

Quaderni di applicazione tecnica N.5
Interruttori ABB per applicazioni in
corrente continua

Interruttori ABB per applicazioni in corrente continua

Indice

1	Introduzione	2	7	Scelta del dispositivo di protezione	20
2	Generalità sulla corrente continua	3	8	Impiego di apparecchi per corrente alternata in corrente continua	37
3	Applicazioni	5	8.1	Variazione dell'intervento magnetico	37
3.1	Conversione di energie alternative in energia elettrica	5	8.2	Collegamento in parallelo dei poli dell'interruttore	39
3.2	Trazione elettrica.....	7	9	L'offerta ABB	40
3.3	Alimentazione dei servizi di emergenza o di servizi ausiliari	8	9.1	Interruttori automatici	40
3.4	Impianti industriali particolari	8	9.2	Sezionatori	49
4	Generazione	9	<hr/>		
4.1	Batterie di accumulatori	9	Appendice A: Sistemi di distribuzione in c.c.....		
4.2	Conversione statica	10	51		
4.3	Dinamo	11	Appendice B: Calcolo delle correnti di cortocircuito		
5	Considerazioni sull'interruzione della corrente continua	12	54		
6	Tipologie di reti	14	Appendice C: Interruttori automatici e sezionatori per impiego fino a 1000Vc.c.....		
6.1	Rete isolata da terra	14	57		
6.2	Rete con una polarità connessa a terra.....	16	Glossario		
6.3	Rete con il punto medio della fonte di alimentazione connesso a terra	18	61		

1 Introduzione

La corrente continua, utilizzata in passato quale mezzo principale di distribuzione dell'energia elettrica, è ancora oggi diffusa negli impianti elettrici che alimentano particolari applicazioni industriali.

I vantaggi in termini di regolazione offerti dall'adozione di motori in c.c. e l'alimentazione tramite linea di contatto unica, fanno dell'alimentazione in continua una soluzione per ferrovie, metropolitane, tramvie, ascensori e altri mezzi di trasporto.

Inoltre l'utilizzo della corrente continua trova impiego negli impianti di conversione (impianti dove energie di altro tipo sono trasformate in energia elettrica di tipo continuo, es. impianti fotovoltaici) e soprattutto in quelle applicazioni di emergenza in cui vi è la necessità di avere una fonte di energia di riserva che consenta di alimentare servizi essenziali come sistemi di protezione, luci di emergenza, reparti di ospedali e fabbriche, sistemi di allarme, centri di calcolo, ecc.. Gli accumulatori per esempio costituiscono la fonte di energia più sicura per l'alimentazione di tali servizi, sia direttamente in continua che per mezzo di gruppi di continuità (UPS) quando l'alimentazione dei carichi è in corrente alternata.

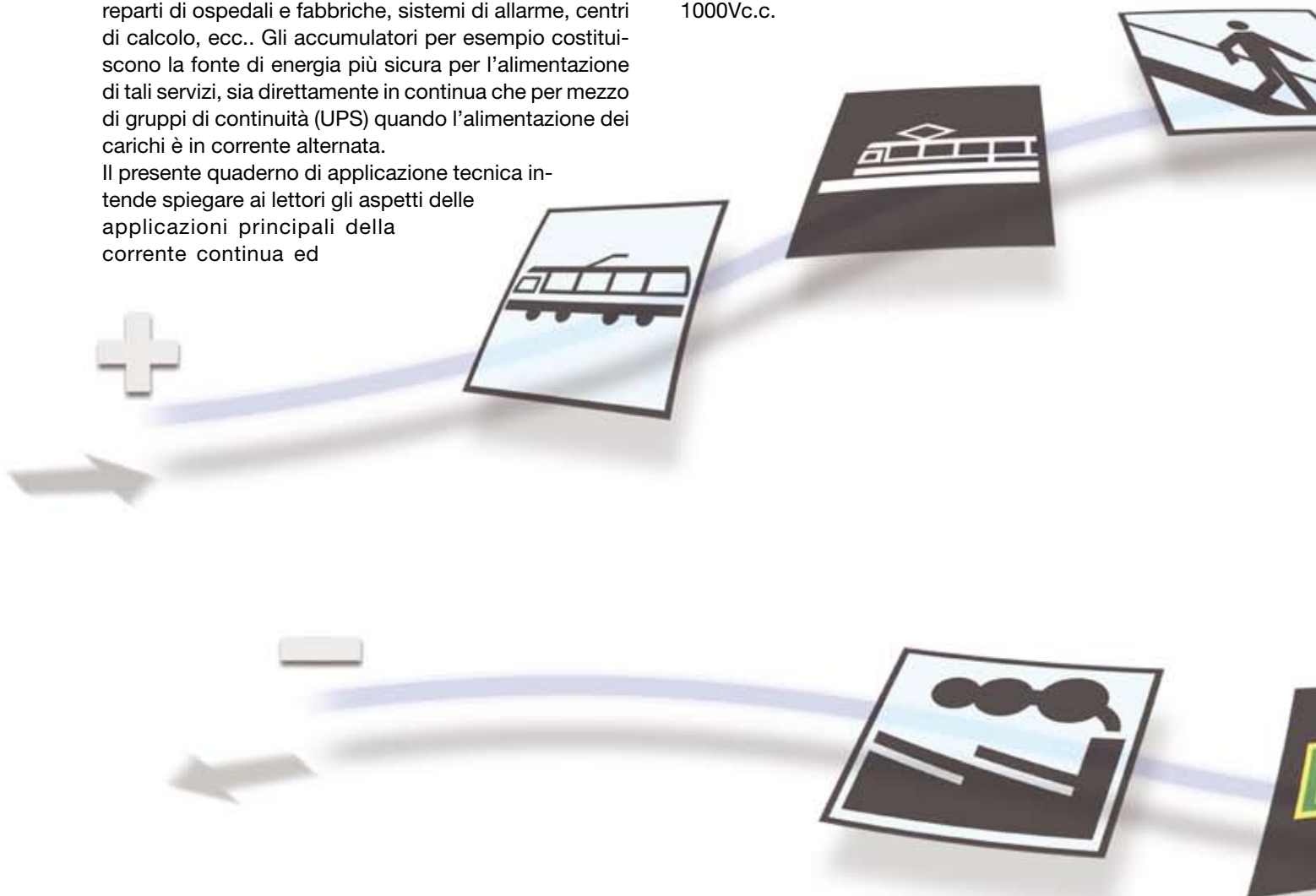
Il presente quaderno di applicazione tecnica intende spiegare ai lettori gli aspetti delle applicazioni principali della corrente continua ed

illustrare la soluzione offerta dai prodotti ABB SACE.

Lo scopo principale è quello di offrire informazioni precise con tabelle che forniscono una rapida scelta del dispositivo di protezione/sezionamento facendo particolare attenzione alle caratteristiche d'impianto (tipologie di guasto, tensione d'impianto, modalità di messa a terra dell'impianto).

Sono inoltre presenti delle appendici in cui sono approfondite ulteriori informazioni relative alla corrente continua e più precisamente:

- informazioni sui sistemi di distribuzione in accordo alla normativa internazionale IEC 60364-1;
- calcolo della corrente di cortocircuito in c.c. in accordo alla normativa internazionale CEI EN 61660-1;
- interruttori automatici e sezionatori per impiego fino a 1000Vc.c.



2 Generalità sulla corrente continua

Per comprendere l'utilizzo della corrente continua è bene conoscerne le caratteristiche elettriche e le differenze rispetto alla corrente alternata.

Per definizione la corrente elettrica denominata continua presenta un andamento unidirezionale costante nel tempo.

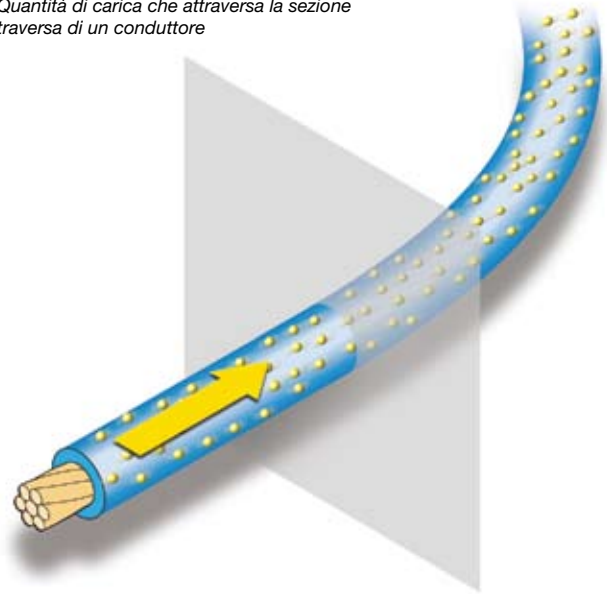
Analizzando infatti il moto delle cariche in un punto attraversato da una corrente continua, la quantità di carica (Q) che percorre tale punto (o meglio sezione traversa) in ogni istante è sempre la stessa.

Le fonti in grado di fornire corrente elettrica di tipo continuo sono le batterie o le dinamo; inoltre, tramite un processo di raddrizzamento, è possibile convertire una corrente di tipo alternato in una di tipo continuo.

Tuttavia la corrente continua "pura" che non presenta nessuna fluttuazione periodica viene generata esclusivamente dalle batterie (o accumulatori); infatti, la corrente prodot-

ta dalle dinamo può presentare delle piccole variazioni che non la rendono perfettamente costante nel tempo. Nonostante ciò agli effetti pratici la corrente generata dalla dinamo viene considerata comunque continua.

Figura 1
Quantità di carica che attraversa la sezione
traversa di un conduttore



In un sistema funzionante in c.c. assume particolare importanza rispettare il verso della corrente, quindi è necessario connettere correttamente i carichi rispettando le polarità poiché, se connessi erroneamente, potrebbero insorgere problemi di funzionamento o di sicurezza.

Ad esempio se un motore in corrente continua fosse alimentato invertendo le polarità esso ruoterebbe al contrario e molti circuiti elettronici se alimentati erroneamente potrebbero subire danni anche irreversibili.



2 Generalità sulla corrente continua

Valore efficace di una grandezza sinusoidale

Il parametro che accomuna la corrente alternata alla corrente continua è il valore efficace.

Il valore efficace di una corrente alternata rappresenta il valore di corrente in continua che produce i medesimi effetti termici nello stesso tempo; ad esempio una cor-

rente continua di 100 A produce gli stessi effetti termici di una corrente alternata sinusoidale di valore massimo 141 A.

Il valore efficace permette quindi di trattare la corrente alternata, dove il valore istantaneo varia nel tempo, come se fosse di tipo continuo.

Il valore efficace ($I_{r.m.s}$) di una forma d'onda periodica sarà pari a:

$$I_{r.m.s} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt} \quad (\text{dove } T \text{ è il periodo})$$

Figura 2 Forma d'onda periodica a 50Hz

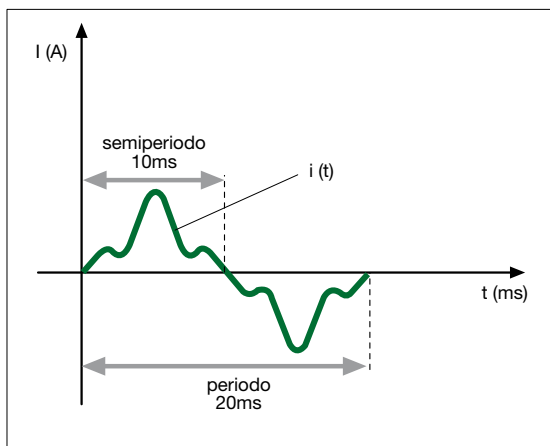
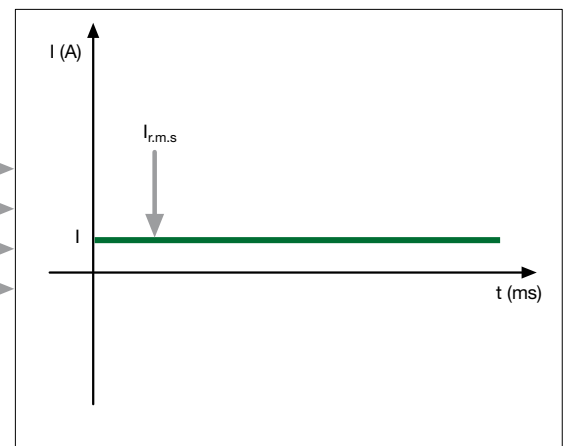


Figura 3 Valore efficace (valore della corrente continua equivalente)



Il valore efficace di una forma d'onda perfettamente sinusoidale è pari a:

$$I_{r.m.s} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} \quad (\text{dove } I_{max} \text{ è il massimo valore dell'ampiezza della forma d'onda sinusoidale})$$

Figura 4 Forma d'onda periodica a 50Hz

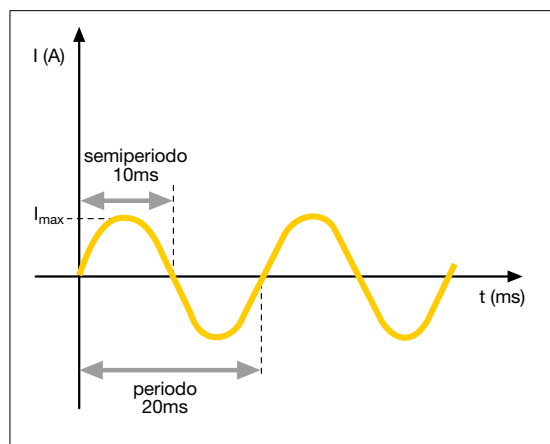
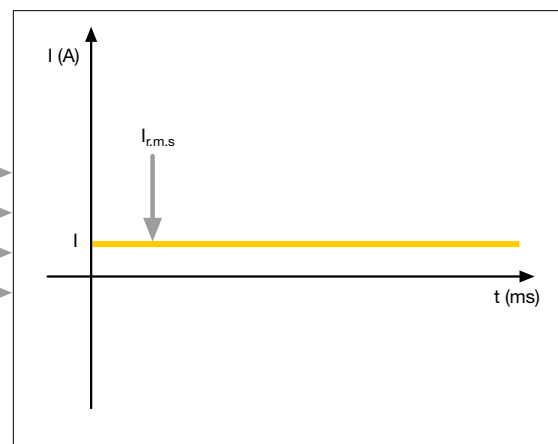


Figura 5 Valore efficace (valore della corrente continua equivalente)



3 Applicazioni

In bassa tensione l'utilizzo della corrente continua trova impiego in diverse applicazioni; nelle seguenti pagine verranno suddivise in 4 macrofamiglie che comprendono:

- la conversione di altre forme di energia in energia elettrica (impianti fotovoltaici, soprattutto là dove vengono impiegati batterie di accumulatori);
- la trazione elettrica (tram, metropolitane ecc);
- l'alimentazione dei servizi di emergenza o di servizi ausiliari;
- impianti industriali particolari (processi elettrolitici, ecc...).

3.1 Conversione di energie alternative in energia elettrica

Impianti fotovoltaici

Un impianto fotovoltaico consente di trasformare l'energia associata alla radiazione solare in energia elettrica di tipo continuo; è costituito da pannelli di materiale semiconduttore che sono in grado di generare energia elettrica una volta esposti ai raggi solari.

Gli impianti fotovoltaici possono essere collegati in parallelo alla rete (grid connected) o alimentare una singola utenza (impianto in isola o stand alone).

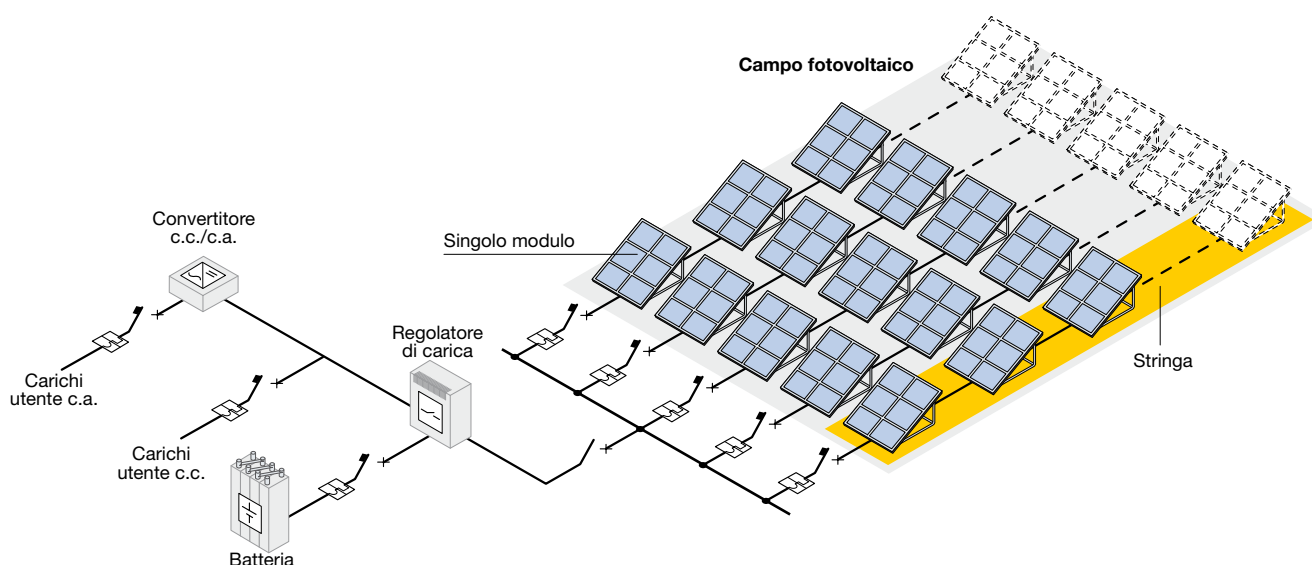
In quest'ultimo caso è presente una batteria di accumulatori che fornisce l'alimentazione in caso di mancanza di irradiazione solare.

L'elemento base di un impianto fotovoltaico è la cella fotovoltaica costituita da materiale semiconduttore (silicio amorfo o monocristallino); tale cella, esposta ai raggi solari, è in grado di fornire una corrente massima I_{mpp} ad una tensione massima V_{mpp} a cui corrisponde una potenza massima chiamata W_p . Più celle fotovoltaiche vengono connesse in serie, ottenendo in tal modo una stringa, per incrementare il livello di tensione; collegando più stringhe in parallelo si aumenta il livello di corrente. Ad esempio se la singola cella è in grado di erogare 5 A a 35.5 Vc.c, per raggiungere un livello di 100 A a 500 Vc.c. occorre connettere 20 stringhe in parallelo costituite da 15 celle ciascuna.

Generalmente un impianto fotovoltaico funzionante in isola (stand alone) è costituito dai seguenti dispositivi:

- **campo fotovoltaico**: costituito dalle celle fotovoltaiche opportunamente connesse e utilizzate per la trasformazione di energia solare in energia elettrica;
- **regolatore di carica**: è un dispositivo elettronico in grado di regolare la carica e scarica degli accumulatori;
- **batterie di accumulatori**: sono in grado di fornire energia elettrica in mancanza di irradiazione solare;
- **convertitore c.c./c.a.**: ha il compito di convertire la corrente da continua in alternata, controllandola e stabilizzandola in frequenza e forma d'onda.

La seguente figura indica lo schema a blocchi di un impianto fotovoltaico stand alone.



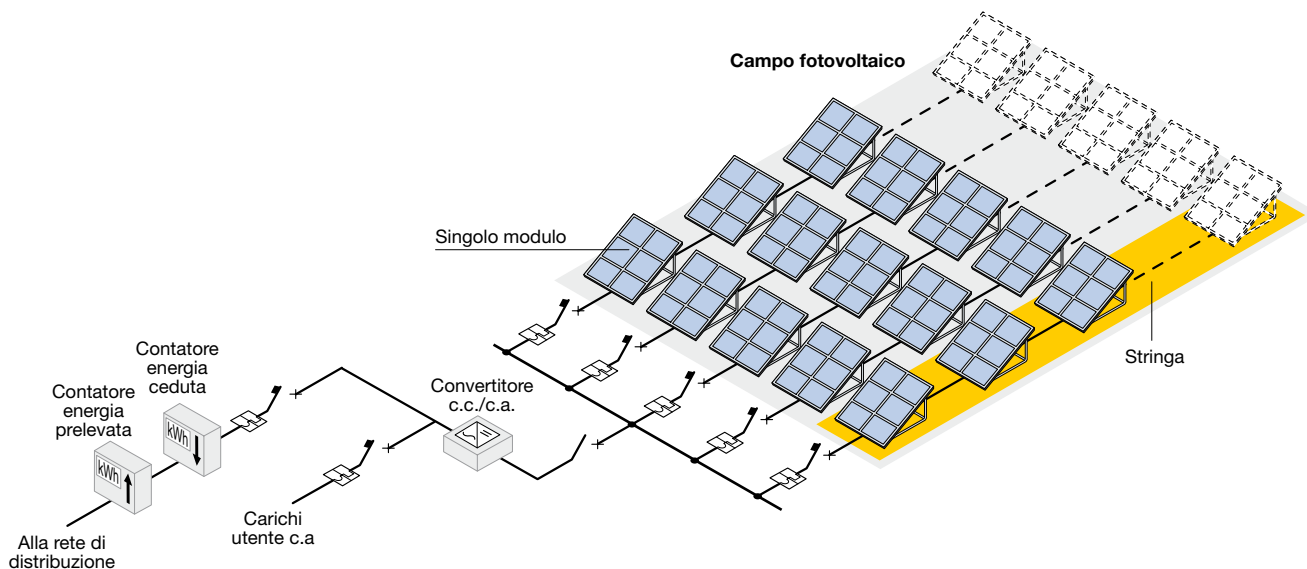
Lo schema generale di un impianto fotovoltaico funzionante in parallelo alla rete (grid connected) a differenza di quello funzionante in isola, può non prevedere la presenza della batteria di accumulatori in quanto, in mancanza di irraggiamento, l'utente è alimentato dalla rete.

