto di seguito indicato non si applica agli impianti elettrici situati in luoghi che presentano maggior rischio in caso d'incendio o pericolo di esplosione, per i quali valgono le prescrizioni di cui al paragrafo 751 della Norma CEI 64-8.

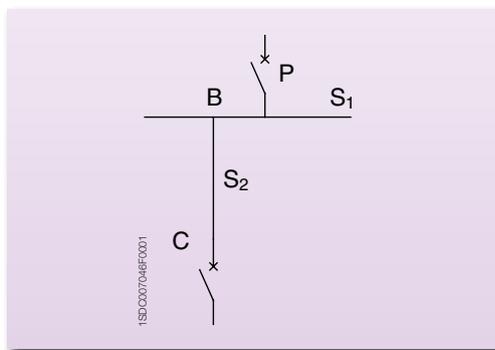


Fig. 6/19

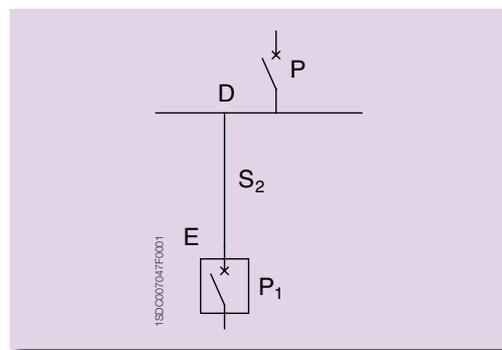


Fig. 6/20

Progettazione degli impianti elettrici di bassa tensione

- se la condotta alimenta due o più derivazioni singolarmente protette contro i sovraccarichi (Fig. 6/21) a condizione però che la somma delle correnti nominali dei dispositivi di protezione delle singole derivazioni F-G e H-I di sezione S_1 e S_2 sia inferiore alla corrente nominale del dispositivo P che protegge contro i sovraccarichi ed i cortocircuiti la condotta stessa;
- se le condutture (tratti L-M e N-O, Fig. 6/22) alimentano apparecchi utilizzatori che non possono provocare correnti di sovraccarico⁽⁵⁾ e che non sono protetti contro il sovraccarico, a condizione che la somma delle correnti di impiego I_n e I_{n1} degli apparecchi utilizzatori non sia superiore alla portata I_z delle condutture e che il dispositivo di protezione P protegga contro i cortocircuiti le condutture stesse.

