

PROTEZIONE DA SOVRACCARICO E CORTOCIRCUITO IN BT

CAPITOLO 1 SOVRACORRENTI

A cura del Prof.: Ing. Fusco Ferdinando

Capitolo 1

Sovracorrenti

1.1 Generalità

Si definisce sovracorrente una corrente di valore superiore al valore nominale, e cioè al valore per il quale è stato dimensionato il circuito o il singolo componente. Una sovracorrente può essere generata da un guasto nell'impianto che provochi un contatto accidentale fra due conduttori a tensione diversa, ed in questo caso si ha il cortocircuito che può essere causato anche da un errore di collegamento; se invece si determina un funzionamento anomalo del carico alimentato, non dovuto a un guasto circuitale: si è allora in presenza di un sovraccarico. Le sovracorrenti, causando un aumento delle perdite per effetto Joule, possono provocare un riscaldamento eccessivo nei componenti interessati da tale fenomeno (cavi, apparecchi di manovra, gli stessi apparecchi utilizzatori); devono pertanto essere interrotte prima di arrivare a determinare danni, mediante idonei dispositivi di protezione.

1.2 Dispositivi utilizzati per la protezione da sovracorrenti

Le apparecchiature per la protezione dalle sovracorrenti, si possono suddividere in:

- Dispositivi idonei alla protezione contro i cortocircuiti;
- Dispositivi idonei alla protezione contro i sovraccarichi;
- Dispositivi idonei alla protezione sia dei sovraccarichi sia dei cortocircuiti.

Tali dispositivi sono essenzialmente:

- **Fusibili;**
- **relè termici;**
- **relè elettronici;**
- **Interruttori automatici;**

Quando la protezione contro i sovraccarichi e i cortocircuiti è affidata a dispositivi diversi, le loro caratteristiche devono essere opportunamente coordinate, in modo che intervenga caso per caso il dispositivo più idoneo; inoltre, in un sistema con più derivazioni, se si verifica un guasto è utile che intervenga solo la linea dove si è verificata l'anomalia, senza interferire con le altre. In questo caso il sistema risulta selettivo.

1.3 Definizioni

Le definizioni fornite dalla Norma CEI 17-44 EN60947-1 :

- **Sovracorrente:** corrente di valore superiore alla corrente nominale.
- **Cortocircuito:** connessione accidentale o intenzionale di due o più punti di un circuito, che normalmente sono a tensione diversa, mediante una resistenza o un'impedenza di valore relativamente basso;

- **Corrente di cortocircuito:** sovracorrente risultante da un cortocircuito causato da un guasto o connessione errata in un circuito elettrico;
- **Sovraccarico:** condizioni di funzionamento anomale in un circuito elettricamente sano che causano una sovracorrente;
- **Corrente di sovraccarico:** sovracorrente che si verifica in un circuito elettricamente sano.

1.4 Differenze e separazione

Da quanto detto prima, si usa suddividere le sovracorrenti in due famiglie: sovraccarichi e cortocircuiti.

La frontiera tra queste due famiglie è quanto mai labile e soggettiva, mancando un oggettivo criterio per fissarla.

Le norme CEI non si sbilanciano eccessivamente a riguardo; pur tuttavia studiano separatamente queste correnti e ne prevedono il controllo e l'interruzione secondo procedure diverse e quasi indipendenti.

- Il sovraccarico

Parti di un impianto possono essere interessate da un sovraccarico, quando delle sovracorrenti dipendenti dall'esercizio permangono per un tempo troppo lungo, o i mezzi di esercizio come motori e conduttori sono dimensionati in modo non adeguato. In questo caso responsabile dell'evento è ovviamente un operatore, che sta sfruttando oltre misura (per la quantità o per la

sollecitazione unitaria) gli apparecchi utilizzatori a sua disposizione, e in catena, sollecita eccessivamente le condutture coinvolte. La conseguenza è l'assorbimento di correnti elevate, superiori alla nominale e dunque di sovraccarico; queste correnti di sovraccarico, riscaldano gli avvolgimenti dei motori e dei conduttori in modo inammissibile, e riducono la vita delle parti isolanti. Maggiore è la corrente di sovraccarico, più rapidamente si raggiunge la temperatura limite ammissibile delle parti di impianto, e più breve è la durata ammissibile del carico. Le correnti di sovraccarico, assumono spesso valori solo di poco superiori al valore nominale, e possono quindi essere sopportate per un certo tempo dall'impianto; inoltre alcuni tipi di sovracorrenti sono di natura funzionale, come le correnti di spunto dei motori e non devono quindi causare l'intervento delle protezioni. La funzione del dispositivo di protezione contro i sovraccarichi, consiste da una parte nel consentire il passaggio di sovracorrenti non pericolose, e dall'altra parte nell'interrompere sovracorrenti prima che esse possano superare il tempo di carico ammesso.