Un impianto fotovoltaico di questo tipo è costituito dalle seguenti apparecchiature:

- **campo fotovoltaico:** costituito dalle celle fotovoltaiche opportunamente connesse e utilizzate per la trasformazione di energia solare in energia elettrica;

- **convertitore c.c./c.a.:** ha il compito di convertire la corrente da continua in alternata, controllandola e stabilizzandola in frequenza e forma d'onda;
- **dispositivo di interfaccia:** è costituito da un interruttore automatico equipaggiato con bobina di minima tensione o da un sezionatore in grado di assicurare la totale separazione dei gruppi di produzione dalla rete pubblica;
- **contatori di energia:** sono presenti per la misura e fatturazione dell'energia ceduta e di quella assorbita dalla rete di distribuzione.

La seguente figura indica lo schema a blocchi di un impianto fotovoltaico in parallelo alla rete (grid connected).



Gli impianti fotovoltaici possono fornire correnti da poche decine di Ampere (applicazioni domestiche e similari) fino a centinaia di Ampere (terziario e piccola industria).

3.2 Trazione elettrica

La particolare caratteristica coppia-velocità e la facilità di regolazione della velocità stessa hanno determinato l'adozione dei motori in c.c. nel campo della trazione elettrica.

Inoltre, l'alimentazione in c.c. presenta il grosso vantaggio di avere la linea di contatto costituita da un unico conduttore dato che le rotaie costituiscono il conduttore di ritorno.

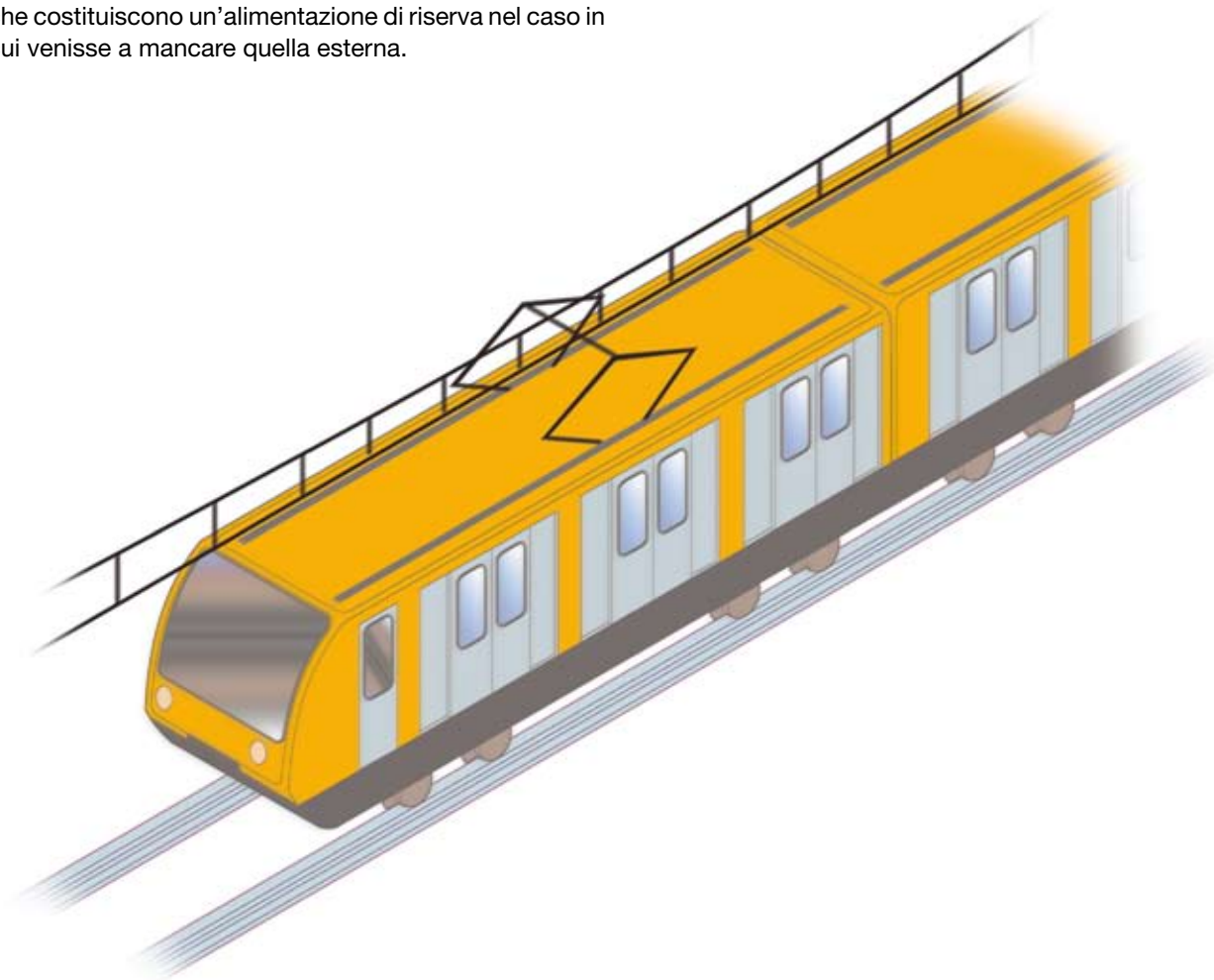
Nel panorama attuale l'utilizzo della corrente continua trova impiego soprattutto nei trasporti pubblici urbani, quindi filobus, tram, metropolitane, con una tensione di alimentazione di 600V o 750V, fino a 1000V.

L'impiego della corrente continua non è limitato alla sola trazione dei veicoli ma rappresenta una fonte di alimentazione dei circuiti ausiliari presenti sul veicolo stesso; in tali casi vengono installate delle batterie di accumulatori che costituiscono un'alimentazione di riserva nel caso in cui venisse a mancare quella esterna.

È molto importante garantire tale alimentazione in quanto i circuiti ausiliari possono alimentare dei servizi essenziali quali l'impianto di condizionamento, il circuito di illuminazione sia interno che esterno, il freno di emergenza, il riscaldamento elettrico, ecc...

Le applicazioni degli interruttori automatici nei circuiti in corrente continua per la trazione elettrica in generale possono essere riassunte come segue:

- protezione e manovra della linea di contatto sia aerea che su rotaia;
- protezione dei compressori d'aria a bordo di vetture tranviarie e della metropolitana;
- protezione agli impianti di distribuzione ai servizi ed alle segnalazioni;
- protezione delle sorgenti in c.c. (batterie d'accumulatori);
- protezione e manovre di motori in c.c.



3.3 Alimentazione dei servizi di emergenza o di servizi ausiliari

La corrente continua (direttamente o indirettamente attraverso batterie di accumulatori) è utilizzata in tutti quegli impianti in cui la continuità di servizio rappresenta una esigenza fondamentale.

Tali impianti, non tollerando interruzioni di energia causate ad esempio da una perdita dell'alimentazione, necessitano di una fonte di pronta utilizzazione, eventualmente limitata nel tempo, ma tale da attendere i tempi necessari per la messa in funzione di un gruppo generatore di emergenza.

Alcuni esempi di impianti utilizzatori di questo tipo possono essere:

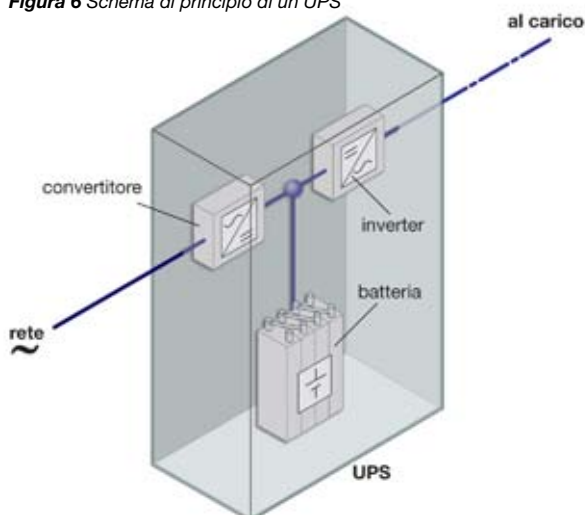
- applicazioni industriali (controllo di processi);
- impianti di sicurezza ed emergenza (luci, allarmi);
- applicazioni ospedaliere;
- telecomunicazione;
- applicazioni nel settore informatico (data center, stazioni di lavoro, server, ecc...)

In questi impianti non sono tollerate interruzioni di energia ed è quindi necessario inserire nell'impianto sistemi in grado di immagazzinare energia durante la presenza dell'alimentazione e di restituirla immediatamente quando questa viene a mancare.

Le batterie di accumulatori costituiscono la fonte di energia più sicura per l'alimentazione di tali servizi, sia direttamente in c.c. (se i carichi lo permettono) o in c.a. utilizzando un inverter in grado di ricostruire una forma d'onda sinusoidale in uscita partendo da una continua in ingresso.

Quanto detto è realizzato dai gruppi di continuità (UPS):

Figura 6 Schema di principio di un UPS



3.4 Impianti industriali particolari

La necessità dell'uso della corrente continua è spesso richiesta in molte applicazioni industriali come ad esempio:

- forni ad arco;
- impianti di elettrosaldatura;
- impianti di produzione di grafite;
- impianti di produzione o raffinazione di metalli (alluminio, zinco, ecc...).

In particolare, molti metalli come l'alluminio vengono prodotti tramite un processo elettrolitico. L'elettrolisi è un processo che trasforma energia elettrica in energia chimica. È il processo inverso a quello della pila.

Con la pila infatti si sfrutta una reazione chimica per produrre energia elettrica in continua, con l'elettrolisi invece si usa l'energia elettrica in continua per far decorrere una reazione chimica che non avverrebbe spontaneamente.

Il procedimento consiste nell'immergere il metallo da raffinare che funge da anodo in una soluzione conduttrice, mentre una lamina sottile composta dallo stesso metallo puro funziona da catodo; nel momento in cui viene fatta circolare una corrente continua proveniente dai raddrizzatori si osserva che gli atomi di metallo presenti sull'anodo si dissolvono nella soluzione elettrolitica e contemporaneamente una quantità di metallo equivalente si deposita sul catodo.

In tali applicazioni le correnti di esercizio sono molto elevate >3000A.

Altra applicazione molto comune è rappresentata dagli impianti galvanici in cui vengono realizzati processi che permettono di ottenere un rivestimento di superfici metalliche con altri metalli o leghe (cromatura, nichelatura, ramatura, ottonatura, zincatura, stagnatura, ecc...). Il pezzo metallico da ricoprire funziona generalmente da catodo, al passaggio della corrente elettrica gli ioni dell'anodo andranno a depositarsi sulla superficie del pezzo.

Anche in questi impianti le operazioni vengono realizzate con l'ausilio di una cella elettrolitica con corrente di esercizio di elevata intensità (fino a 3000A ed oltre).

4 Generazione

La produzione della corrente continua può avvenire:

- tramite l'impiego di batterie o accumulatori dove la corrente viene generata direttamente attraverso processi chimici;
- con un processo di raddrizzamento della corrente alternata utilizzando i raddrizzatori (conversione statica);
- tramite la trasformazione di lavoro meccanico in energia elettrica con l'utilizzo di dinamo (produzioni tramite macchine rotanti).

Le seguenti indicazioni non si propongono di essere uno strumento esaustivo, ma intendono illustrare con un semplice linguaggio alcune informazioni in modo da comprendere le principali tecniche di produzione della corrente continua; è chiaro che la tecnologia e le tecniche utilizzate oggi sono molteplici e complesse ma non essendo argomento principale di questo quaderno tecnico ci limiteremo a fornire indicazioni di base per una rapida comprensione.

4.1 Batterie di accumulatori

Un accumulatore è un generatore elettrochimico in grado di trasformare l'energia chimica in energia elettrica sotto forma di corrente continua.

La struttura di un accumulatore è analoga a quella di una normale pila. La principale diversità sta nel fatto che in un accumulatore, il processo di scarica/carica è reversibile: è possibile infatti tramite l'utilizzo di un generatore di corrente continua ripristinare lo stato degli elettrodi che erano stati alterati durante il processo di scarica, tale operazione non è realizzabile con una normale pila.

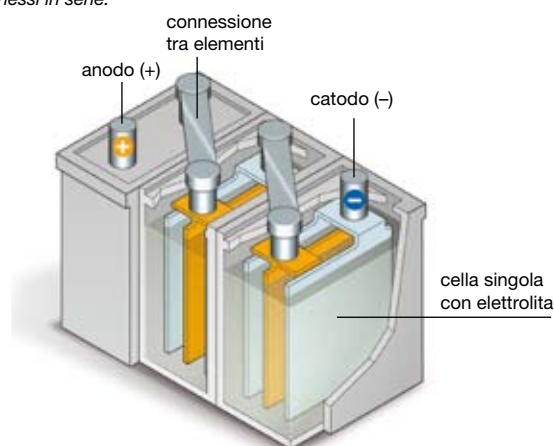
Le principali caratteristiche elettriche di un accumulatore sono:

- **tensione nominale:** differenza di potenziale esistente tra le piastre positive e negative immerse nell'elettrolita. Solitamente viene riportato il valore di tensione riferita ad ogni singolo elemento (2V,4V,6V,12V) per poter ottenere il valore di tensione necessario bisogna utilizzare più elementi in serie in modo tale da raggiungere il livello di tensione desiderato;
- **capacità:** quantità di corrente che essa può fornire per un certo tempo, la capacità è espressa in Amperora (Ah) e si ottiene moltiplicando il valore della intensità della corrente di scarica (Ampere) per il tempo di durata della scarica (ore);
- **resistenza interna:** valore di resistenza interna della batteria, tale valore è fornito dal costruttore;
- **potenza:** potenza erogabile dall'accumulatore, è data dalla tensione media di scarica moltiplicata per la corrente ed è espressa in watt (W).

Struttura di un accumulatore

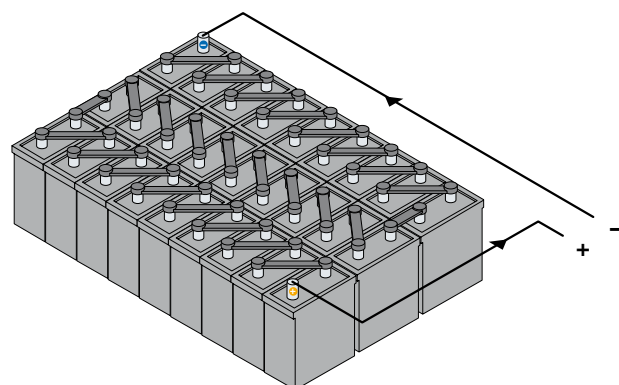
Un accumulatore nella sua forma più semplice è costituito da un recipiente contenente una soluzione a base di acido solforico e acqua distillata (l'elettrolito) nel quale sono immersi i due elettrodi, positivi e negativi, ciascuno formato da una o più piastre connesse in parallelo; i punti terminali di questi elettrodi dove verranno connessi i carichi o dove verranno realizzate le connessioni in serie o parallelo sono l'anodo (+) e il catodo (-).

La seguente figura mostra indicativamente la struttura di 3 elementi connessi in serie:



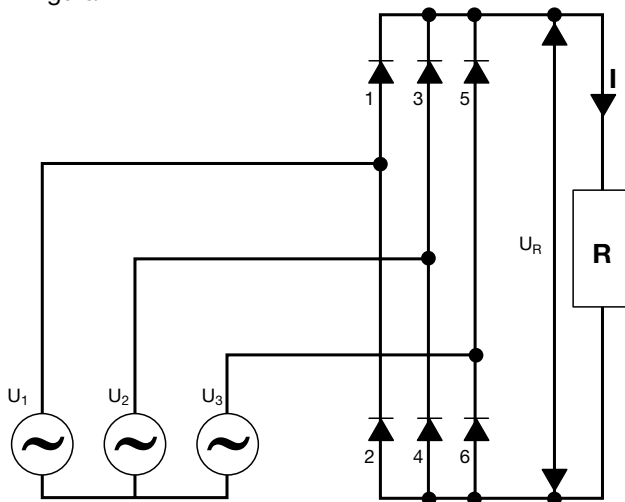
Oltre a questi componenti si trovano i collettori di corrente ed i separatori. I collettori convogliano verso gli elettrodi la corrente generata dagli elementi (in fase di scarica) e viceversa dagli elettrodi verso gli elementi (in fase di carica); i separatori, normalmente costituiti da lamine isolanti, evitano il contatto tra l'anodo ed il catodo, evitando l'insorgere di un corto circuito. Per ottenere il livello di tensione in relazione all'esigenza impiantistica è necessario connettere tramite appositi connettori (vedi figura) più elementi in serie o parallelo per incrementare il livello di tensione o corrente.

La seguente figura mostra la connessione di più elementi in serie in modo da ottenere la tensione di alimentazione richiesta.



4.2 Conversione statica

La fornitura di corrente continua può avvenire tramite l'utilizzo di dispositivi elettronici (detti raddrizzatori) in grado di convertire una corrente di tipo alternato in una di tipo continuo. Tali dispositivi sono anche chiamati convertitori statici per distinguerli da quelli rotanti, ormai obsoleti, che utilizzano più macchine elettriche opportunamente accoppiate. Il principio di funzionamento dei raddrizzatori sfrutta le proprietà dei componenti elettronici a semiconduttore (diodi, tiristori, ecc...) di condurre la corrente solo se polarizzati positivamente. Il principio di funzionamento può essere descritto prendendo in considerazione il ponte trifase di Graetz a diodi riportato in figura:

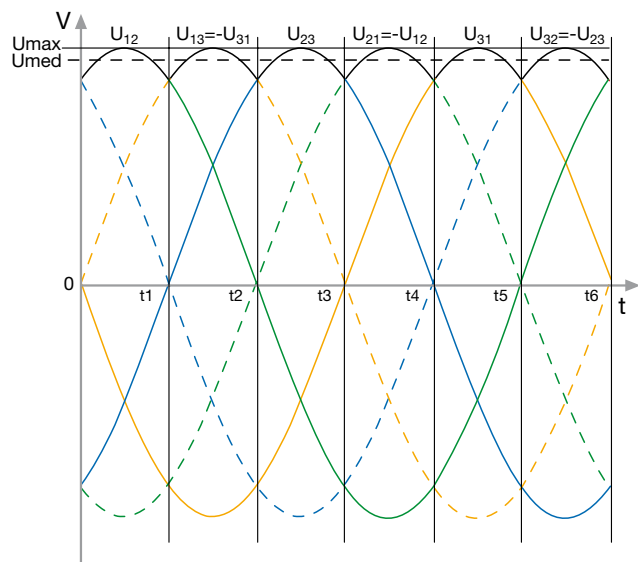


Nello schema si possono distinguere i tre diodi di andata (1,3,5) con i catodi connessi in comune e tre diodi di ritorno (2,4,6) che hanno invece gli anodi connessi in comune.

Premesso che un diodo conduce solo se polarizzato positivamente, ossia quando la tensione ai suoi capi è maggiore di zero, alimentando il ponte con una terna di tensioni trifase si ottiene:

- nel primo sesto di periodo la tensione concatenata U_{12} è la tensione prevalente, quindi condurranno i diodi 1 e 4;
- nel secondo sesto di periodo la tensione concatenata U_{13} è la tensione prevalente, quindi condurranno i diodi 1 e 6;

Analogamente accade nelle frazioni di periodo successive. La tensione U_R ai capi del carico R sarà la tensione rappresentata dall'involuppo delle tensioni concatenate come mostrato in figura.



Le linee intere rappresentano l'andamento delle tre sinusoidi delle tensioni concatenate (U_{12} ; U_{23} ; U_{31}), mentre le linee tratteggiate le sinusoidi relative alle stesse tensioni ma invertite ($U_{13} = -U_{31}$; $U_{21} = -U_{12}$; $U_{32} = -U_{23}$).

La tensione di uscita risultante (rappresentata dalla linea continua nera) assume la forma d'onda di una tensione ondulata con valore medio non nullo.

La corrente continua che attraverserà la resistenza R sarà quindi pari a:

$$I = \frac{U_{med}}{R}$$

In realtà il circuito elettronico di un raddrizzatore è più complesso di quello appena mostrato, ad esempio spesso è presente un condensatore che 'livella' la tensione in uscita per attenuare l'ondulazione. Inoltre al posto dei diodi possono essere utilizzati dei tiristori i quali, grazie alla possibilità di poterne controllare l'accensione rispetto al loro istante di commutazione, permettono di variare il valore di tensione in uscita al ponte; si parla in tal caso di ponte controllato.