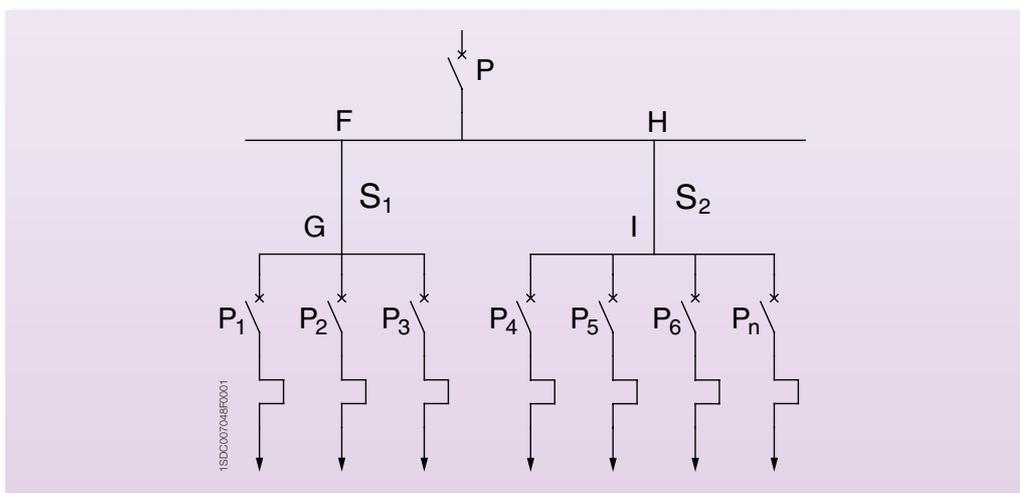


Fig. 6/21

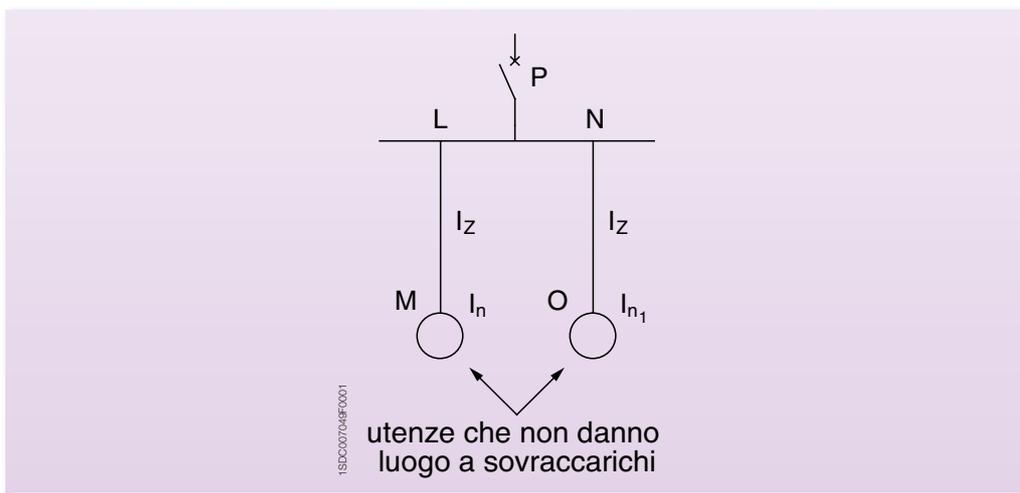


Fig. 6/22

6

(5) Apparecchi che non possono dar luogo a sovraccarichi sono per esempio:

- gli apparecchi termici (scaldabagno, cucine, caloriferi, ecc.);
- motori con corrente a rotore bloccato non superiore alla portata della condotta di alimentazione;
- gli apparecchi di illuminazione.

Viceversa, una presa a spina è un componente a valle nel quale può sempre prodursi un sovraccarico, per cui è necessaria la protezione termica.

a1) Casi in cui l'omissione della protezione contro i sovraccarichi è raccomandata per ragioni di sicurezza

Trattasi di circuiti che alimentano utenze in cui l'apertura intempestiva dell'apparecchio di protezione potrebbe essere causa di pericolo.

Essi possono essere:

- circuiti di eccitazione di macchine rotanti
- circuiti che alimentano elettromagneti di sollevamento
- circuiti secondari di trasformatori di corrente
- circuiti che alimentano dispositivi di estinzione di incendio.

In tutti questi casi si raccomanda un dispositivo di allarme (acustico o visivo) che segnali eventuali sovraccarichi.

Nei casi sopra descritti, in cui non sia prevista la protezione contro i sovraccarichi, deve essere fatta la verifica in corrispondenza della corrente di cortocircuito minima, come indicato al paragrafo 6.6.1.

b) Caso del cortocircuito

La protezione può essere omessa:

- per le condutture che collegano generatori, trasformatori, raddrizzatori, batterie di accumulatori ai rispettivi quadri;
- per circuiti la cui apertura intempestiva potrebbe comportare pericoli di funzionamento e per la sicurezza degli impianti interessati quali ad esempio:
 - circuiti di eccitazione di macchine rotanti
 - circuiti che alimentano elettromagneti di sollevamento
 - circuiti secondari di trasformatori di corrente
 - circuiti che alimentano dispositivi di estinzione di incendio
- alcuni circuiti di misura, a condizione che:
 - la conduttura sia realizzata in modo da ridurre al minimo il rischio di cortocircuito;
 - la conduttura non sia posta in vicinanza di materiali combustibili.

Progettazione degli impianti elettrici di bassa tensione

6.8. Prescrizioni particolari

6.8.1 Protezione dei conduttori di fase

Il dispositivo di protezione deve rilevare le sovracorrenti su ogni fase, provocando l'interruzione del conduttore dove la sovracorrente è rilevata, ma non necessariamente l'interruzione di altri conduttori attivi, eccezion fatta nei casi di cui al paragrafo 6.8.2.

Nei sistemi TN e TT tuttavia, per circuiti alimentati tra le fasi e nei quali il conduttore di neutro non è distribuito, può non essere prevista la rilevazione delle sovracorrenti su una fase a condizione che siano soddisfatte contemporaneamente le due seguenti condizioni:

- vi sia a monte sullo stesso circuito una protezione differenziale che interrompa tutte le fasi;
- il neutro non sia distribuito da un punto "neutro artificiale" posto a valle del dispositivo differenziale sopraccitato.