- Il cortocircuito

Il cortocircuito si verifica in un impianto o in un componente guasto.

Per guasto, si intende un cedimento casuale e involontario dell'isolamento di uno o più cavi in tensione verso massa o fra loro, ed è un evento accidentale

che può verificarsi dappertutto sull'impianto; la causa di un cortocircuito, può anche essere ricercata in una manovra difettosa. Può accadere, ad esempio, che due o più cavi sottoposti ad azione abrasiva, asportando l'isolante mettono in contatto le anime di rame; può essere un solo cavo che, colpito da un corpo estraneo provocante la rottura dell'isolante, tocca un punto a massa.

Tutte le linee sono potenzialmente soggette al cortocircuito, e perciò la loro protezione deve essere a tappeto, dalla cabina al carico compreso. Tale situazione causa, come noto, una scarica di corrente elevatissima tra i due punti in avaria; quindi partendo da una situazione di riposo o di regime normale, con correnti dell'ordine della I_n , l'impedenza della linea crolla a valori bassissimi, a causa di un guasto d'isolamento. La corrente cresce verticalmente verso l'alto, cercando la nuova situazione di equilibrio elettrico; la raggiungerebbe dopo un'oscillazione smorzata, con componente unidirezionale funzione delle variabili locali d'impianto (reattanza di linea, contributo dei carichi presenti ecc); nello stesso tempo la temperatura del cavo sale in funzione del tempo, in modo adiabatico e linearmente con elevata pendenza, e in pochi millisecondi raggiungerebbe quella di fusione, poi quella d'infiammabilità dell'isolante e infine la combustione si manifesterebbe e si estenderebbe ai materiali infiammabili circostanti.

Il cortocircuito si manifesta generalmente sotto forma di archi elettrici che non solo danneggiano parti di impianto, ma mettono in pericolo anche il

personale di servizio, ed è uno dei pochi eventi che fanno vedere la corrente. La visione si manifesta nello stesso istante almeno in due luoghi: sul punto di guasto e come arco elettrico che si produce tra i due o più contatti interessati al fenomeno e situati all'interno dell'apparecchio automatico di protezione. L'arco è una vera e propria fiammata, che può raggiungere i 2-3 mila °C di picco, producendo un repentino aumento della temperatura dell'aria interna all'interruttore. L'aria, che è paragonabile ad un gas perfetto ($PV = RT$), bruscamente riscaldata dall'arco ma bloccata dall'involucro, non può espandersi e produce così un violento colpo di pressione, che sforza meccanicamente le pareti di contenimento circostanti. La durata dell'arco gioca un ruolo fondamentale: più è lunga, più alta è la cresta di corrente, maggiore è il contenuto energetico e maggiore lo sforzo fisico richiesto, sia all'interruttore che alla linea. Mentre la linea rimane però assolutamente passiva ed esposta al danno, è la protezione (interruttore o fusibile), che rileva il cortocircuito e reagisce interrompendolo.

Si evince quindi che il rischio di cortocircuito, come già per il sovraccarico, interessa non solo l'impianto elettrico, come entità a sé stante ma anche e soprattutto l'intero edificio di cui l'impianto fa parte; inoltre queste correnti esercitano, sulle parti della rete interessata, notevoli sforzi elettrodinamici. Le forze dinamiche dipendono dal quadrato della corrente di cortocircuito (valore di picco), e le sollecitazioni termiche dal quadrato del valore efficace e dalla

sua durata. Il cortocircuito, pur essendo casuale ed accidentale non è per questo imprevedibile o non analizzabile. La “sicurezza”, pretende che si studi l’evento, supponendolo in tutti i punti della linea. Per studiare il fenomeno, si inizia con l’individuare la corrente presunta di guasto in ogni punto della condotta, ipotizzando tra i possibili tipi di corto il più pericoloso, cioè il cortocircuito franco, simmetrico e trifase tra i conduttori. Lo scopo del dispositivo di protezione contro il cortocircuito, è quello di limitare il più possibile i pericolosi effetti associati a questa condizione, mantenendo la corrente per il tempo minimo necessario all’interruzione.