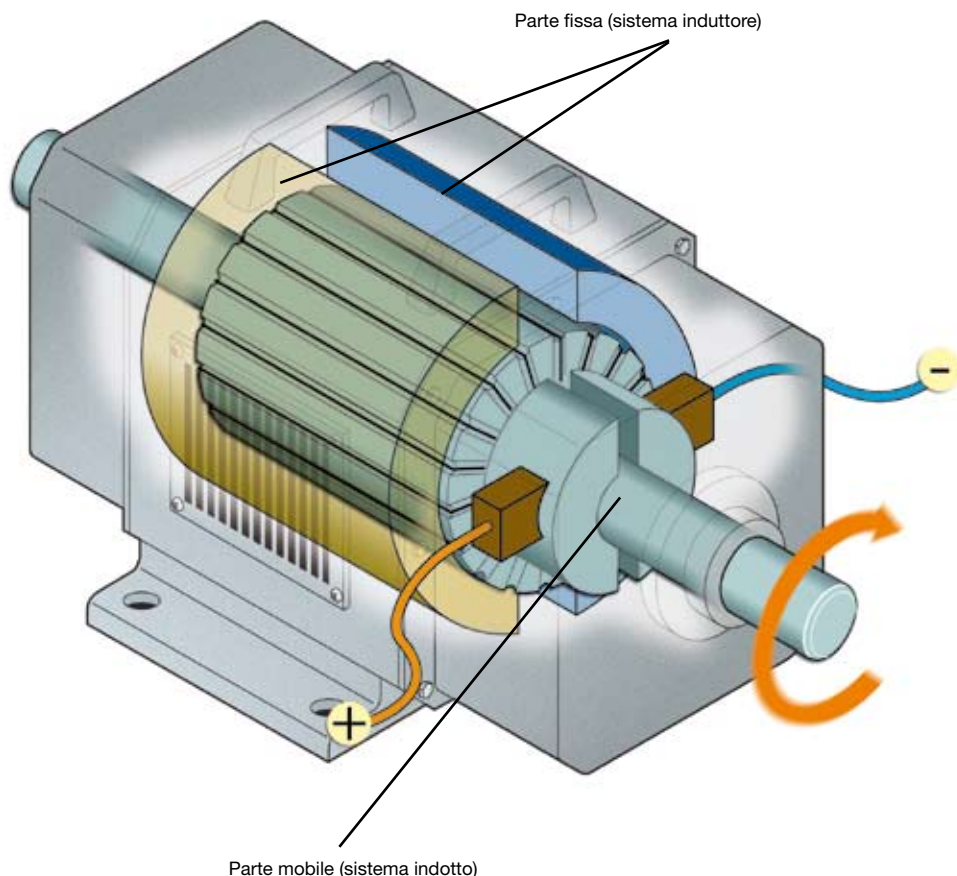
4.3 Dinamo

La dinamo è un generatore di corrente continua utilizzato per trasformare l'energia meccanica in energia elettrica con andamento continuo.

Come si può vedere nella figura tali dispositivi sono costituiti principalmente da una parte fissa che ha il compito di generare il campo magnetico (denominato sistema induttore) e da una parte mobile (denominato indotto) costituita da un sistema di conduttori che verrà "investita" dal campo magnetico generato dall'induttore.

Partendo dal presupposto che un conduttore rettilineo (disposto lungo un cilindro ruotante a velocità costante) tagliando le linee di forza del campo magnetico diviene sede di una f.e.m. indotta variabile nel tempo, è facile comprendere che, con più conduttori connessi in modo opportuno (in modo da compensare i valori positivi e negativi delle f.e.m. indotte dei conduttori), è possibile ottenere una f.e.m. risultante diretta sempre nello stesso verso con valore costante.

La seguente figura mostra la struttura di una dinamo:



5 Considerazione sull'interruzione della corrente continua

La corrente continua presenta delle problematiche diverse rispetto alla corrente alternata in termini di fenomeni associati all'interruzione di elevate correnti in quanto l'estinzione dell'arco risulta particolarmente difficoltosa.

Come si può vedere nella figura 7, in corrente alternata si ha un passaggio naturale dallo 0 ad ogni semiperiodo al quale corrisponde uno spegnimento dell'arco durante l'apertura del circuito.

Tale passaggio non esiste in corrente continua (figura 8); è quindi necessario, per poter estinguere l'arco, che la corrente diminuisca fino ad annullarsi (forzando tale passaggio).

Figura 7 Corrente alternata

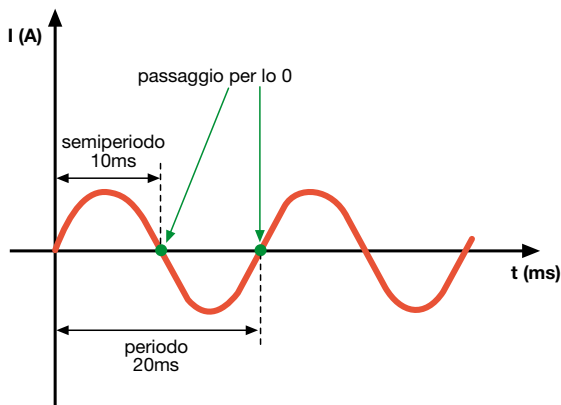
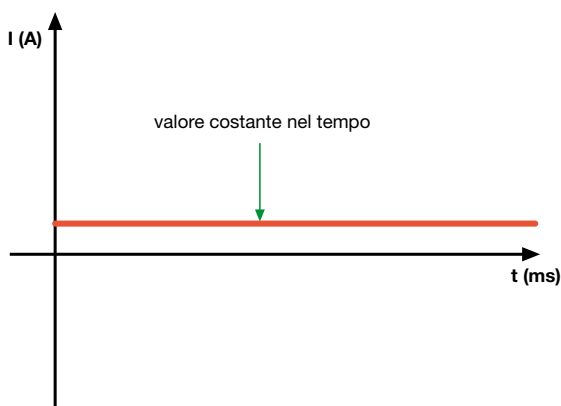
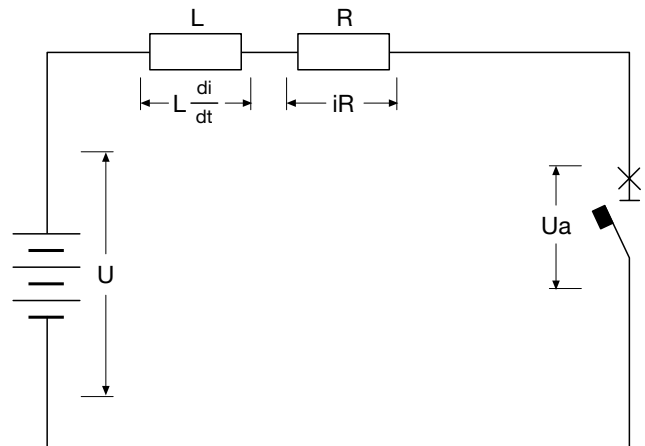


Figura 8 Corrente continua



Per comprendere quanto appena detto si consideri il circuito riportato in figura:



In questo caso si ha:

$$U = L \frac{di}{dt} + Ri + U_a$$

dove:

U è la tensione nominale della sorgente di alimentazione;

L è l'induttanza del circuito;

R è la resistenza del circuito;

U_a è la tensione d'arco.

la formula può essere scritta anche nel seguente modo:

$$L \frac{di}{dt} = U - Ri - U_a \quad (1)$$

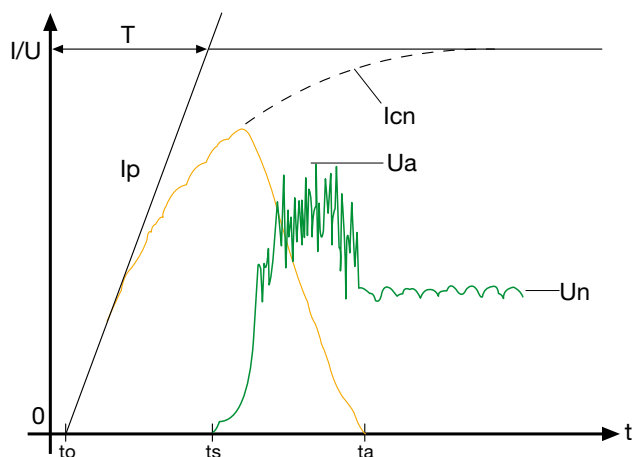
affinché l'arco venga estinto è necessario che:

$$\frac{di}{dt} < 0$$

la relazione sarà verificata quando la tensione d'arco (U_a) sarà così grande da rendere negativo il primo membro della (1). Prescindendo da considerazioni matematiche derivanti dall'integrazione della (1) si può giungere alla conclusione che il tempo di estinzione di una corrente continua è proporzionale alla costante di tempo del circuito $T = L/R$ e alla costante di estinzione.

La costante di estinzione è un parametro che dipende dalla caratteristica d'arco e dalla tensione di alimentazione del circuito.

La seguente figura riporta un oscillogramma relativo ad una prova di cortocircuito effettuata nel laboratorio di prove di potenza ABB SACE.



- I_p = corrente di cortocircuito stabilita
 I_{cn} = corrente di cortocircuito presunta
 U_a = massima tensione d'arco
 U_n = tensione di rete
 T = costante di tempo
 t_o = istante di inizio del cortocircuito
 t_s = istante in cui iniziano a separarsi i contatti dell'interruttore
 t_a = istante in cui la corrente di guasto è estinta.

Al verificarsi del corto circuito, in corrispondenza dell'istante t_o , la corrente comincia a crescere in base alla costante di tempo del circuito. I contatti dell'interruttore cominciano ad allontanarsi dando luogo ad un arco a partire dall'istante t_s .

La corrente continua ad aumentare per un breve istante anche dopo l'inizio dell'apertura dei contatti per poi decrescere in dipendenza del valore sempre più elevato

della resistenza d'arco che si va introducendo nel circuito. Come si può notare dal grafico, la tensione d'arco si mantiene superiore alla tensione di alimentazione del circuito durante il processo di interruzione. In corrispondenza di t_a la corrente è completamente estinta.

Come si può vedere dal grafico, la corrente di corto circuito rappresentata dalla linea rossa viene estinta senza brusche interruzioni che potrebbero generare picchi di tensione elevati.

Per ottenere un annullamento graduale (nel grafico rappresentata dalla discesa di I_p), è necessario quindi raffreddare ed allungare l'arco in modo da inserire nel circuito una resistenza d'arco via via più elevata (con conseguente aumento della tensione d'arco U_a).

Questa estinzione comporta fenomeni energetici che dipendono dal livello di tensione dell'impianto (U_n) e portano ad installare interruttori secondo schemi di connessione aventi poli in serie a tutto vantaggio della prestazione sotto cortocircuito (infatti il potere di interruzione dell'apparecchio risulta maggiore quanto maggiore è il numero di contatti che aprono il circuito).

Questo significa che all'aumentare della tensione occorre aumentare il numero di interruzioni di corrente in serie, così da avere un aumento della tensione d'arco e quindi un numero di poli per l'interruzione adeguato al livello di guasto.

Per le modalità di connessione dei poli in relazione alla tipologia di rete vedi il capitolo 7: "Scelta del dispositivo di protezione".

Riassumendo: per poter interrompere una corrente di cortocircuito in corrente continua è necessario utilizzare interruttori automatici che assicurino

- rapido intervento con adeguato potere di interruzione;
- elevata capacità di limitare la corrente di guasto;
- effetto di contenimento delle sovratensioni.

6 Tipologie di reti in corrente continua

Come anticipato precedentemente, per interrompere una corrente di cortocircuito in corrente continua è necessario connettere in modo opportuno i poli dell'interruttore. Per realizzare tale operazione occorre conoscere la tipologia di connessione dell'impianto verso terra.

Tale informazione permette di valutare tutte le possibili condizioni di guasto e di conseguenza permette di determinare quale connessione è più adatta conformemente alle altre caratteristiche dell'impianto (corrente di cortocircuito, tensione di alimentazione, corrente nominale dei carichi, ecc...).

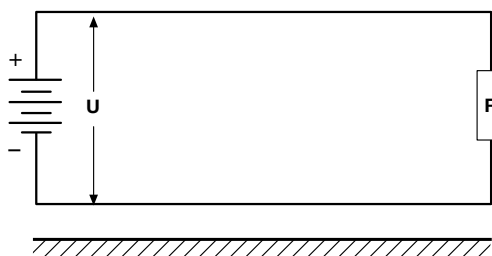
Nelle seguenti pagine verranno fornite per ciascuna tipologia di rete le seguenti informazioni:

- descrizione della rete
- tipologie di guasto

(per quanto riguarda la connessione dei poli ed il relativo potere d'interruzione vedi capitolo 7: "Scelta del dispositivo di protezione")

Soluzione comune

Figura 9 Rete isolata da terra



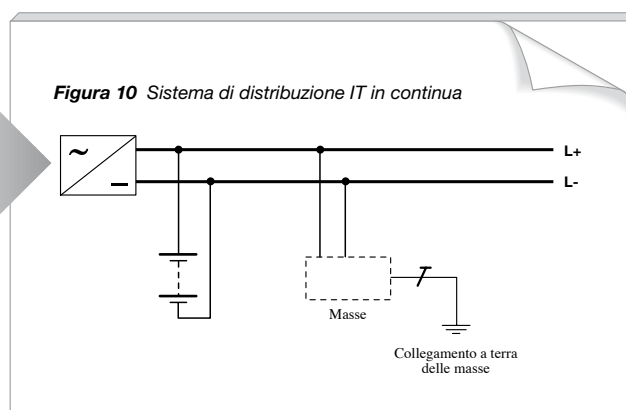
6.1 Rete isolata da terra

Questa tipologia di rete rappresenta la connessione più facile da realizzare poiché non prevede nessun collegamento tra le polarità della batteria e la terra.

Reti di questo tipo trovano largo uso in quegli impianti in cui la connessione a terra risulta difficoltosa ma soprattutto dove è richiesta una continuità di servizio dopo un primo guasto a terra (vedi pagine successive).

Per contro tale connessione, non avendo nessuna polarità a terra, presenta l'inconveniente che si potrebbero verificare delle pericolose sovratensioni tra una parte attiva rispetto a terra a causa dell'elettricità statica (tali pericoli possono essere limitati da scaricatori di sovratensione).

Rappresentazione in accordo alla norma IEC 60364-1*

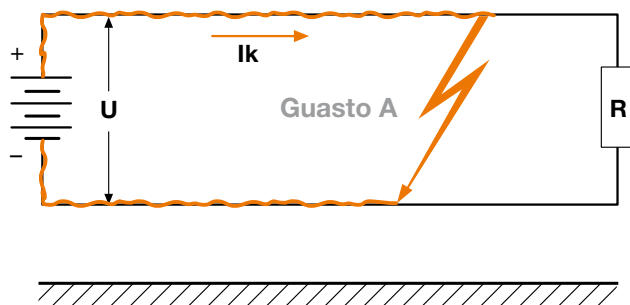


*tale analogia è valida solo per la connessione della fonte di alimentazione rispetto a terra e non del collegamento a terra delle masse; inoltre per quanto riguarda le prescrizioni relative ai contatti indiretti fare riferimento a quanto indicato nella norma IEC 60364-4.

Tipologie di guasto in una rete isolata da terra

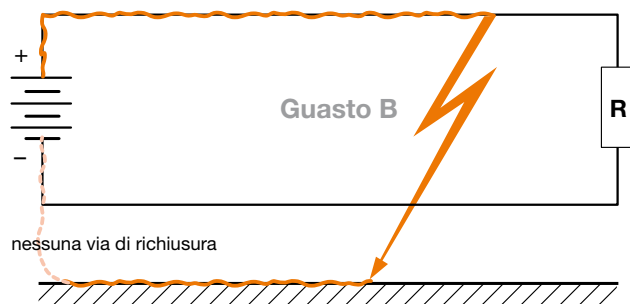
Guasto A:

il guasto tra le due polarità stabilisce una corrente di corto circuito alimentata dalla piena U . Il potere di interruzione dell'interruttore deve essere scelto in base alla corrente di cortocircuito relativa a tale guasto.



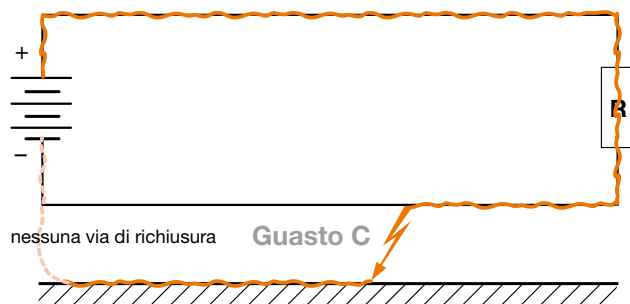
Guasto B:

il guasto tra una polarità e terra non ha conseguenze dal punto di vista del funzionamento dell'impianto in quanto tale corrente non ha vie di richiusura e quindi non può circolare.



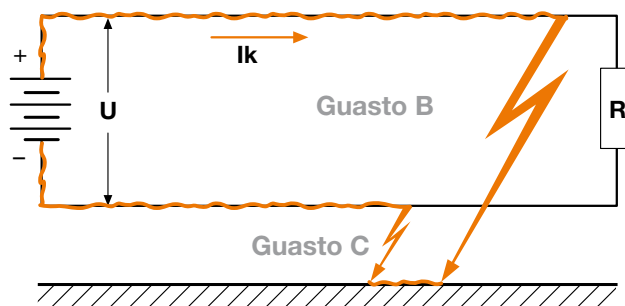
Guasto C:

anche questo guasto (come il guasto B) tra una polarità e la terra non ha conseguenze dal punto di vista del funzionamento dell'impianto.



Doppio guasto (guasto B + guasto C):

in caso di un doppio guasto come riportato in figura la corrente potrebbe circolare ed avere una via di richiusura; in questo caso è opportuno inserire sull'impianto un dispositivo in grado di segnalare il guasto a terra o la diminuzione di isolamento verso terra di una polarità, in modo da eliminare tempestivamente il guasto evitando che un successivo guasto a terra sull'altra polarità provochi il disservizio totale dovuto all'intervento degli sganciatori dell'interruttore a seguito del corto circuito che in tal caso si determina tra le due polarità attraverso la terra.

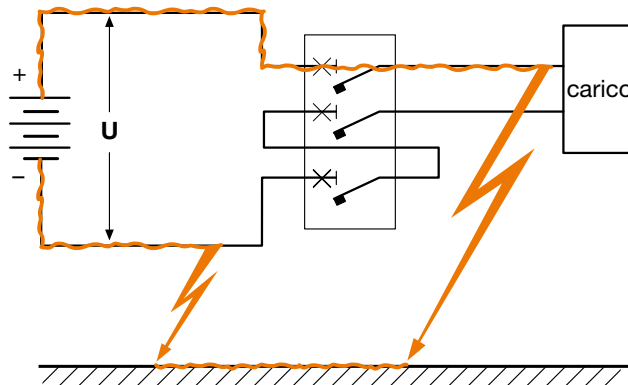


Conclusioni

Con questa tipologia di rete il guasto che condiziona la versione e la connessione dei poli dell'interruttore è il guasto A (tra le due polarità).

Nella rete isolata è necessario installare un dispositivo in grado di segnalare la presenza del primo guasto a terra in modo da poter provvedere alla sua eliminazione al fine di evitare le problematiche di un secondo guasto a terra. Infatti, nel caso di un secondo guasto a terra, l'interruttore potrebbe ritrovarsi ad interrompere la corrente di guasto, nelle peggiori condizioni, con la piena tensione applicata ad una sola polarità e quindi con una tensione d'arco insufficiente (vedi figura).

Figura 11 Doppio guasto a terra in una rete isolata da terra

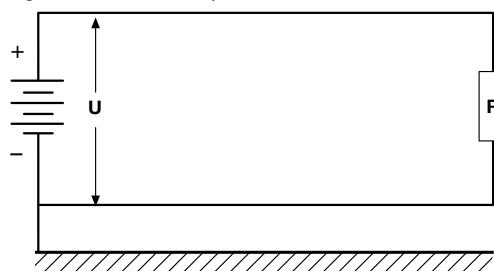


6.2 Rete con una polarità connessa a terra

Questa tipologia di rete viene realizzata connettendo una polarità a terra (o quella positiva o quella negativa).

Soluzione comune

Figura 12 Rete con una polarità a terra



Tale connessione permette di scaricare a terra le sovratensioni statiche.