6.8.2 Protezione del conduttore di neutro

Nei sistemi TN o TT la protezione del conduttore di neutro contro le sovracorrenti è necessaria se la sua sezione è inferiore a quella dei conduttori di fase. La protezione deve essere effettuata mediante un dispositivo che provochi l'interruzione dei conduttori di fase stessi, ma non necessariamente quella del conduttore di neutro.

La protezione del conduttore di neutro non è necessaria se:

- la sua sezione è uguale o di impedenza equivalente a quella dei conduttori di fase;
- se il conduttore di neutro è protetto contro i cortocircuiti dal dispositivo di protezione dei conduttori di fase del circuito;
- la massima corrente che può percorrere il conduttore di neutro in servizio ordinario è chiaramente inferiore al valore della sua portata (I_n)⁽⁶⁾.

Nei sistemi TN-C, il conduttore PEN (PE + N) non deve mai essere interrotto.

Nei sistemi IT si raccomanda vivamente di non distribuire il neutro. Ciò in considerazione del fatto che un suo guasto a terra elimina i vantaggi di questi sistemi: eventuali apparecchi utilizzatori previsti per funzionare con tensione di fase possono essere alimentati con generatori separati o da trasformatori.

Nel caso però che esso venga distribuito occorre proteggerlo rilevando le sovracorrenti che lo attraversano (questo per ogni circuito) mediante un dispositivo che interrompa tutti conduttori attivi del circuito corrispondente, neutro compreso.

Tutto ciò non è necessario se il conduttore di neutro è già protetto contro i cortocircuiti da un dispositivo posto a monte, ad esempio all'origine dell'impianto, oppure se il circuito è protetto da un dispositivo differenziale con $I_{\Delta} \leq 0,15$ volte la portata (I_n) del conduttore di neutro corrispondente. Il dispositivo deve interrompere tutti i conduttori attivi, neutro compreso.

(6) Questa condizione è soddisfatta se la potenza trasportata è divisa nel modo più equo possibile tra le diverse fasi.

6.8.3 Interruzione del neutro

Se è richiesta l'interruzione del neutro questa deve avvenire dopo quella del conduttore di fase, mentre la sua chiusura deve verificarsi prima o contemporaneamente di quella del conduttore di fase.

La Tab. 6.2 indica quando è necessario installare un dispositivo di protezione sui conduttori di fase e di neutro nei sistemi TN, TT e IT (CEI 64-8/473.3.2.2).

Legenda

F = conduttore di fase
 N = conduttore di neutro
 S_F = sezione del conduttore di fase
 S_N = sezione del conduttore di neutro
 P = è richiesto un dispositivo di protezione; esso peraltro non è vietato
 no = è vietato inserire un dispositivo di protezione che interrompa il conduttore PEN

Note

- (1) Se il sistema non è sostanzialmente equilibrato si deve disporre sul conduttore PEN un rivelatore di sovracorrente, che provochi l'interruzione dei conduttori di fase, ma non del conduttore PEN.
- (2) Un dispositivo di protezione contro le sovracorrenti non è richiesto su un conduttore di fase se il circuito è protetto con dispositivo differenziale.
- (3) Il conduttore di neutro non deve aprirsi prima e non deve chiudersi dopo i conduttori di fase.
- (4) Un dispositivo di protezione sul conduttore di neutro contro i sovraccarichi è richiesto solo se il sistema non è sostanzialmente equilibrato.
- (5) Eccetto nel caso in cui il conduttore di neutro sia effettivamente protetto contro i cortocircuiti o ci sia una protezione differenziale situata a monte.

Tab. 6.2

Sistemi	Circuiti				
	Trifase	2 Fasi	Fase + Neutro	Trifase con neutro	
				$S_N \geq S_F$	$S_N < S_F$
	F F F	F F	F N	F F F N	F F F N
TN-C	P P P	P P ⁽²⁾	P no	P P P no	P P P no
TN-S	P P P ⁽²⁾	P P ⁽²⁾	P -	P P P - ⁽³⁾	P P P P ⁽³⁾⁽⁴⁾
TT	P P P ⁽²⁾	P P ⁽²⁾	P -	P P P - ⁽³⁾	P P P ⁽³⁾⁽⁴⁾
IT	P P P	P P ⁽²⁾	P P ⁽³⁾⁽⁵⁾	P P P P ⁽³⁾⁽⁵⁾	P P P P ⁽³⁾⁽⁵⁾