Quindi si possono rilevare delle sostanziali differenze tra sovraccarico e cortocircuito:

- **Una prima differenza** riguarda lo stato dell’impianto.

I sovraccarichi si manifestano mentre l’impianto è sano, cioè privo di guasti e sottoposto a normali modalità di lavoro.

Il cortocircuito si verifica invece, in un impianto o in un componente guasto.

- **Una seconda differenza** è puramente quantitativa e convenzionale e riguarda corrente e tempo. Consiste nel limitare a una corrente, pari ad esempio a 10 volte la I_n , il confine di demarcazione tra correnti di sovraccarico o di cortocircuito, e nel fissare in pochi secondi (fino a cinque

per correnti di c.c. modeste) il tempo di mantenimento che caratterizza il cortocircuito, mentre tempi di durata superiore si possono accettare per il sovraccarico.

- **Una terza differenza** riguarda la termodinamica del fenomeno.

Il sovraccarico, per le limitate correnti in gioco, può essere tollerato per qualche tempo e poi interrotto, con assoluta facilità, dai dispositivi interni di apertura degli interruttori automatici; si tratta di un fenomeno lento e diabatico, ciò vuol dire che parte del calore sviluppato al passaggio di questa corrente viene scambiato con l'ambiente esterno. Il cortocircuito, al contrario, deve essere interrotto nel più breve tempo possibile; il fenomeno è velocissimo e quasi adiabatico, cioè solo una piccola parte del calore sviluppato dalle perdite per effetto della corrente viene scambiato con l'esterno; nel caso di cortocircuito l'apertura della corrente sollecita pesantemente i dispositivi spegniarco interni agli interruttori.

- **Una quarta differenza** si intravede nel diverso modo di rilevazione e sgancio. Il sovraccarico viene controllato dai relè a bimetallo, molto precisi ma lenti e tolleranti, mentre il corto è individuato e sganciato da relè elettromagnetici sensibilissimi e alquanto rapidi.

- **Una quinta differenza** riguarda la disposizione delle apparecchiature di protezione.

A differenza del sovraccarico che essendo dovuto sempre e solo al carico e quindi in fondo alla linea, può essere rilevato dalla protezione dovunque si trovi sulla linea, il cortocircuito può capitare in un punto qualunque del percorso, ed è sempre sentito se e solo se la protezione è collocata all'origine della linea stessa. Nel sovraccarico la protezione è assicurata anche a monte dell'apparecchio preposto, per l'intera lunghezza del cavo a parità di sezione; nel corto solo a valle.

Il tutto si può riassumere nella seguente tabella:

Sovraccarichi	Cortocircuiti	
Sano	Guasto	Stato dell'impianto
$I_n < I < 10 I_n$	$I > 10 I_n$	Range di valori
Fenomeno lento e diabatico	Fenomeno velocissimo e adiabatico	Termodinamica
Umane volontarie	Umane involontarie o accidentali	Cause
Dai secondi, ai minuti alle ore	Millisecondi	Tempo di durata
Qualsiasi punto della linea	All'inizio della linea	Installazione della protezione

1.5 Casi in cui non si proteggere da sovracorrenti

Vi sono casi in cui la protezione contro i sovraccarichi, può essere omessa o addirittura viene sconsigliata, in quanto l'apertura intempestiva del circuito potrebbe essere causa di pericolo.

L'art. 473.1.4 della Norma CEI 64-8 cita i seguenti casi:

- I circuiti di eccitazione delle macchine rotanti.
- I circuiti di alimentazione degli elettromagneti di sollevamento.
- I circuiti secondari dei trasformatori di corrente.
- I circuiti che alimentano dispositivi di estinzione dell'incendio.

Ai casi suddetti potrebbero essere aggiunti i processi industriali, nei quali un'interruzione intempestiva dell'alimentazione potrebbe provocare gravi danni. In tutti questi casi la protezione contro i sovraccarichi può essere realizzata con dispositivi che segnalino la condizione anomala all'operatore, senza effettuare l'interruzione o effettuandola solo dopo un certo tempo.

La protezione contro i cortocircuiti, può essere omessa in circuiti (in genere alimentati da trasformatori di potenza modesta e reattanza elevata) in grado di sopportare senza danni la corrente di cortocircuito, o in tratti di cavo di lunghezza non superiore a 3 m, purché la conduttura sia realizzata in modo da ridurre al minimo il rischio di cortocircuito, non sia vicina a materiale combustibile e non si trovi in ambiente con pericolo di incendio o di esplosione.