Rappresentazione in accordo alla norma all'IEC 60364-1*

Figura 13 Sistema di distribuzione TT in continua

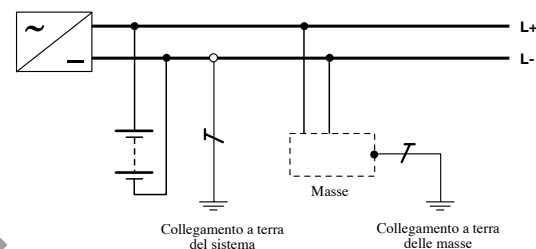
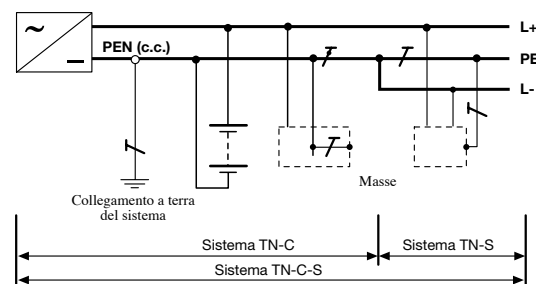


Figura 14 Sistema di distribuzione TN C-S in continua



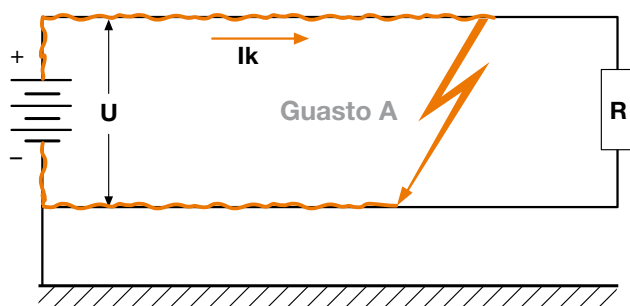
*tale analogia è valida solo per la connessione della fonte di alimentazione rispetto a terra e non del collegamento a terra delle masse; inoltre per quanto riguarda le prescrizioni relative ai contatti indiretti fare riferimento a quanto indicato nella norma IEC 60364-4.

Tipologie di guasto in una rete con una polarità a terra

(nei seguenti esempi la polarità a terra è quella negativa)

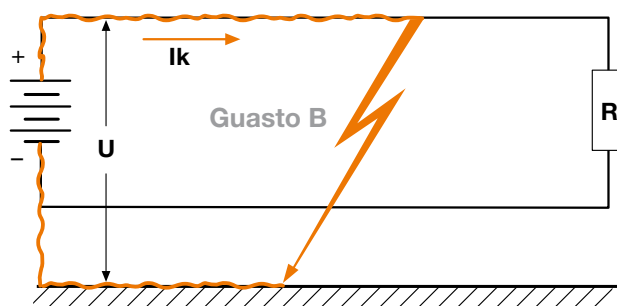
Guasto A:

Il guasto tra le due polarità stabilisce una corrente di corto circuito alimentata dalla piena U . Il potere d'interruzione dell'interruttore deve essere scelto in base alla corrente di cortocircuito relativa a tale guasto



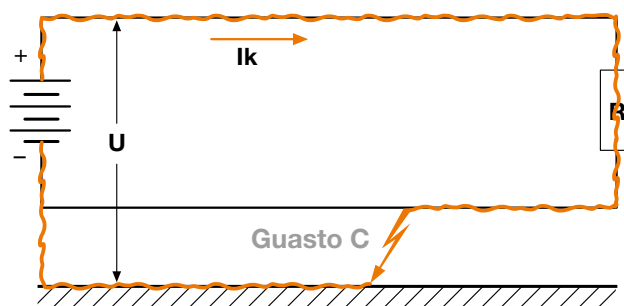
Guasto B:

Il guasto sulla polarità non collegata a terra stabilisce una corrente che interessa le protezioni di sovracorrente in funzione della resistenza del terreno.



Guasto C:

Il guasto sulla polarità collegata a terra stabilisce una corrente che interessa le protezioni di sovracorrente in funzione della resistenza del terreno, tale corrente presenta un valore estremamente basso poiché dipende dall'impedenza del terreno e la U è prossima allo zero (in quanto la caduta di tensione sul carico ne diminuisce ulteriormente il valore)



Conclusioni

Con questa tipologia di rete il guasto che condiziona la versione e la connessione dei poli dell'interruttore è il guasto A (tra le due polarità), ma è necessario considerare anche il guasto tra la polarità non connessa a terra e la terra stessa (guasto B) poiché come descritto precedentemente potrebbe circolare una corrente (del valore dipendente anche dall'impedenza del terreno e per questo di difficile valutazione) alla piena tensione, per tale motivo tutti i poli dell'interruttore necessari alla protezione devono essere collegati in serie sulla polarità non a terra.

6.3 Rete con il punto medio della fonte di alimentazione connesso a terra

Questa tipologia di rete viene realizzata connettendo il punto medio della batteria a terra.

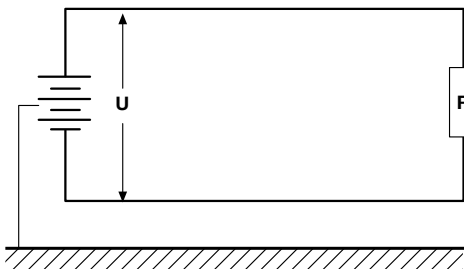
Tale connessione diminuisce il valore delle sovratensioni

statiche che invece si potrebbero avere alla piena tensione in un impianto isolato.

Lo svantaggio principale di questa modalità di connessione rispetto alle altre sta nel fatto che un guasto tra una polarità, sia negativa che positiva, e terra provoca una corrente di guasto ad una tensione di $\frac{U}{2}$.

Soluzione comune

Figura 15 Rete con il punto medio connesso a terra



Rappresentazione in accordo alla norma IEC 60364-1*

Figura 16 Sistema di distribuzione TT in continua

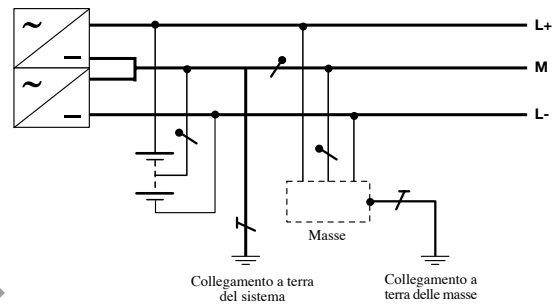
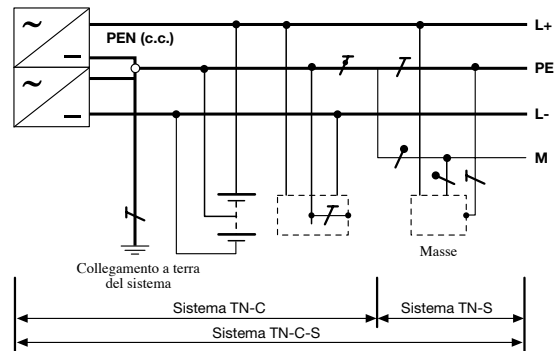


Figura 17 Sistema di distribuzione TN-C-S in continua

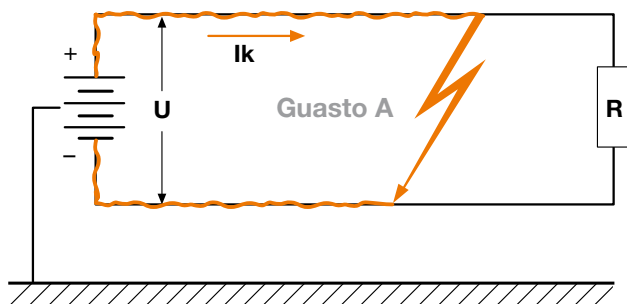


*tale analogia è valida solo per la connessione della fonte di alimentazione rispetto a terra e non del collegamento a terra delle masse; inoltre per quanto riguarda le prescrizioni relative ai contatti indiretti fare riferimento a quanto indicato nella norma IEC 60364-4.

Tipologie di guasto in una rete con il punto medio connesso a terra

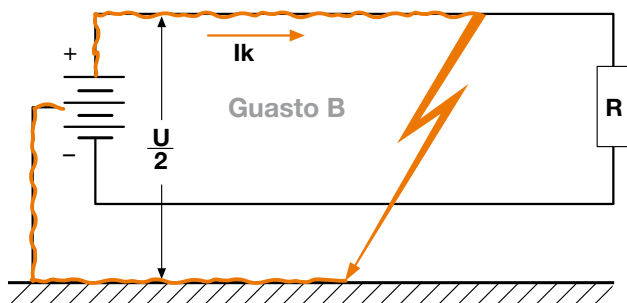
Guasto A:

Il guasto tra le due polarità stabilisce una corrente di corto circuito alla piena U . Il potere d'interruzione dell'interruttore deve essere scelto in base alla corrente di cortocircuito relativa a tale guasto.



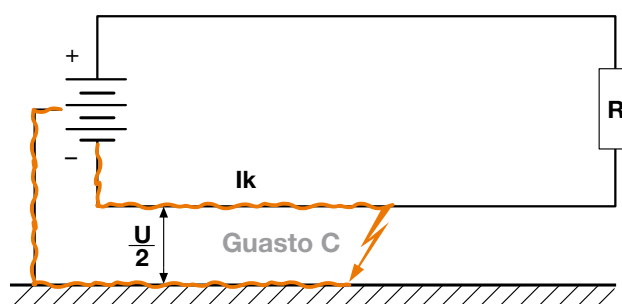
Guasto B:

Il guasto tra la polarità e la terra stabilisce una corrente di corto circuito inferiore a quella relativa al guasto tra le due polarità in quanto alimentato da una tensione pari a $\frac{U}{2}$ dipendente dalla resistenza del terreno.



Guasto C:

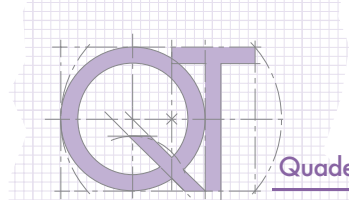
Il guasto in questo caso è analogo al caso precedente ma è la polarità negativa ad essere interessata.



Conclusioni

Con questa tipologia di rete il guasto che condiziona la versione e la connessione dei poli dell'interruttore è il guasto A (tra le due polarità), occorre però considerare anche il guasto tra una polarità e la terra (con riferimento agli schemi sopra riportati) poiché come descritto precedentemente potrebbe circolare una corrente (del valore dipendente anche dall'impedenza del terreno) ad una tensione pari a $\frac{U}{2}$.

Nella rete con un punto medio dell'alimentazione connesso a terra l'interruttore dev'essere necessariamente inserito su entrambe le polarità.



7 Scelta del dispositivo di protezione

Per effettuare un corretto dimensionamento dell'interruttore in una rete in corrente continua, si devono valutare alcuni parametri elettrici che caratterizzano il dispositivo stesso.

Di seguito diamo una breve descrizione di questi parametri che verranno citati nelle pagine successive.

Tensione nominale d'impiego U_e :

Rappresenta il valore della tensione che determina il limite d'impiego dell'apparecchio e al quale sono riferiti tutti gli altri parametri tipici dell'apparecchio stesso.

Corrente ininterrotta nominale I_u :

Rappresenta il valore di corrente che l'apparecchio è in grado di portare per un tempo indefinito (servizio ininterrotto). Questo parametro viene utilizzato per definire la taglia dell'interruttore.

Corrente nominale I_n :

Rappresenta il valore di corrente che caratterizza il relè di protezione installato a bordo interruttore e determina, in base ai settaggi disponibili sul relè, la caratteristica di protezione dell'interruttore stesso.

Questa corrente è spesso riferita alla corrente nominale dell'utenza protetta dall'interruttore.

Potere di interruttore nominale estremo in cortocircuito I_{cu} :

Il potere d'interruzione nominale estremo in corto circuito di un interruttore è il valore della massima corrente di cortocircuito che l'interruttore è in grado di interrompere

per due volte (secondo il ciclo O - t - CO), alla corrispondente tensione di impiego.

Dopo il ciclo di apertura e chiusura non è più richiesta l'attitudine dell'interruttore a condurre la sua corrente nominale.

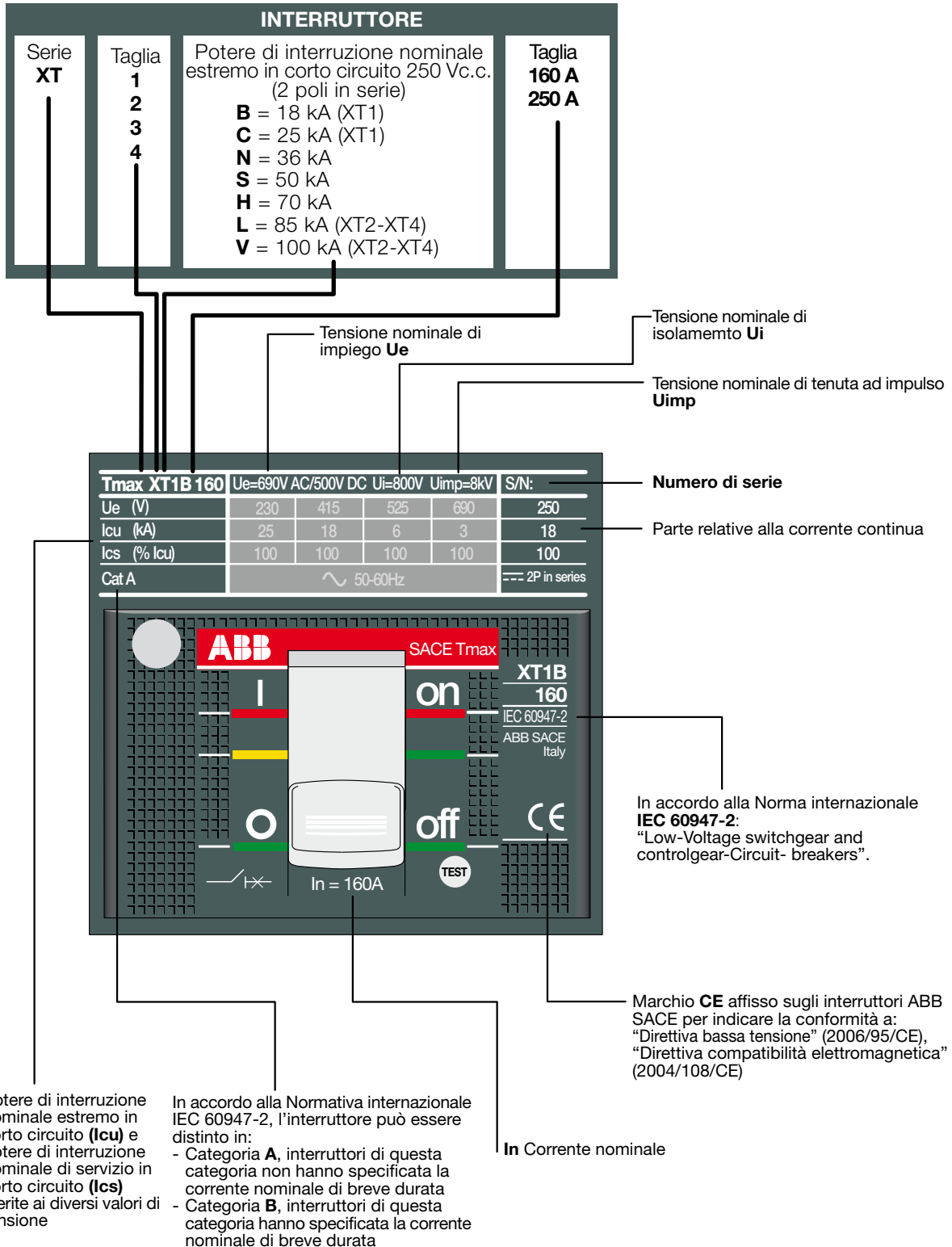
Potere di interruzione nominale di servizio in cortocircuito I_{cs} :

Il potere di interruzione nominale d'impiego in corto circuito di un interruttore è il valore massimo della corrente di corto circuito che l'interruttore è in grado di interrompere tre volte in accordo con una sequenza di manovre di apertura e chiusura (O - t - CO - t - CO) ad una tensione nominale d'impiego (U_e) predefinita ed una costante di tempo definita (per corrente continua). Dopo questa sequenza all'interruttore è richiesto di portare la sua corrente nominale.

Corrente nominale di breve durata ammissibile I_{cw} :

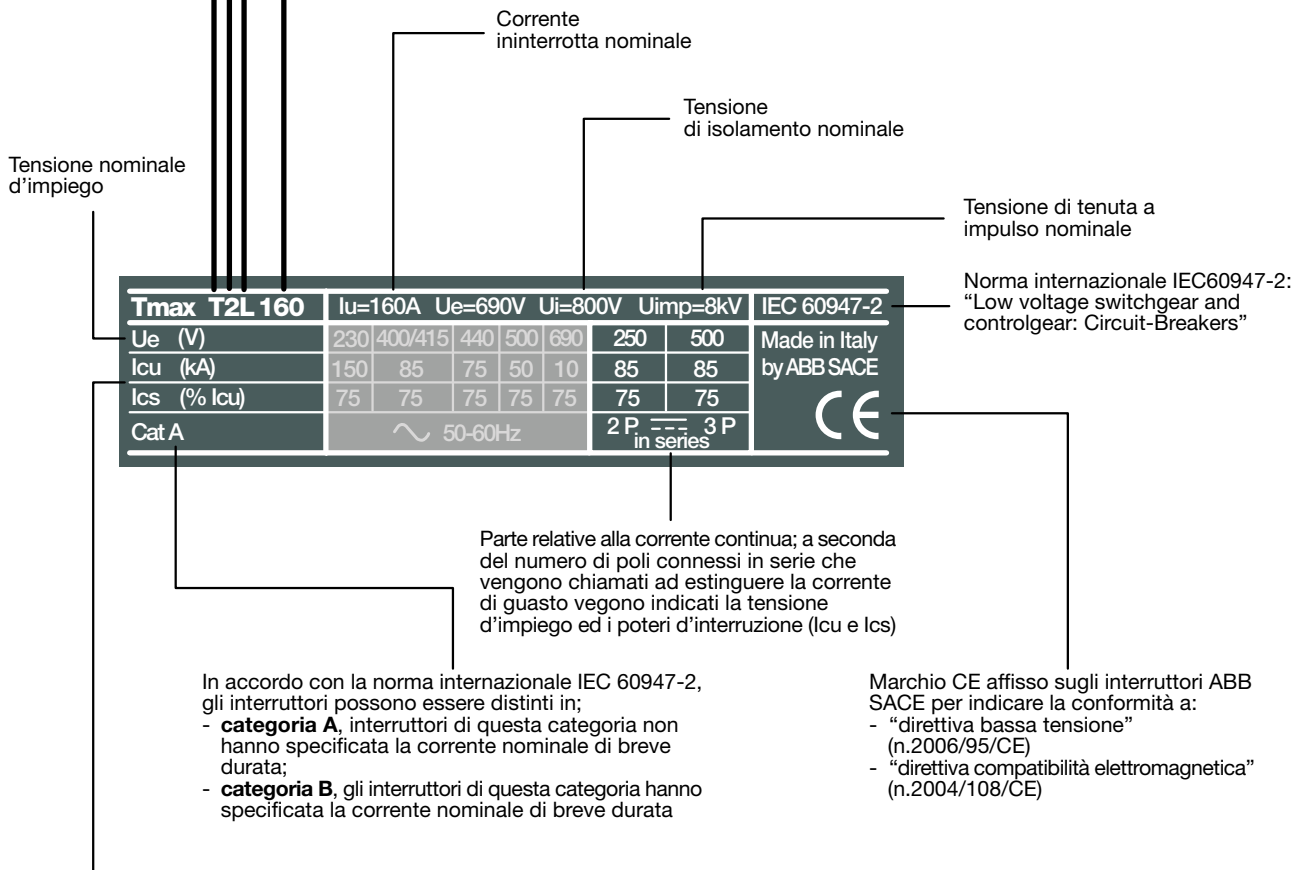
La corrente nominale ammissibile di breve durata è la corrente che l'interruttore nella posizione di chiuso è in grado di portare per uno specificato tempo in condizioni prescritte d'utilizzo e comportamento; l'interruttore dovrà essere in grado di portare questa corrente durante il breve ritardo associato per garantire la selettività tra gli interruttori in serie.



Targhette degli interruttori scatolati SACE Tmax XT per corrente continua



Targhette degli interruttori scatolati Tmax T per corrente continua

INTERRUTTORE			
Serie T	Taglia 1 2 3 4 5 6	Potere di interruzione nominale estremo in corto circuito 250 Vc.c. (con 2 poli in serie)	Corrente ininterrotta nominale
		B = 16 kA	160 A
		C = 25 kA	250 A
		N = 36 kA	320 A
		S = 50 kA	400 A
		H = 70 kA	630 A
		L = 85 kA (per T2)	800 A
		L = 100 kA	
		V = 150 kA	



Tmax T2L 160	Iu=160A	Ue=690V	Ui=800V	Uimp=8kV	IEC 60947-2
Ue (V)	230 400/415 440 500 690	250	500	Made in Italy by ABB SACE	
Icu (kA)	150 85 75 50 10	85	85		
Ics (% Icu)	75 75 75 75 75	75	75		
Cat A	~ 50-60Hz		2 P  3 P		

Parte relative alla corrente continua; a seconda del numero di poli connessi in serie che vengono chiamati ad estinguere la corrente di guasto vegono indicati la tensione d'impiego ed i poteri d'interruzione (Icu e Ics)

In accordo con la norma internazionale IEC 60947-2, gli interruttori possono essere distinti in;

- **categoria A**, interruttori di questa categoria non hanno specificata la corrente nominale di breve durata;
- **categoria B**, gli interruttori di questa categoria hanno specificata la corrente nominale di breve durata

Marchio CE affisso sugli interruttori ABB SACE per indicare la conformità a:

- "direttiva bassa tensione" (n.2006/95/CE)
- "direttiva compatibilità elettromagnetica" (n.2004/108/CE)

Potere di interruttore nominale estremo in cortocircuito (**Icu**) e potere di interruzione nominale di servizio in cortocircuito (**Ics**)

Targhette degli interruttori aperti Emax per corrente continua

INTERRUTTORE			
Serie E	Taglia 2 3 4 6	Potere di interruzione nominale estremo in corto circuito 500 Vc.c.	Corrente ininterrotta nominale
		B = 35 kA (E2)	800 A
		N = 50 kA (E2)	1000 A
		N = 60 kA (E3)	1250 A
		S = 75 kA (E4)	1600 A
		H = 65 kA (E3)	2000 A
		H = 100 kA (E4-E6)	2500 A
			3200 A
			4000 A
			5000 A

Potere di interruttore nominale estremo in cortocircuito (**I_{cu}**) e potere di interruzione nominale di servizio in cortocircuito (**I_{cs}**)

Tensione nominale d'impiego

Corrente ininterrotta nominale

Norma internazionale IEC60947-2: "Low voltage switchgear and controlgear: Circuit-Breakers"

SACE E2B 800		I_u=800A U_e=1000V			Upper supply	
U _e (V)	500	750	1000		IEC 60947-2	
I _{cu} =I _{cs} (kA)	35	25	25		U _{imp} = 12kV	
I _{cw} (0.5s) (kA)	35	25	25		ABB-SACE Italy	
Cat B	4P					

Corrente ammissibile di breve durata **I_{cw}**

Modalità di connessione ai poli dell'interruttore; la connessione in serie indicata nello schema viene realizzata in fabbrica da ABB SACE.

In accordo con la norma internazionale IEC 60947-2, gli interruttori possono essere distinti in;

- **categoria A**, interruttori di questa categoria non hanno specificata la corrente nominale di breve durata;
- **categoria B**, gli interruttori di questa categoria hanno specificata la corrente nominale di breve durata

Marchio CE affisso sugli interruttori ABB SACE per indicare la conformità a:

- "direttiva bassa tensione" (n.2006/95/CE)
- "direttiva compatibilità elettromagnetica" (n.2004/108/CE)

Dimensionamento dell'interruttore

Nelle precedenti pagine sono state definite le principali caratteristiche elettriche di un interruttore necessarie per procedere ad una corretta scelta dell'interruttore stesso in modo da proteggere l'impianto.

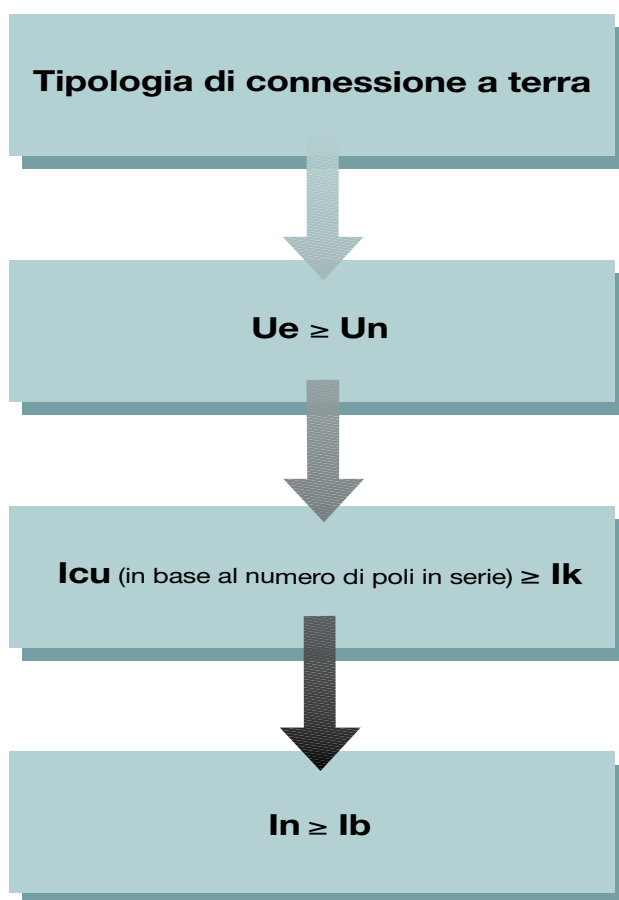
Per procedere al dimensionamento è necessario conoscere le seguenti caratteristiche della rete:

- il tipo di rete (vedi capitolo 6) in modo da individuare la connessione dei poli dell'interruttore in relazione alle possibili condizioni di guasto.
- la tensione nominale di impianto (U_n), in modo da individuare la tensione d'impiego (U_e) dipendente dalla connessione dei poli verificando la relazione: $U_n \leq U_e$;
- la corrente di cortocircuito nel punto d'installazione dell'interruttore (I_k), in modo da individuare la versione

- dell'interruttore (dipendente dalla connessione dei poli) verificando la relazione: $I_k \leq I_{cu}$ (alla U_e di riferimento);
- la corrente nominale assorbita dal carico (I_b), in modo da individuare la corrente nominale (I_n) dello sganciatore termomagnetico o del nuovo relè elettronico per corrente continua (PR122-PR123/DC per Emax) verificando la seguente relazione: $I_b \leq I_n$;

Procedure per un corretto dimensionamento dell'interruttore:

Il seguente diagramma riassume schematicamente le scelte da effettuare per un corretto dimensionamento dell'interruttore in relazione alle caratteristiche dell'impianto.



I valori indicati nelle seguenti tabelle riportano le prestazioni degli interruttori riferite alle condizioni di guasto più gravose che caratterizzano la tipologia di rete in oggetto (vedi capitolo 6: "Tipologie di reti"), le connessioni indicate devono essere realizzate a cura del cliente.

Per le caratteristiche elettriche degli interruttori indicati vedi capitolo 9: "L'offerta ABB".

Tab.1-2 Modalità di connessione dei poli (interruttori modulari S280 UC-S800S UC) in una rete isolata

RETE ISOLATA			
Tensione nominale (Un)	≤ 500	≤ 750	
Funzione protezione + sezionamento			
S800S UC In = 10...125 A	50	50	

RETE ISOLATA		
Tensione nominale (Un)	≤ 440	
Funzione protezione + sezionamento		
S280 UC	In = 0,5...2 A	50
	In = 3...40 A	6
	In = 50...63 A	4,5

Tab.3-4 Modalità di connessione dei poli (interruttori modulari S280 UC-S800S UC) in una rete con una polarità connessa a terra

RETE CON UNA POLARITÀ CONNESSA A TERRA			
Tensione nominale (Un)	≤ 250	≤ 500	≤ 750
Funzione protezione			
S800S UC In = 10...125 A	50	50	50

RETE CON UNA POLARITÀ CONNESSA A TERRA			
Tensione nominale (Un)	≤ 220		≤ 440
Funzione protezione			
Funzione protezione + sezionamento			
S280 UC	In = 0,5...2 A	50	50
	In = 3...40 A	6	10
	In = 50...63 A	4,5	6

Tab.5-6 Modalità di connessione dei poli (interruttori modulari S280 UC - S800S UC) in una rete con il punto medio connesso a terra

RETE CON IL PUNTO MEDIO CONNESSO A TERRA	
Tensione nominale (Un)	≤ 220
Funzione protezione + sezionamento	
S280 UC	In = 0,5...2 A
	In = 3...40 A
	In = 50...63 A

RETE CON IL PUNTO MEDIO CONNESSO A TERRA	
Tensione nominale (Un)	≤ 500
Funzione protezione + sezionamento	
S800S UC In = 10...125 A	50

Tab.7 Modalità di connessione dei poli (interruttori scatolati SACE Tmax XT) in una rete isolata*

			RETE ISOLATA			
Tensione nominale (Un)		≤ 250	≤ 500			
Funzione di protezione + isolamento						
XT1 160	B	18			18	
	C	25			25	
	N	36			36	
	S	50			50	
	H	70			70	
XT2 160	N	36		36		
	S	50		50		
	H	70		70		
	L	85		85		
	V	100		100		
XT3 250	N	36		36		
	S	50		50		
XT4 160/250	N	36	36			
	S	50	50			
	H	70	70			
	L	85	85			
	V	100	100			

* con queste tipologie di connessione dei poli è considerato nullo la possibilità di un doppio guasto a terra (vedi capitolo 6: "Tipologie di reti")

Il polo (+) può essere invertito con il polo (-)

nota: per tensioni superiori chiedere ad ABB

Tab.8 Modalità di connessione dei poli (interruttori scatolati Tmax T) in una rete isolata*

RETE ISOLATA							
Tensione nominale (Un)		≤ 250		≤ 500		≤ 750	
Funzione protezione + sezionamento							
T1 160	B	16	20		16		
	C	25	30		25		
	N	36	40		36		
T2 160	B	16	20		16		
	C	25	30		25		
	N	36	40		36		
	S	50	55		50		
	H	70	85		70		
	L	85	100		85		
T3 250	N	36	40		36		
	S	50	55	50			
T4 250/320	N	36		25		16	
	S	50		36		25	
	H	70		50		36	
	T5 400/630	L		100		70	50
V		150		100		70	
T6 630/800		N		36		20	16
	S	50		35		20	
	H	70		50		36	
	L	100		65		50	

Il polo + può essere invertito con il polo -

* con queste tipologie di connessione dei poli è considerato nullo la possibilità di un doppio guasto a terra (vedi capitolo 6: "Tipologie di reti")

Tab.9 Modalità di connessione poli (interruttori scatolati SACE Tmax XT) in una rete con una polarità connessa a terra* (nelle connessioni riportate la polarità a terra è quella negativa)

RETE CON UNA POLARITÀ A TERRA				
Tensione nominale (Un)	≤ 250		≤ 500	
Funzione di protezione + isolamento				
Funzione di protezione				
XT1 160	B	18		18
	C	25		25
	N	36		36
	S	50		50
	H	70		70
XT2 160	N	36		36
	S	50		50
	H	70		70
	L	85		85
	V	100		100
XT3 250	N	36		36
	S	50		50
XT4 160/250	N	36	36	
	S	50	50	
	H	70	70	
	L	85	85	
	V	100	100	

* la connessione a terra dev'essere realizzata a monte dell'interruttore

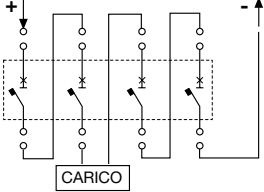
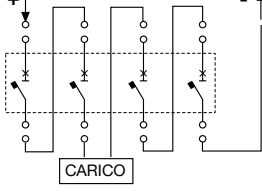
nota: per tensioni superiori chiedere ad ABB

Tab.10 Modalità di connessione poli (interruttori scatolati Tmax T) in una rete con una polarità connessa a terra* (nelle connessioni riportate la polarità a terra è quella negativa)

RETE CON UNA POLARITÀ CONNESSA A TERRA							
Tensione nominale (Un)		≤ 250		≤ 500		≤ 750	
Funzione protezione + sezionamento							
T1 160	B	16	20		16		
	C	25	30		25		
N	36	40	36				
T2 160	B	16	20		16		
	C	25	30		25		
	N	36	40		36		
	S	50	55		50		
	H	70	85		70		
T3 250	N	36	40		36		
	S	50	55		50		
T4 250/320	N	36			25		16
	S	50			36		25
	H	70		50	36		
T5 400/630	L	100		70	50		
	V	150		100	70		
T6 630/800	N	36		20	16		
	S	50		35	20		
	H	70		50	36		
	L	100		65	50		

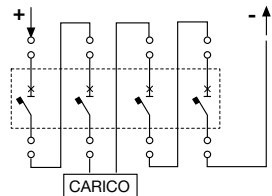
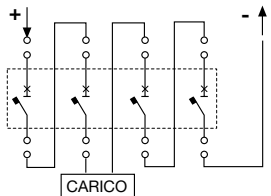
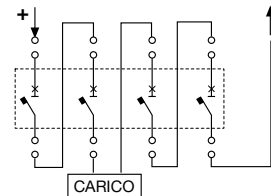
* la connessione a terra dev'essere realizzata a monte dell'interruttore

Tab.11 Modalità di connessione dei poli (per interruttori scatolati SACE Tmax XT) in una rete con il punto medio connesso a terra

RETE CON IL PUNTO MEDIO CONNESSO A TERRA			
Tensione nominale (Un)	≤ 250	≤ 500	
Funzione di protezione + isolamento			
XT1 160	B	18	18
	C	25	25
	N	36	36
	S	50	50
	H	70	70
XT2 160	N	36	36
	S	50	50
	H	70	70
	L	85	85
	V	100	100
XT3 250	N	36	36
	S	50	50
XT4 160/250	N	36	36
	S	50	50
	H	70	70
	L	85	85
	V	100	100

per tensioni superiori chiedere ad ABB

Tab.12 Modalità di connessione dei poli (per interruttori scatolati Tmax T) in una rete con il punto medio connesso a terra

RETE CON IL PUNTO MEDIO CONNESSO A TERRA					
Tensione nominale (Un)		≤ 250*	≤ 500**	≤ 750	
Funzione protezione + sezionamento					
T1 160	B	20	16		
	C	30	25		
	N	40	36		
T2 160	B	20	16		
	C	30	25		
	N	40	36		
	S	55	50		
	H	85	70		
T3 250	N	40	36		
	S	55	50		
T4 250/320	N	36	25		16
	S	50	36		25
	H	70	50	36	
T5 400/630	L	100	70	50	
	V	100	100	70	
T6 630/800	N	36	20	16	
	S	50	35	20	
	H	70	50	36	
	L	100	65	50	

* per l'utilizzo di interruttori tripolari chiedere ad ABB

** per l'utilizzo di interruttori tripolari (T4-T5-T6) chiedere ad ABB

I valori indicati nelle seguenti tabelle riportano le prestazioni degli interruttori riferite alle condizioni di guasto più gravose che caratterizzano la tipologia di rete in oggetto (vedi capitolo 6: "Tipologie di reti"), le connessioni indicate in tabella (realizzate in fabbrica da ABB SACE) sono riferite a interruttori aperti Emax equipaggiati con il nuovo sganciatore elettronico per corrente continua PR122/PR123 DC.

Per le caratteristiche elettriche degli interruttori indicati vedi capitolo 9: "L'offerta ABB"

Tab.13 Modalità di connessione ai poli di interruttori aperti Emax in una rete isolata

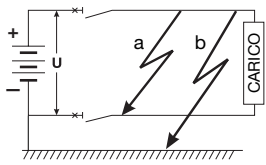
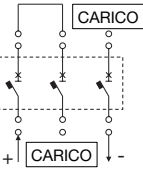
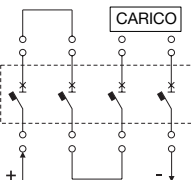
				RETE ISOLATA ⁽¹⁾			
Tensione nominale (Un)		≤ 500		≤ 750		≤ 1000	
Sezionamento		■		■		■	
Protezione		■		■		■	
PR122/DC		■		■		■	
PR123/DC		■		■		■	
Icu ⁽²⁾		(kA)		(kA)		(kA)	
E2	B	800	35	25	25	25	
		1000					
		1250					
		1600					
	N	1600	50	25	40	25	
E3	N	800	60	40	50	35	
		1000					
		1250					
		1600					
		2000					
	H	1600	65 ⁽³⁾	40	50	40	
2000							
2500							
E4	S	1600	75	65	65	50	
		2000					
		2500					
		3200					
	H	3200	100	65	65	65	
E6	H	3200	100	65	65	65	
		4000					
		5000					

⁽¹⁾ con queste tipologie di connessione dei poli è considerato nullo la possibilità di un doppio guasto a terra.

⁽²⁾ Icu con L/R = 15ms in accordo alla Norma IEC 60947-2. Per Icu con L/R = 5ms e L/R = 30ms, chiedere ad ABB.

⁽³⁾ 85kA solo se alimentato dal basso.

Tab.14 Modalità di connessione dei poli di interruttori aperti Emax con una polarità connessa a terra (nelle connessioni riportate la polarità a terra è quella negativa).

RETE CON LA POLARITÀ NEGATIVA A TERRA ⁽¹⁾					
Tensione nominale (Un)		≤ 500 ⁽²⁾			
					
Sezionamento		■		■	
Protezione		■		■	
PR122/DC		■		■	
PR123/DC		■		■	
Tipo di guasto		a	b	a	b
Poli in serie interessati dal guasto		3	2	4	3
Icu ⁽³⁾		(kA)	(kA)	(kA)	(kA)
E2	B	800	35	20	35
		1000			
		1250			
		1600			
N	1600	50	25	50	50
	E3	N	800	60	30
1000					
1250					
1600					
2000					
H	1600	65 ⁽⁴⁾	40	65 ⁽⁴⁾	65 ⁽⁴⁾
	2000				
	2500				
E4	S	1600	75	50	75
		2000			
		2500			
		3200			
H	3200	100	65	100	100
	E6	H	3200	100	65
4000					
5000					

(1) per reti con polarità positiva a terra chiedere ad ABB.

(2) per tensioni superiori chiedere ad ABB.

(3) Icu con L/R = 15ms secondo la Norma IEC 60947-2. Per Icu con L/R = 5ms e L/R = 30ms, chiedere ad ABB.

(4) 85kA solo se alimentato dal basso.

La connessione a terra deve essere realizzata a monte dell'interruttore.

Tab.15 Modalità di connessione dei poli di interruttori aperti Emax in una rete con il punto medio connesso a terra

RETE CON IL PUNTO MEDIO CONNESSO A TERRA														
Tensione nominale (Ue)		≤ 500			≤ 500			≤ 750			≤ 1000			
PR122/DC		-			-			-			-			
PR123/DC		■			■			■			■			
tipo di guasto		a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	
poli in serie interessati dal guasto		3	2 (U/2)	1 (U/2)	4	2 (U/2)	2 (U/2)	4	2 (U/2)	2 (U/2)	4	2 (U/2)	2 (U/2)	
Icu ⁽¹⁾		kA			kA			kA			kA			
E2	B	800	35	35	18	35	35	35	25	25	25	25	25	
		1000												
		1250												
		1600												
N	1600	50	50	25	50	50	50	40	40	40	25	25	25	
E3	N	800	60	60	30	60	60	60	50	50	50	35	35	35
		1000												
		1250												
		1600												
		2000												
	2500													
H	1600	65 ⁽²⁾	65	40	65 ⁽²⁾	65 ⁽²⁾	65 ⁽²⁾	50	50	50	40	40	40	
E4	S	1600	75	75	35	75	75	75	65	65	65	50	50	50
		2000												
		2500												
		3200												
H	3200	100	100	50	100	100	100	65	65	65	65	65	65	
E6	H	3200	100	100	65	100	100	100	65	65	65	65	65	65
		4000												
		5000												

⁽¹⁾ Icu con L/R = 15ms in accordo alla Norma IEC 60947-2. Per Icu con L/R = 5ms e L/R = 30ms, chiedere ad ABB.

⁽²⁾ 85kA solo se alimentato dal basso.

Le seguenti tabelle riportano le connessioni dei poli dei sezionatori SACE Tmax XT, Tmax T ed Emax in relazione alla tensione di funzionamento, le connessioni indicate in tabella devono essere realizzate a cura del cliente.

Tab.16 Modalità di connessione dei poli di sezionatori SACE Tmax XT

Tensione nominale (Un)	≤ 250	≤ 500
connessione poli		
XT1D 160	■	■
XT3D 250	■	■
XT4D 250	■	■

Tab.17 Modalità di connessione dei poli di sezionatori Tmax

Tensione nominale (Un)	≤ 250	≤ 500		≤ 750
connessione poli				
T1D 160	■	-	■	-
T3D 250	■	-	■	-
T4D 250/320	■	■	-	■
T5D 400/630	■	■	-	■
T6D 630/800/1000	■	■	-	■
T7D 1000/1250/1600	■	■	■	■

Tab.18 Modalità di connessione dei poli di sezionatori Emax

Tensione nominale (Un)	≤ 500	≤ 750	≤ 1000	
Connessione poli				
X1-E1...E6 / MS	■	-	-	-
E1...E6 E/ MS	■	■	■	■

Scelta di un interruttore scatolato SACE Tmax XT

Esempio

Caratteristiche d'impianto

- **Tipo di rete:** una polarità connessa a terra (quella negativa)
- **Tensione di rete:** $U_n = 250V_{c.c}$
- **Corrente nominale assorbita dai carichi (I_b):** 180A
- **Corrente di cortocircuito:** 40kA.

Scelta dell'interruttore

Con riferimento alle indicazioni descritte a pagina 23 per procedere a un corretto dimensionamento dell'interruttore dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- $U_e \geq U_n$
- $I_{cu} \geq I_k$
- $I_n \geq I_b$

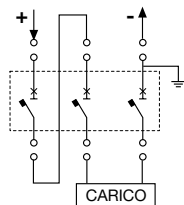
Con riferimento alla tipologia di rete, si identifica tra le tabelle presenti nelle pagine precedenti la tabella idonea, in questo caso quella relativa ad una rete con una polarità a terra (tabella 9).

Si identifica la colonna con le prestazioni riferite ad una tensione di rete maggiore o uguale alla tensione di impianto, in questo esempio $U_n \leq 250V$.

La corrente del carico serve come riferimento per identificare la riga della tabella riferita agli interruttori con corrente ininterrotta nominale maggiore della corrente del carico, nel caso dell'esempio si potrà utilizzare un interruttore SACE Tmax XT3 con $I_n = 200A$.

La versione (N-S) viene scelta in base alla relazione $I_{cu} \geq I_k$. In questo esempio poichè $I_k = 40kA$ può essere utilizzata la versione S.

Con questi vincoli di scelta si individuano due schemi possibili per la connessione dei poli, ed ipotizzando di voler interrompere anche la polarità connessa a terra lo schema di connessione da utilizzare è il seguente:



Tra le correnti nominali dei relè termomagnetici disponibili per l'interruttore SACE Tmax XT3 250 si sceglie quello con $I_n = 200A$ per cui riassumendo si dovrà utilizzare un interruttore termomagnetico tripolare XT3S 250 TMD 200 connesso come in figura e quindi con due poli in serie sulla polarità isolata da terra e il rimanente terzo polo sulla polarità a terra.

Scelta di un interruttore aperto Emax

Esempio

Caratteristiche d'impianto

- **Tipo di rete:** isolata
- **Tensione di rete:** $U_n = 500V_{c.c}$
- **Corrente nominale assorbita dai carichi (I_b):** 1800A
- **Corrente di cortocircuito:** 45kA.

Scelta dell'interruttore:

Con riferimento alle indicazioni descritte a pagina 23 per procedere a un corretto dimensionamento dell'interruttore dovrà rispettare le seguenti prescrizioni:

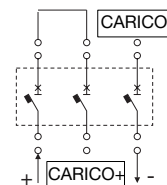
- $U_e \geq U_n$
- $I_{cu} \geq I_k$
- $I_n \geq I_b$

Con riferimento alla tipologia di rete si identifica tra le tabelle 13-14-15 la tabella idonea, in questo caso quella relativa ad una rete isolata (tab.13).

Si identifica la colonna con le prestazioni riferite ad una tensione di rete maggiore o uguale alla tensione di impianto, in questo esempio $U \leq 500V_{c.c}$.

L'interruttore adatto per quanto riguarda le prestazioni in cortocircuito è un E2N ($N=50kA > I_k$) ma guardando la tabella relativa alla corrente ininterrotta nominale (pag. 47) è necessario passare ad un E3N in quanto quest'ultimo ha una $I_u = 2000A$ (tale valore corrisponde alla I_n dello sganciatore) valore maggiore rispetto alla corrente assorbita dai carichi in questo modo viene rispettata la terza relazione. L'interruttore adatto è quindi un E3N 2000 con PR122-123/DC $I_n = 2000A$ tripolare (la connessione dei poli viene realizzata in fabbrica da ABB SACE).

La soluzione indicata in tabella riporta la possibile connessione tra l'interruttore tripolare, carico e fonte di alimentazione.



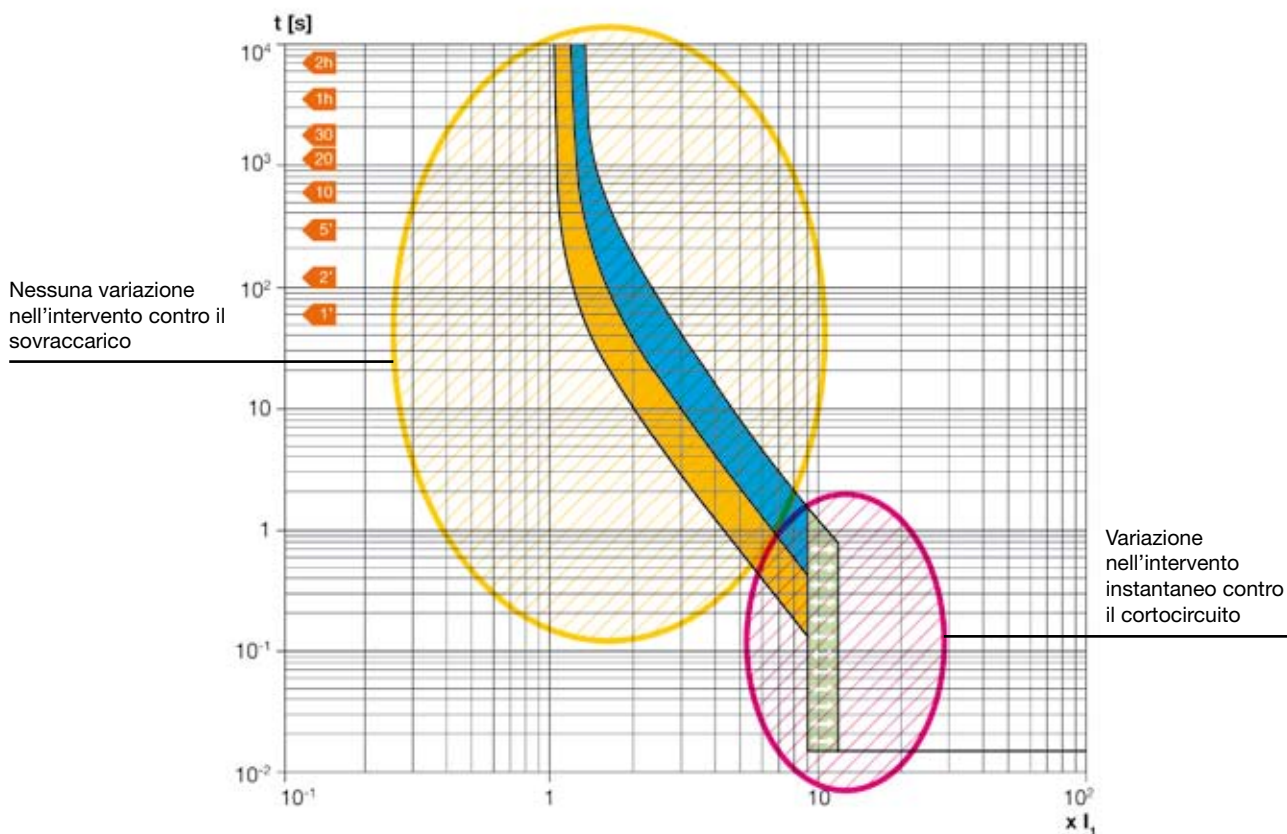
8 Impiego di apparecchi per corrente alternata in corrente continua

8.1 Variazione dell'intervento magnetico

Gli sganciatori termomagnetici equipaggiabili sugli interruttori per corrente alternata sono adatti anche per l'impiego in corrente continua.

La parte relativa alla protezione termica non subisce nessuna variazione nella caratteristica d'intervento, poiché le lamine bimetalliche degli sganciatori sono influenzate dal riscaldamento provocato dal passaggio della corrente a prescindere che sia di tipo continuo o alternato, infatti le lamine bimetalliche sono sensibili al valore efficace.

Per quanto riguarda la protezione istantanea contro il cortocircuito, a causa di fenomeni magnetici, l'intervento istantaneo avviene ad un valore diverso rispetto all'analogo caso in corrente alternata (la zona in verde nella figura indica lo spostamento dell'intervento magnetico), un coefficiente, chiamato k_m , e variabile in funzione dell'interruttore e della sua connessione dei poli, permette di ricavare la soglia d'intervento istantaneo in corrente continua partendo dal valore in alternata. Tale coefficiente è quindi da applicare alla soglia I_3 .



Non ci sono invece derating per quanto riguarda gli interruttori Emax equipaggiati con il nuovo relè elettronico per corrente continua PR122-PR123/DC poiché i tempi d'intervento rispettano la curva settata sullo sganciatore elettronico.

Nella seguente tabella sono riportati i coefficienti km in relazione al tipo di interruttore ed alla tipologia di connessione dei poli (i diagrammi indicati sono validi per tutte le tipologie di rete poiché dipendono esclusivamente dalle caratteristiche dell'interruttore).

Tab.19 Coefficiente km in relazione alla modalità di connessione dei poli di interruttori

Modalità di connessione	Interruttore									
	XT1	XT2	XT3	XT4	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.1	1.1
	1	1.15	1.15	1.15	1	1.15	1.15	1.15	1	1
	1	1.15	1.15	1.15	1	1.15	1.15	1.15	1	1
	-	-	-	-	-	-	-	1	0.9	0.9
	-	-	-	-	-	-	-	1	0.9	0.9
	-	-	-	-	-	-	-	1	0.9	0.9
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.9

Esempio

Con un XT2N 160 TMA In=160 (intervento magnetico in corrente alternata settato per esempio a I3=10xIn) adottando una connessione dei poli come la prima figura della tabella 19 è possibile visualizzare il coefficiente km uguale a 1.3; l'intervento magnetico in corrente continua sarà pari a:

$$I3 = 10 \times I_n \times k_m = 10 \times 160 \times 1.3 = 2080 \text{ A}$$

(±20% di tolleranza)

8.2 Collegamento in parallelo dei poli dell'interruttore

Gli interruttori scatolati della serie Tmax equipaggiati con sganciatore termomagnetico possono essere utilizzati sia per applicazioni in c.a che in c.c.; con correnti nominali da 1.6A (con XT2) a 800A (con il T6).

In applicazioni dove sono richieste correnti maggiori, è possibile connettere i poli dell'interruttore in parallelo in modo tale da ottenere la portata richiesta.

È necessario considerare in fase di scelta dell'interruttore, che la connessione dei poli in parallelo comporta oltre alla variazione dell'intervento magnetico anche un derating; tale derating, da applicare alla corrente nominale dello sganciatore, varia in relazione al numero di poli in parallelo connessi.

La seguente tabella indica i fattori di correzione per i poli connessi in parallelo (se si utilizza un interruttore tetrapolare occorre scegliere sempre il neutro al 100%):

Coefficiente di riduzione	Numero di poli in parallelo		
	2	3	4 (neutro al 100%)
	0,9	0,8	0,7

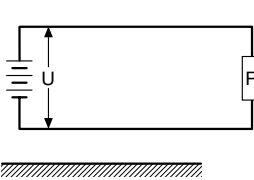
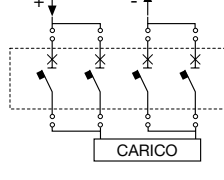
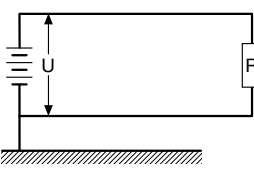
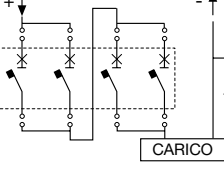
Utilizzando per esempio un interruttore T6N 800 e connettendo due poli in parallelo per polarità la corrente nominale ininterrotta sarà pari a:

$$I_n = I_n \times n^{\circ}_{\text{poli in parallelo}} \times K = 800 \times 2 \times 0,9 = 1440 \text{ A}$$

È comunque necessario considerare le tipologie di guasto che si possono avere in relazione alla connessione dell'impianto rispetto a terra.

ABB SACE sconsiglia la connessione dei poli in parallelo poichè risulta di difficile realizzazione una connessione che assicuri un perfetto equilibrio delle correnti che circolano nei poli dell'interruttore. Pertanto per correnti di impiego superiori a 800 A si suggerisce l'utilizzo degli interruttori aperti Emax equipaggiati con sganciatore elettronico PR122 - PR123/DC.

Nella seguente tabella vengono riportate le connessioni dei poli in parallelo con il relativi derating e prestazioni in cortocircuito riferite alla tipologia di rete adottata

tipologia di rete	connessione dei poli in parallelo	caratteristiche elettriche dell'interruttore
<p>rete isolata</p> 		<p>Per realizzare tale connessione è necessario utilizzare un interruttore tetrapolare con neutro al 100%. Avendo un T6 800 i settaggi a disposizione sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> - massima corrente di linea = 1440A - intervento istantaneo = 14400A (±20% di tolleranza) <p>Tale applicazione è realizzabile con una tensione d'impianto non superiore a 500Vc.c. I poteri d'interruzione saranno (in relazione alle differenti versioni): N= 36kA con Un< 250Vc.c. - 20kA con Un< 500Vc.c.; S= 50kA con Un< 250Vc.c. - 35kA con Un< 500Vc.c.; H= 70kA con Un< 250Vc.c. - 50kA con Un< 500Vc.c.; L= 100kA con Un< 250Vc.c. - 65kA con Un< 500Vc.c.;</p>
<p>rete con una polarità a terra</p> 	<p>funzione di protezione e non di sezionamento</p> 	<p>Per realizzare tale connessione è necessario utilizzare un interruttore tetrapolare con neutro al 100%. Avendo un T6 800 i settaggi a disposizione sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> - massima corrente di linea = 1440A - intervento istantaneo = 12960A (±20% di tolleranza) <p>Tale applicazione è realizzabile con una tensione d'impianto non superiore a 500Vc.c. I poteri d'interruzione saranno (in relazione alle differenti versioni): N= 36kA con Un< 250Vc.c. - 20kA con Un< 500Vc.c.; S= 50kA con Un< 250Vc.c. - 35kA con Un< 500Vc.c.; H= 70kA con Un< 250Vc.c. - 50kA con Un< 500Vc.c.; L= 100kA con Un< 250Vc.c. - 65kA con Un< 500Vc.c.;</p>

9 L'offerta ABB

9.1 Interruttori automatici

ABB SACE offre le seguenti tipologie di prodotto per la protezione ed il sezionamento delle reti in corrente continua.

Interruttori automatici

Gli interruttori automatici ovvero dispositivi che svolgono la funzione di protezione contro le sovracorrenti sono articolati in tre famiglie:

Interruttori modulari

Per l'utilizzo in corrente continua sono disponibili sia gli interruttori modulari della serie S280 UC sia quelli della serie S800S UC e S800 PV.

Gli interruttori modulari S280 UC sono conformi alla norma CEI EN 60947-2 e sono differenti dalle versioni standard in quanto sono equipaggiati con elementi magnetici permanenti sulle camere ad arco interne. Questi elementi permettono di estinguere l'arco elettrico fino a tensioni pari a 484 V in c.c.
La presenza di questi elementi magnetici permanenti

stabilisce la polarità dell'interruttore, per cui la loro alimentazione va eseguita rispettando la polarità riportata sugli apparecchi.

Una sbagliata connessione delle polarità potrebbe causare un danno all'interruttore.

Sono disponibili interruttori in esecuzione speciale in c.c. serie S280UC nelle curve caratteristiche B, C, K e Z.



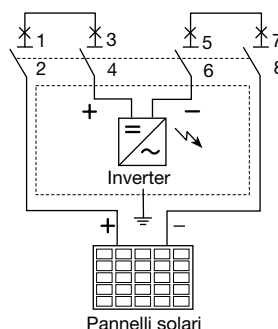
Per la modalità di connessione dei poli in relazione alla tipologia di rete e tensione di alimentazione vedi le tabelle del capitolo 7: "Scelta del dispositivo di protezione".

La seguente tabella riporta le caratteristiche tecniche degli interruttori S280 UC

			S280 UC	
			CEI EN 60947-2, UL 1077, CSA 22.2 No. 235	
Corrente nominale In	[A]		0.5 ≤ In ≤ 40	50 ≤ In ≤ 63
Poli			1P, 2P	
Tensione nominale Ue secondo CEI EN 60947-2	c.c. 1P [V]		220.	
	c.c. 2P, 3P, 4P [V]		440	
Tensione nominale Ue secondo UL 1077/CSA 22.2 No. 235	c.c. 1P [V]		250	
	c.c. 2P, 3P, 4P [V]		500	
Tensione di isolamento Ui	[V]		500	
Max. tensione di esercizio Ub max secondo CEI EN 60947-2	c.c. 1P [V]		242	
	c.c. 2P, 3P, 4P [V]		484	
Max. tensione di esercizio Ub max secondo UL 1077/CSA 22.2 No. 235	c.c. 1P [V]		250	
	c.c. 2P, 3P, 4P [V]		500	
Potere di interruzione nominale CEI EN 60947-2	estremo lcu [kA]		6	4.5
1P - 220 Vc.c., 2P - 440 Vc.c.	servizio lcs [kA]		6	4.5
Tensione nominale di tenuta a impulso (1,2/50) Uimp	[kA]		5	
Tensione di prova dielettrica a freq. In. per 1 min	[kA]		2.5	
Caratteristica sganciatore termomagnetico	B: 3In < Im < 5 In		■	
	C: 5In < Im < 10 In		■	
	K: 8In < Im < 14 In		■	
	Z: 2In < Im < 3 In		■	
Numero di manovre elettriche			1000	
Numero di manovre meccaniche			20000	

In particolare riportiamo lo schema di collegamento di un impianto fotovoltaico a valle della/e delle stringhe

S 284 UC Z - Sistema IT



A differenza degli S280 UC gli interruttori automatici della serie S800S UC possono essere collegati senza rispettare alcuna polarità.



Per la serie di interruttori S800S UC le curve caratteristiche disponibili sono B e K ed entrambe le tipologie hanno correnti nominali fino a 125A e potere d'interruzione di 50kA.

Per la modalità di connessione dei poli in relazione alla tipologia di rete e tensione di alimentazione vedi le tabelle presenti nel capitolo 7: "Scelta del dispositivo di protezione".

La seguente tabella riporta le caratteristiche elettriche degli interruttori S800S UC

			S800S UC
Norma di riferimento			CEI EN 60947-2
Corrente nominale I_n	[A]		10...125
Poli			1, 2, 3, 4
Tensione nominale U_e	c.c./polo	[V]	250
Max tensione di esercizio U_{bmax}	c.c./polo		250
Tensione d'isolamento U_i	c.c./polo	[V]	250
Tensione nominale a tenuta d'impulso U_{imp}	c.c./polo	[kV]	8
Potere di interruzione nominale estremo I_{cu} CEI EN 60947-2		[kA]	50
Potere di interruzione nominale di servizio I_{cs} CEI EN 60947-2		[kA]	50
Attitudine al sezionamento secondo CEI EN 60947-2		[kA]	3
Caratteristica sganciatore termomagnetico	B: $4I_n < I_m < 7 I_n$		■
	K: $7I_n < I_m < 14 I_n$		■

La gamma S800 PV comprende dispositivi adatti all'utilizzo in circuiti con elevate tensioni in corrente continua, tipicamente riscontrabili negli impianti fotovoltaici (nella sezione di collegamento tra i pannelli e l'inverter).

Tale gamma comprende sia gli interruttori magnetotermici S800 PV-S che i sezionatori modulari S800 PV-M.

Gli interruttori magnetotermici modulari S800 PV-S possono essere utilizzati in reti fino a 1200 V c.c. e sono stati progettati per l'utilizzo in applicazioni fotovoltaiche poichè estinguono gli archi elettrici in c.c. anche in caso di doppio guasto. Questi prodotti e la loro vasta gamma di accessori consentono di realizzare innumerevoli configurazioni di impianto. Le principali caratteristiche degli interruttori S800 PV-S sono:

- morsetti intercambiabili;
- leva in posizione centrale per segnalazione del guasto;
- visualizzazione stato dei contatti per singolo polo;
- nessun vincolo di polarità e verso di alimentazione del cablaggio;
- utilizzo della manovra rotativa rinviata a portella.

I sezionatori modulari S800 PV-M conformi alla norma CEI EN 60947-3 garantiscono il completo sezionamento lato corrente continua di un impianto fotovoltaico e sono utilizzati in reti fino a 1200 V c.c.; questi prodotti e la



loro vasta gamma di accessori consentono di realizzare innumerevoli configurazioni di impianto.

Le principali caratteristiche dei sezionatori S800 PV-M sono:

- design compatto;
- morsetti intercambiabili;
- visualizzazione stato dei contatti per singolo polo;
- nessun vincolo di polarità e verso di alimentazione nel cablaggio;
- utilizzo della manovra rotativa rinviata a portella.

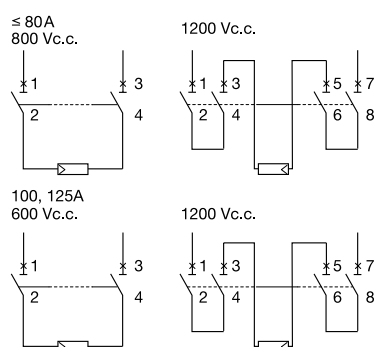
La seguente tabella riporta le caratteristiche elettriche degli interruttori e sezionatori della gamma S800 PV

		S800 PV-S	S800 PV-M
Norma di riferimento		CEI EN 60947-2	CEI EN 60947-3
Corrente nominale In	[A]	10...125	25, 32, 63, 125
Poli		2, 4	2, 4
Tensione nominale Ue	2 poli (c.c.)* [V] 4 poli (c.c.)* [V]	800 (In=10...80A); 600 (In=100, 125A)	650 (In=25A); 800 (In=32...125A)
Tensione di isolamento Ui	[V]	1500	
Tensione nominale a tenuta di impulso Uimp	[kV]	8	
Potere di interruzione nominale estremo Icu	800 Vc.c. (2 poli)* [kA] 1200 Vc.c. (4 poli)* [kA]	5	-
Potere di interruzione nominale di servizio Ics	800 Vc.c. (2 poli)* [kA] 1200 Vc.c. (4 poli)* [kA]	5	-
Corrente di breve durata Icw	800 Vc.c. (2 poli)* [kA] 1200 Vc.c. (4 poli)* [kA]	-	1.5
Potere di chiusura nominale su corto circuito	800 Vc.c. (2 poli)* [kA] 1200 Vc.c. (4 poli)* [kA]	-	0,5
Categoria di utilizzazione		A	DC-21A

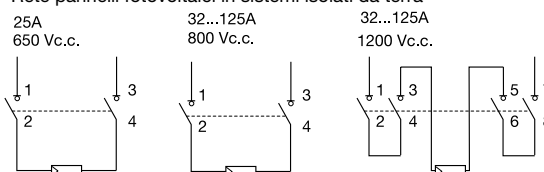
* Fare riferimento agli schemi di collegamento

Per le connessioni dei poli fare riferimento ai seguenti schemi elettrici:

Utilizzo interruttori magnetotermici S 800 PV-S in corrente continua
Rete pannelli fotovoltaici in sistemi isolati da terra



Utilizzo sezionatori S 800 PV-M in corrente continua
Rete pannelli fotovoltaici in sistemi isolati da terra



Interruttori scatolati

I nuovi interruttori scatolati della serie SACE Tmax XT, conformi alla Norma CEI EN 60947-2, equipaggiati con sganciatore termomagnetici si articolano in 4 grandezze base, con un campo di applicazione da 1.6 A a 250A e poteri di interruzione da 16 kA a 100 kA (a 250Vc.c. con due poli in serie). Gli interruttori scatolati a disposizione sono:

- interruttori SACE Tmax XT1, XT2, XT3 e XT4 equipaggiati con sganciatori termomagnetici TMD con soglia termica regolabile ($I_1 = 0.7...1 \times I_n$) e magnetica fissa ($I_3^* = 10 \times I_n$);
- interruttori SACE Tmax XT2 e XT3 equipaggiati con sganciatori termomagnetici TMG a soglia magnetica bassa per la protezione di lunghe linee in cavo, presentano una soglia termica regolabile ($I_1 = 0.7...1 \times I_n$) e magnetica fissa;
- interruttori SACE Tmax XT2 e XT4 equipaggiati con sganciatori TMA con soglia termica regolabile ($I_1 = 0.7...1 \times I_n$) e magnetica regolabile ($I_3^* = 5...10 \times I_n$);

Per la modalità di connessione dei poli in relazione alla tipologia di rete e tensione di alimentazione vedi le tabelle presenti nel capitolo 7: "Scelta del dispositivo di protezione".



**Come riportato nel capitolo 8: "Impiego di apparecchi per corrente alternata in corrente continua" il valore dell'intervento subisce una variazione dipendente dalla modalità di connessione dei poli.*

La seguente tabella riporta le caratteristiche elettriche degli interruttori scatolati SACE Tmax XT per corrente continua

	XT1					XT2					XT3		XT4				
Taglia [A]	160					160					250		160/250				
Poli [Nr.]	3/4					3/4					3/4		3/4				
Tensione nominale d'impiego U_e Vc.c.	500					500					500		500				
Tensione nominale di tenuta all'impulso U_{imp} [kV]	8					8					8		8				
Tensione nominale d'isolamento U_i [V]	800					1000					800		1000				
Potere di interruzione nominale limite in cortocircuito I_{cu}	B	C	N	S	H	N	S	H	L	V	N	S	N	S	H	L	V
250Vc.c. - 2 poli in serie [kA]	18	25	36	50	70	36	50	70	85	100	36	50	36	50	70	85	100
500Vc.c. - 2 poli in serie [kA]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36	50	70	85	100
500Vc.c. - 3 poli in serie [kA]	18	25	36	50	70	36	50	70	85	100	36	50	36	50	70	85	100
Categoria di utilizzazione (IEC 60947-2)	A					A					A		A				
Attitudine al sezionamento	■					■					■		■				
Sganciatori: termomagnetico																	
T regolabile, M fisso TMD	■					■ (fino a 32A)					■		■ (fino a 32A)				
T regolabile, M regolabile TMA	-					■					-		■				
solo magnetico MF/MA						■					■		■				
Intercambiabilità	-					■					-		■				
Esecuzioni	F-P					F-P-W					F-P		F-P-W				

Distribuzione di potenza

Int. scat.	XT1	XT2	XT3	XT4
In	160	160	250	250
1,6	TMD	TMD	TMD	TMD
2				
2,5				
3,2				
4				
5				
6,3				
8				
10				
12,5				
16	TMD	TMD TMG	TMD TMG	TMD
20				
25				
32				
40				
50		TMA TMG		TMA
63				
80				
100				
125				
160	-	TMD TMG	TMA	
200				
225				
250				TMD/TMG

Protezione motori

Int. scat.	XT2	XT3	XT4
In	160	250	250
1	MF	TMD	TMD
2			
4			
8,5			
10			
12,5	MF		MA
20	MA		
32			
52			
80			
100			
125	MA		
160			
200			

Legenda

- MF Sganciatori solo magnetici fissi
- MA Sganciatori solo magnetici regolabili
- TMG Sganciatore termomagnetico per protezione generatori
- TMD Sganciatore termomagnetico con soglia termica regolabile e magnetica fissa
- TMA Sganciatore termomagnetico con soglia termica e magnetica regolabile

Interruttori scatolati

Gli interruttori automatici scatolati della serie Tmax, conformi alla Norma CEI EN 60947-2, equipaggiati con sganciatore termomagnetici si articolano in 6 grandezze base, con un campo di applicazione da 1.6 A a 800A e poteri di interruzione da 16 kA a 150 kA (a 250Vc.c. con due poli in serie). La tensione minima di funzionamento è di 24Vc.c.

Gli interruttori scatolati a disposizione sono:

- interruttori Tmax T1, T2, T3 e T4 (fino a 50A) equipaggiati con sganciatori termomagnetici TMD con soglia termica regolabile ($I_1 = 0.7...1 \times I_n$) e magnetica fissa ($I_3^* = 10 \times I_n$);
- interruttori Tmax T2, T3 e T5 equipaggiati con sganciatori TMG a soglia magnetica bassa per la protezione di lunghe linee in cavo, presentano una soglia termica regolabile ($I_1 = 0.7...1 \times I_n$) e magnetica fissa ($I_3^* = 3 \times I_n$) o regolabile ($I_3^* = 2.5...5 \times I_n$);
- interruttori Tmax T4, T5 e T6 con sganciatori termomagnetici TMA con soglia termica regolabile ($I_1 = 0.7...1 \times I_n$) e magnetica regolabile ($I_3^* = 5...10 \times I_n$);

Per la modalità di connessione dei poli in relazione alla tipologia di rete e tensione di alimentazione vedi le tabelle presenti nel capitolo 7: "Scelta del dispositivo di protezione".



Gli interruttori T2, T3 e T4 tripolari possono essere anche provvisti di sganciatori solo magnetici MF e MA.

**Come riportato nel capitolo 8: "Impiego di apparecchi per corrente alternata in corrente continua" il valore dell'intervento subisce una variazione dipendente dalla modalità di connessione dei poli.*

La seguente tabella riporta le caratteristiche elettriche degli interruttori scatolati per corrente continua

		T1 1P			T1			T2					T3			T4					T5					T6						
Corrente ininterrotta nominale, I _n	(A)	160			160			160					250			250/320					400/630					630/800						
Poli	(Nr)	1			3/4			3/4					3/4			3/4					3/4					3/4						
Tensione nominale d'impiego, U _e	V	125			500			500					500			750					750					750						
Tensione nominale di tenuta ad impulso, U _{imp}	kV	8			8			8					8			8					8					8						
Tensione nominale d'isolamento, U _i	V	500			800			800					800			1000					1000					1000						
Potere di interruzione nominale limite in cortocircuito, I _{cu}		B	B	C	N	B	C	N	S	H	L	N	S	N	S	H	L	V	N	S	H	L	V	N	S	H	L	V	N	S	H	L
250 Vc.c. - 2 poli in serie	(kA)	25 (a 125V)	16	25	36	16	25	36	50	70	85	36	50	36	50	70	100	150	36	50	70	100	150	36	50	70	100	150	36	50	70	100
250 Vc.c. - 3 poli in serie	(kA)	-	20	30	40	20	30	40	55	85	100	40	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
500 Vc.c. - 2 poli in serie	(kA)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	36	50	70	100	25	36	50	70	100	20	35	50	65	-	-	-	-	
500 Vc.c. - 3 poli in serie	(kA)	-	16	25	36	16	25	36	50	70	85	36	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
750 Vc.c. - 3 poli in serie	(kA)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	25	36	50	70	16	25	36	50	70	16	20	36	50	-	-	-	-	
Categoria di utilizzazione (CEI EN 60947-2)		A			A			A					A			A					B (400A)(1) - A (630A)					B(2)						
Attitudine al sezionamento		■			■			■					■			■					■											
Sganciatori: termomagnetico																																
T fisso, M fisso	TMF	■			-			-					-			-					-											
T regolabile, M fisso	TMD	-			■			■					■			■ (fino a 50A)					-											
T regolabile, M regolabile (5...10 x I _n)	TMA	-			-			-					-			■ (fino a 250A)					■											
T regolabile, M fisso (3 x I _n)	TMG	-			-			■					■			-					-											
T regolabile, M regolabile (2,5...5 x I _n)	TMG	-			-			-					-			-					■											
Intercambiabilità		-			-			-					-			■					■											
Esecuzioni		F			F-P			F-P					F-P			F-P-W					F-P-W											

(1) I_{cw}=5kA

(2) I_{cw}=7.6 kA (630A) - 10kA (800A)

La seguente tabella riporta le correnti nominali disponibili sugli interruttori con le diverse tipologie di sganciatori

Distribuzione di potenza

Int. scat. In / taglia	T1	T2	T3	T4	T5		T6	
	160	160	250	250	400	630	630	800
1,6								
2								
2,5								
3,2								
4								
5								
6,3								
8								
10								
12,5								
16								
20								
25								
32								
40								
50								
63								
80								
100								
125								
160								
200								
250								
320								
400								
500								
630								
800								

Protezione motori

Int. scat. In / taglia	T2	T3	T4
	160	250	250
1			
1,6			
2			
2,5			
3,2			
4			
5			
6,5			
8,5			
10			
11			
12,5			
20			
25			
32			
52			
80			
100			
125			
160			
200			

Legenda

- TMG = sganciatore termomagnetico con soglia magnetica bassa
- TMF = sganciatore termomagnetico con soglia termica e magnetica fissa
- TMD = sganciatore termomagnetico con soglia termica regolabile e magnetica fissa
- TMA = sganciatore termomagnetico con soglia termica e magnetica regolabile
- MF = sganciatore solo magnetico fisso
- MA = sganciatore solo magnetico regolabile

Interruttori aperti

Gli interruttori automatici aperti della serie Emax, conformi alla Norma CEI EN 60947-2, equipaggiati con il nuovo sganciatore elettronico per corrente continua PR122/DC-PR123/DC si articolano in 4 grandezze base, con un campo di applicazione da 800 A (con l'E2) a 5000A (con l'E6) e poteri di interruzione da 35 kA a 100 kA (a 500Vc.c.).

La tensione minima di funzionamento (tramite il modulo di tensione dedicato PR120/LV) è 24Vc.c.

Per quanto riguarda la modalità di connessione obbligata dei poli in relazione alla tipologia di rete e tensione di alimentazione vedi il capitolo 7: "Scelta del dispositivo di protezione".

Grazie all'esclusiva tecnologia, i nuovi sganciatori elettronici per corrente continua PR122/DC-PR123/DC sviluppati da ABB SACE consentono di coprire ogni esigenza installativa e di effettuare le funzioni di protezione che prima erano solo disponibili per applicazioni in corrente alternata.

Gli interruttori automatici della gamma Emax DC conservano inalterate le dimensioni di ingombro e gli accessori elettrici e meccanici comuni alla gamma Emax per applicazioni in corrente alternata.



La seguente tabella riporta le caratteristiche elettriche degli interruttori Emax DC

		E2		E3		E4		E6	
Tensione nominale d'impiego Ue	[V]	1000		1000		1000		1000	
Tensione nominale di tenuta all'impulso Uimp	[kV]	12		12		12		12	
Tensione nominale d'isolamento Ui	[V]	1000		1000		1000		1000	
Poli	[Nr.]	3/4		3/4		3/4		3/4	
Corrente ininterrotta nominale Iu		B	N	N	H	S	H	H	
	[A]	800		800					
	[A]	1000		1000					
	[A]	1250		1250					
	[A]	1600	1600	1600	1600	1600			
	[A]			2000	2000	2000			
	[A]			2500	2500	2500			
	[A]					3200	3200	3200	
	[A]							4000	
[A]							5000		
Potere di interruzione nominale limite in corto circuito Icu in funzione della rete di applicazione		vedere pagine 32, 33, 34							
Corrente ammissibile nominale di breve durata (0.5s) Icw	[kA]								
500V DC (III)		35	50	60	65	75	100	100	
750V DC (III)		25	25	40	40	65	65	65	
750V DC (IV)		25	40	50	50	65	65	65	
1000V DC (IV)		25	25	35	40	50	65	65	
Categoria di utilizzazione (IEC 60947-2)		B	B	B	B	B	B	B	
Attitudine al sezionamento		■		■		■		■	
Esecuzioni		F-W		F-W		F-W		F-W	

Oltre ad avere le funzioni di protezione "standard" (protezione contro sovraccarico e cortocircuito) i nuovi sganciatori PR122-PR123/DC mettono a disposizione delle funzioni di protezione "avanzate", tutte le funzioni a disposizione vengono riassunte nella seguente tabella:

Caratteristiche

Funzioni di protezione		PR122	PR123
L	Protezione contro il sovraccarico con intervento ritardato a tempo lungo inverso	■	■
S	Protezione selettiva contro corto circuito con intervento ritardato a tempo breve inverso o indipendente	■	■
S	Seconda protezione selettiva contro corto circuito con intervento ritardato a tempo breve inverso o indipendente		■
I	Protezione contro corto circuito istantaneo con soglia di corrente di intervento regolabile	■	■
G	Protezione contro i guasti a terra		■
U	Protezione contro lo sbilanciamento delle fasi		■
OT	Protezione contro la sovratemperatura	■	■
UV	Protezione da minima tensione		■
OV	Protezione da massima tensione		■
RP	Protezione da inversione di potenza attiva		■
M	Memoria termica per le funzioni L e S	■	■

Per maggiori informazioni consultare l'annex del catalogo tecnico Emax

I nuovi sganciatori elettronici grazie ad una nuovissima interfaccia operatore, permettono un completo controllo del sistema. Più precisamente tali sganciatori permettono di avere le seguenti funzioni di misura e controllo

Misure	PR122/DC-PR123/DC
Correnti	■
Tensione	■ ⁽¹⁾
Potenza	■ ⁽¹⁾
Energia	■ ⁽¹⁾
Marcatura eventi e dati di manutenzione	
Marcatura eventi con l'istante in cui si sono verificati	■
Memorizzazione eventi in ordine cronologico	■
Conteggio del numero di manovre e usura dei contatti	■
Comunicazione con sistema di supervisione e controllo centralizzato	
Impostazione a distanza dei parametri delle funzioni protettive, di configurazione unità, di comunicazione	opt ⁽²⁾
Trasmissione misure, stati e allarmi da interruttore a sistema	opt ⁽²⁾
Trasmissione degli eventi e dei dati di manutenzione da interruttore a sistema	opt ⁽²⁾
Autodiagnosi	
Allarme e sgancio per sovratemperatura dello sganciatore	■
Controllo stato dello sganciatore	■
Interfaccia con l'utilizzatore	
Predisposizione parametri tramite tasti e visore a cristalli liquidi	■
Segnalazioni di allarme per le funzioni L, S, I e G	■
Segnalazione di allarme di una delle seguenti protezioni: tensione: minima, massima; inversione di potenza attiva, sovratemperatura	■
Gestione completa dei preallarmi e degli allarmi per tutte le funzioni protettive e di autocontrollo	■
Password di abilitazione per impiego con modalità "READ" (consultazione) oppure "EDIT" (consultazione e impostazione)	■
Controllo carichi	
Attacco distacco carichi in funzione della corrente che attraversa l'interruttore	■
Selettività di zona	
Attivabile per le funzioni protettive S, G ⁽¹⁾	■

(1) solo PR 123/DC

(2) con modulo comunicazione PR120/D-M

9.2 Sezionatori

Per svolgere la funzione di sezionamento ed assicurare la messa fuori tensione di tutta o parte dell'installazione in corrente continua le tipologie di prodotto offerte da ABB SACE sono:

- Interruttori di manovra-sezionatori scatolati per corrente continua Tmax PV

Tmax PV è una recente gamma della generazione T; si tratta di interruttori di manovra-sezionatori tetrapolari, in esecuzione fissa per applicazione in continua con valori elevati, adatti per l'installazione in impianti fotovoltaici.

Sono conformi alla norma IEC 60947-3, hanno una tensione di isolamento fino a 1150V c.c., correnti d'impiego fino a 1600A ed una corrente di breve durata ammissibile nominale per 1s I_{cw} fino a 19.2 kA.

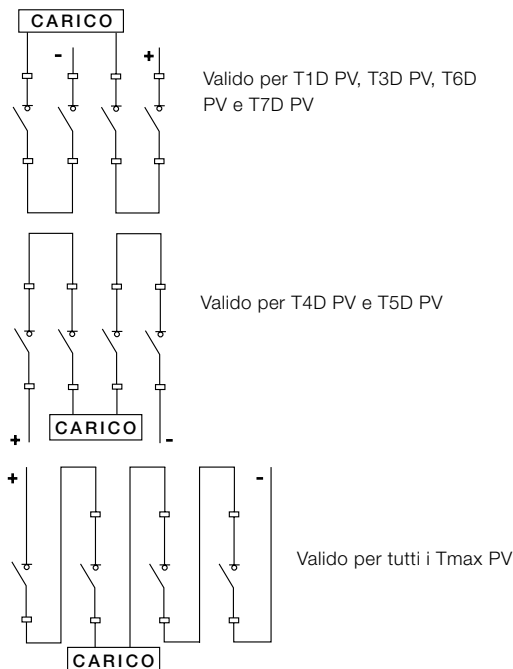
La gamma Tmax PV comprende 6 diverse taglie: dal compatto T1D PV (che può essere montato su guida DIN) al T7D PV disponibile in due versioni, con comando a leva o comando a motore. Gli accessori sono gli stessi della serie standard.

L'intera gamma è controllabile a distanza aggiungendo i comandi a motore.

Taglie disponibili e caratteristiche principali Tmax PV

	T1D PV	T3D PV	T4D PV	T5D PV	T6D PV	T7D PV
Corrente termica convenzionale, I _{th} [A]	160	250	250	630	800	1600
Corrente d'impiego nominale in categoria DC22 B, I _e [A]	160	200	250	500	800	1600
Tensione nominale d'impiego, U _e [V]	1100 V c.c.	1100 V c.c.	1100 V c.c.	1100 V c.c.	1100 V c.c.	1100 V c.c.
Tensione nominale di tenuta ad impulso, U _{imp} [kV]	8	8	8	8	8	8
Tensione nominale d'isolamento, U _i [V]	1150 V c.c.	1150 V c.c.	1150 V c.c.	1150 V c.c.	1150 V c.c.	1150 V c.c.
Tensione di prova a frequenza industriale per 1 min. [V]	3500	3500	3500	3500	3500	3500
Corrente di breve durata ammissibile nominale per 1s, I _{cw} [kA]	1.5	2.4	3	6	9.6	19.2
Esecuzione	F	F	F	F	F	F
Terminali	FC Cu	FC Cu	FC Cu	FC Cu	FC CuAl	FC CuAl
Vita meccanica [Nr. manovre]	25000	25000	20000	20000	20000	10000

Gli schemi di connessione, validi per rete isolata, sono riportati di seguito:



- Sezionatori derivati da interruttori scatolati SACE Tmax XT e Tmax T

I sezionatori Tmax T e SACE Tmax XT derivano dai corrispondenti interruttori automatici e differiscono solamente per l'assenza degli sganciatori di protezione.

La funzione principale svolta da questi apparecchi consiste nel sezionamento del circuito in cui sono inseriti.

Difatti, una volta aperti, i contatti si trovano ad una distanza tale da impedire l'innesco di un arco elettrico, rispettando le prescrizioni normative relativamente all'attitudine al sezionamento.

La posizione della leva di comando corrisponde con certezza a quella dei contatti (manovra positiva). Ogni interruttore di manovra-sezionatore deve essere protetto a monte da un dispositivo coordinato che lo salvaguardi dai corto circuiti. L'interruttore automatico Tmax T e SACE Tmax XT che può svolgere tale funzione è sempre di taglia corrispondente o inferiore a quella dell'interruttore di manovra-sezionatore in questione.

La seguente tabella riporta le caratteristiche elettriche dei sezionatori derivati da interruttori scatolati Tmax:

	XT1D	XT3D	XT4D	T1D	T3D	T4D	T5D	T6D	Tmax T7D
Corrente termica convenzionale, I _{th} [A]	160	250	250	160	250	250/320	400/630	630/800/1000	1000/1250/1600
Corrente d'impiego nominale in categoria DC22, [A]	160	250	250	160	250	250/320	400/630	630/800/1000	1000/1250/1600
Poli [Nr.]	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
Tensione nominale d'impiego, U _e [V]	500	500	500	500	500	750	750	750	750
Tensione nominale di tenuta ad impulso, U _{imp} [kV]	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Tensione nominale d'isolamento, U _i [V]	800	800	800	800	800	800	800	1000	1000
Corrente di breve durata ammissibile nominale per 1s, I _{cw} [kA]	2	3.6	3.6	2	3,6	3,6	6	15	20
Norma di riferimento	CEI EN 60947-3								
Esecuzione	F-P	F-P	F-P-W	F	F - P	F - P - W	F - P - W	F-W	F-W

- Sezionatori derivati da interruttori aperti Emax

Gli interruttori di manovra-sezionatori derivano dai corrispondenti interruttori automatici, dei quali conservano inalterate le dimensioni di ingombro e le possibilità di montaggio degli accessori.

Questa esecuzione differisce dagli interruttori automatici solamente per l'assenza degli sganciatori di sovraccorrente.

Tali sezionatori sono disponibili sia in esecuzione fissa,

sia estraibile, tripolare e tetrapolare, utilizzabili secondo le categorie di utilizzazione DC 23A (manovra di motori o altri carichi altamente induttivi, per esempio motori in serie). Per quanto riguarda la modalità di connessione dei poli (da realizzare a cura del cliente) in relazione alla tensione di alimentazione vedi la tabella 13.

La seguente tabella riporta le caratteristiche elettriche dei sezionatori Emax/MS:

		X1B/MS	E1N/MS	E2B/MS	E2N/MS	E2S/MS	E3N/MS	E3S/MS	E3V/MS	E4S/MS	E4H/fMS	E4H/MS	E6H/MS	E6H/fMS
Corrente ininterrotta nominale (a 40 °C) I _n [A]	[A]	1000	800	1600	1000	1000	2500	1000	800	4000	3200	3200	4000	4000
	[A]	1250	1000	2000	1250	1250	3200	1250	1250		4000	4000	5000	5000
	[A]	1600	1250		1600	1600		1600	1600				6300	6300
	[A]		1600		2000	2000		2000	2000					
	[A]							2500	2500					
	[A]							3200	3200					
Tensione nominale di impiego U _e [V ~]	[V ~]	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690
	[V ~]	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Tensione nominale di isolamento U _i [V ~]	[V ~]	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Tensione nominale di tenuta ad impulso U _{imp} [kV]	[kV]	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Corrente ammissibile nominale di breve durata I _{cw}	1s [kA]	42	50	42	55	65	65	75	85	75	85	100	100	100
	3s [kA]		42	42	42	42	65	65	65	75	75	75	85	85

Appendice A

Sistemi di distribuzione in corrente continua

La norma IEC60364-1 definisce i sistemi di distribuzione in corrente continua in modo analogo alla corrente alternata.

Sistema TT

Un polo del sistema e le masse sono collegate a due impianti di terra elettricamente indipendenti. Eventualmente può essere collegato a terra il punto medio dell'alimentazione

Figura 18 Sistema di distribuzione TT in corrente continua

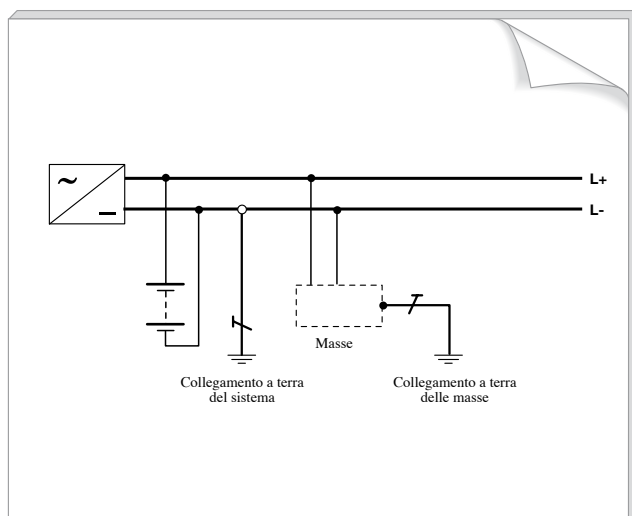
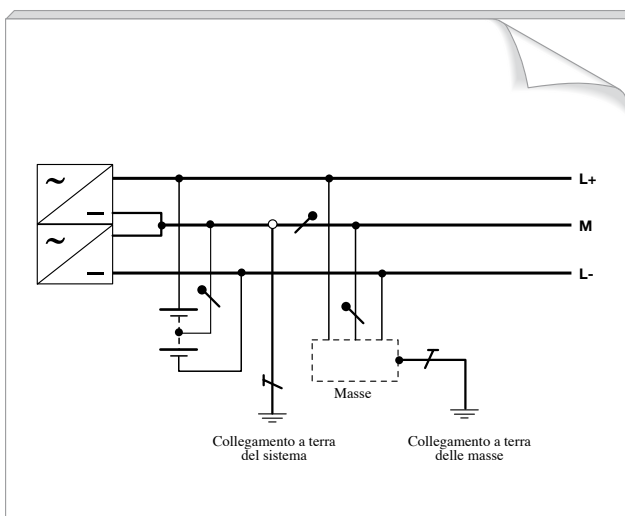


Figura 19 Sistema di distribuzione TT in corrente continua con il punto medio dell'alimentazione connesso a terra



la scelta di connettere a terra il polo positivo o negativo è effettuata in base ad altre considerazioni non trattate nella presente appendice.

Sistema TN

Un polo, o il punto medio dell'alimentazione, è messo direttamente a terra; le masse sono connesse allo stesso punto di messa a terra. Il sistema elettrico TN si distingue in tre tipi a seconda che il polo connesso a terra e il conduttore di protezione siano separati o meno:

1.TN-S – il conduttore del polo connesso a terra e di protezione PE sono separati;

Figura 20 Sistema di distribuzione TN-S in corrente continua

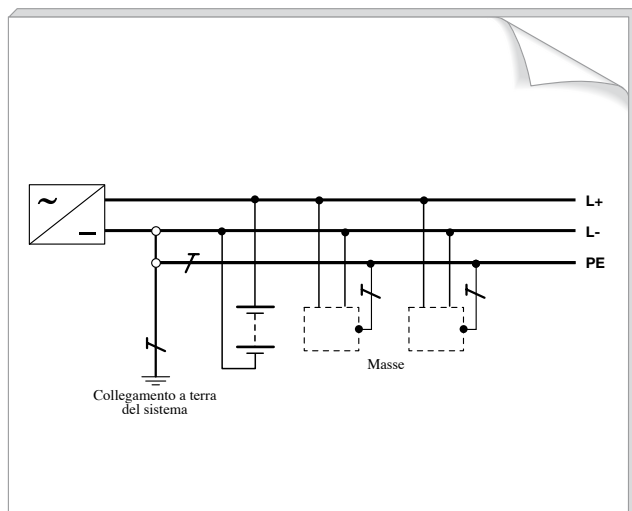
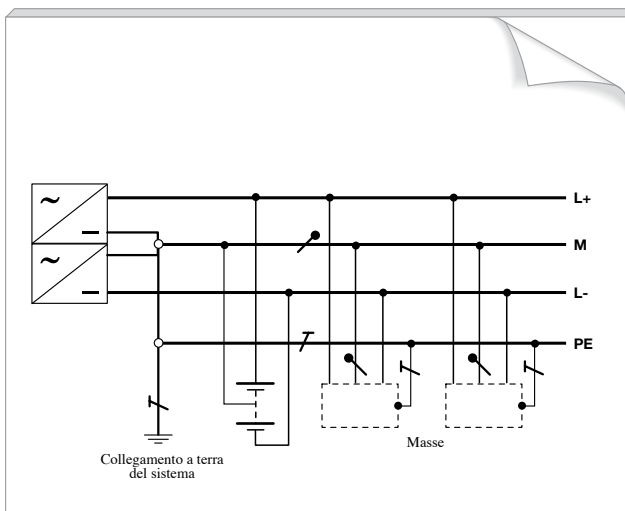


Figura 21 Sistema di distribuzione TN-S in corrente continua con il punto medio dell'alimentazione connesso a terra



2.TN-C – le funzioni di polo connesso a terra e conduttore di protezione sono combinate in un unico conduttore definito PEN;

Figura 22 Sistema di distribuzione TN-C in corrente continua

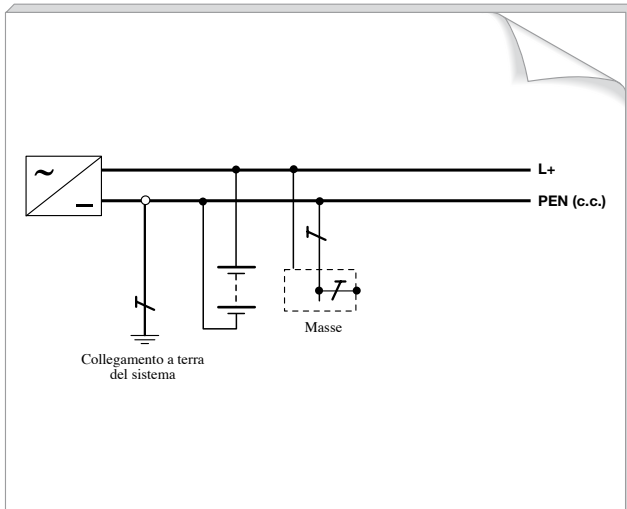
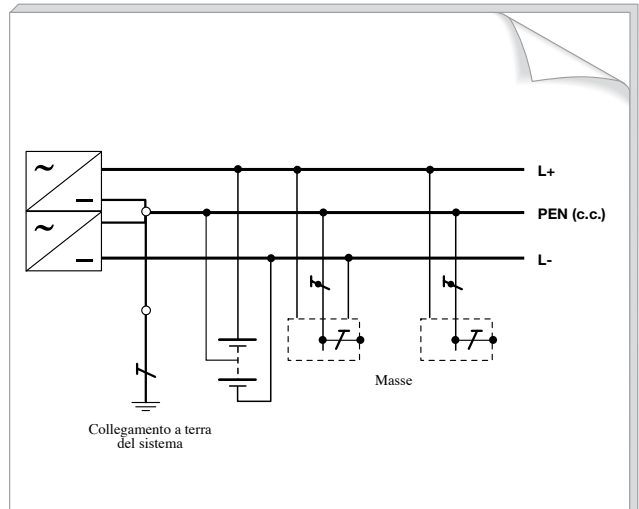


Figura 23 Sistema di distribuzione TN-C in corrente continua con il punto medio dell'alimentazione connesso a terra



3.TN-C-S – le funzioni di polo connesso a terra e conduttore di protezione sono in parte combinate in un solo conduttore PEN ed in parte separate.

Figura 24 Sistema di distribuzione TN-C-S in corrente continua

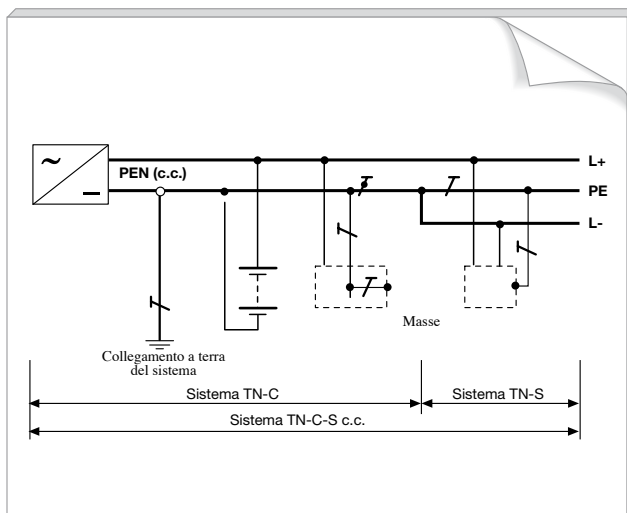
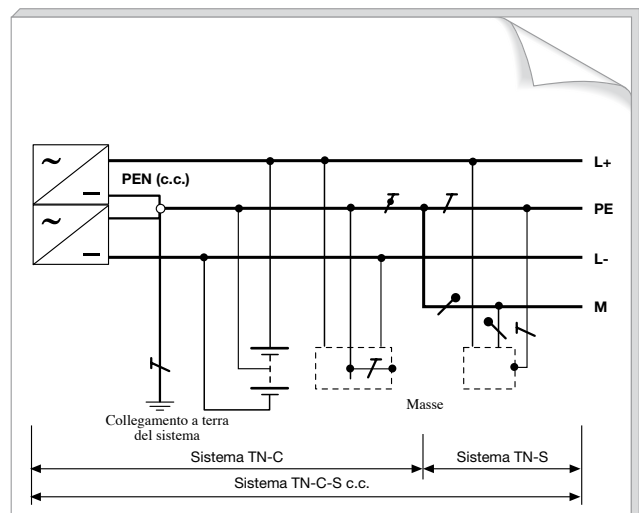


Figura 25 Sistema di distribuzione TN-C-S in corrente continua con il punto medio dell'alimentazione connesso a terra



Sistema IT

Non ci sono connessioni a terra della fonte di alimentazioni; le masse sono connesse allo stesso punto di messa a terra.

Figura 26 Sistema di distribuzione IT in corrente continua

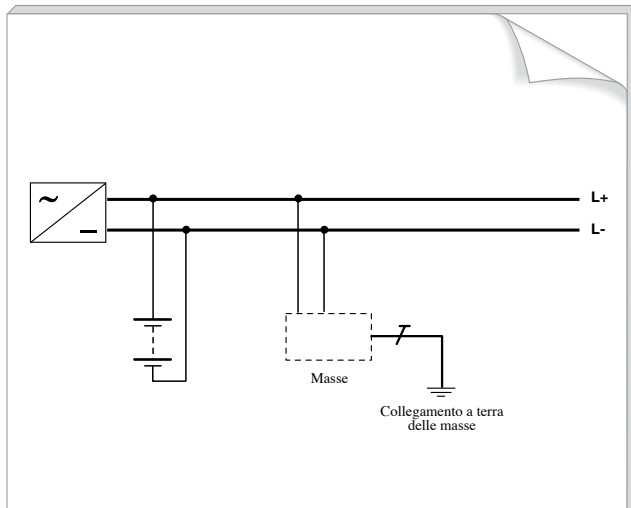
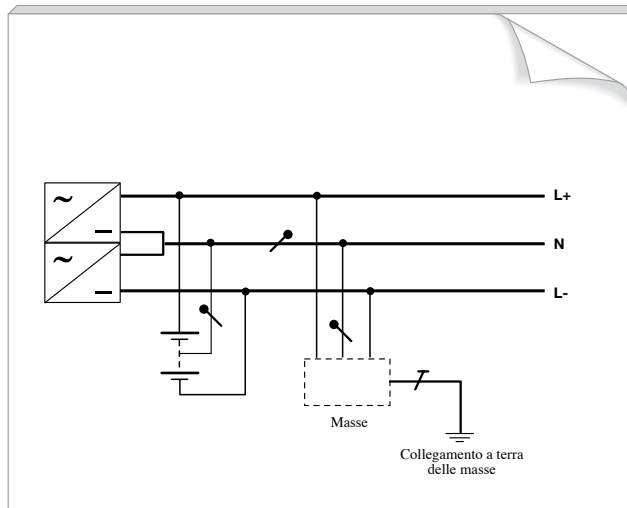


Figura 27 Sistema di distribuzione IT in corrente continua con il punto medio dell'alimentazione isolato da terra.



Protezione contro i contatti indiretti

La Norma IEC 60364-4, ai fini della protezione contro i contatti indiretti, prescrive che un dispositivo di protezione deve automaticamente disconnettere l'alimentazione qualora a seguito di un guasto tra una parte attiva e una massa o un conduttore di protezione non permanga sulle masse una tensione superiore a 120 V (c.c.) per un tempo sufficiente a provocare effetti fisio-patologici per il corpo umano⁽¹⁾.

Per ambienti particolari possono essere richiesti tempi di interruzione e valori di tensione più bassi di quelli appena indicati. Sono al momento allo studio ulteriori requisiti per i sistemi in corrente continua.

⁽¹⁾ Per i sistemi IT l'apertura automatica del circuito non è necessariamente richiesta in presenza di un primo guasto.

Appendice B

Calcolo delle correnti di cortocircuito

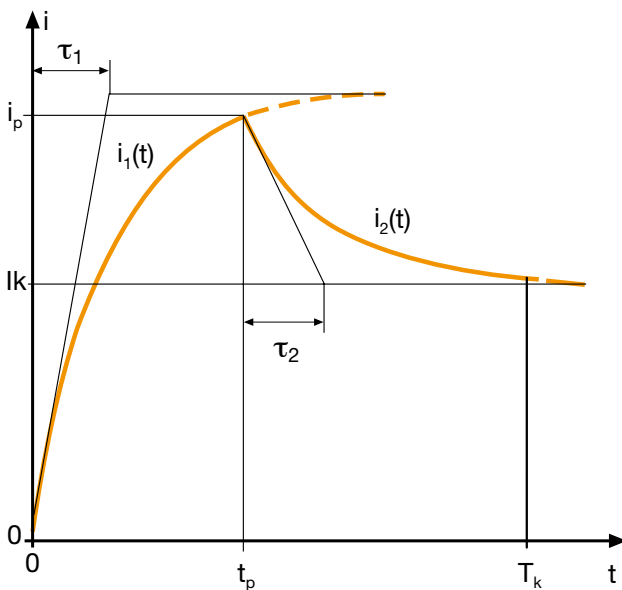
Lo studio delle correnti di cortocircuito è di fondamentale importanza per un corretto dimensionamento dei componenti che costituiscono l'impianto, una valutazione errata infatti potrebbe comportare una selezione dei dispositivi sottodimensionati in termini di prestazione in cortocircuito.

Forniamo di seguito alcune brevi considerazioni su come valutare la corrente di cortocircuito come indicato e descritto nella norma internazionale IEC 61660-1: "Correnti di cortocircuito degli impianti in c.c. nelle centrali e nelle stazioni elettriche".

La suddetta norma fornisce metodi di calcolo per ottenere risultati sufficientemente precisi sugli andamenti delle correnti di cortocircuito relative a componenti elettrici che agiscono come sorgenti di cortocircuito.

Nonostante la norma fornisca indicazioni analizzando diverse fonti di alimentazione ci limiteremo ad analizzare quanto descritto sulle batterie stazionarie al piombo e a fornire i grafici degli andamenti tempo corrente delle altri fonti (raddrizzatori in collegamento a ponte trifase in c.a. per 50Hz, condensatori livellatori, motori in c.c. con eccitazione indipendente).

I termini che verranno indicati nelle formule sono riferiti alla seguente figura che rappresenta l'andamento tipico di una corrente di cortocircuito in continua:



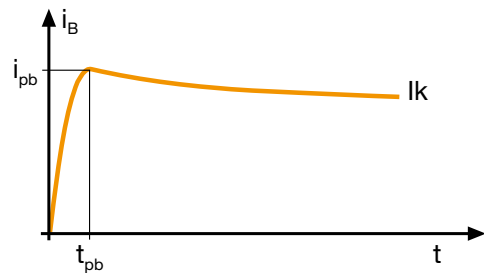
Dove:

- I_k è la corrente di cortocircuito in regime quasi stazionario;
- i_p è la corrente di cresta del cortocircuito;
- T_k durata del cortocircuito;
- t_p è il tempo per raggiungere la cresta
- τ_1 è la costante di tempo di salita;
- τ_2 è la costante di tempo di discesa.

Calcolo della corrente di cortocircuito erogata da una batteria stazionaria al piombo

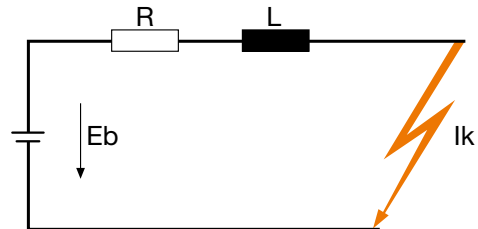
La seguente figura indica l'andamento della corrente di cortocircuito erogata da una batteria stazionaria al piombo; come si può vedere nella figura dopo il tempo t_{pb} ovvero il tempo necessario per raggiungere la cresta (i_{pb}) il valore di cortocircuito decresce per raggiungere il valore della corrente di cortocircuito in regime quasi stazionario.

Figura 28 Andamento della corrente di cortocircuito in una batteria stazionaria al piombo



I calcoli indicati nelle seguenti pagine sono riferiti al seguente schema:

Figura 29 Schema riferito al circuito in c.c.



Dove:

$$R = 0.9 \cdot R_b + R_{bl} + R_y$$

- R_b = è la resistenza della batteria in caso di cortocircuito (valore fornito dal costruttore);
- R_{bl} = è la resistenza del conduttore nella derivazione alla batteria;
- R_y = è la resistenza della derivazione comune con altre fonti di alimentazione (se esiste).

$$L = L_b + L_{bl} + L_y$$

- L_b = è l'induttanza della batteria in caso di cortocircuito (valore fornito dal costruttore);
- L_{bl} = è l'induttanza del conduttore nella derivazione alla batteria;
- L_y = è l'induttanza della derivazione comune con altre fonti di alimentazione (se esiste)
- E_b = è la tensione di circuito aperto della batteria

Corrente di cortocircuito di cresta:

$$i_{pb} = \frac{E_b}{R}$$

Corrente di cortocircuito in regime quasi stazionario:

$$I_{kb} = \frac{0.95 E_b}{R + 0.1 R_b}$$

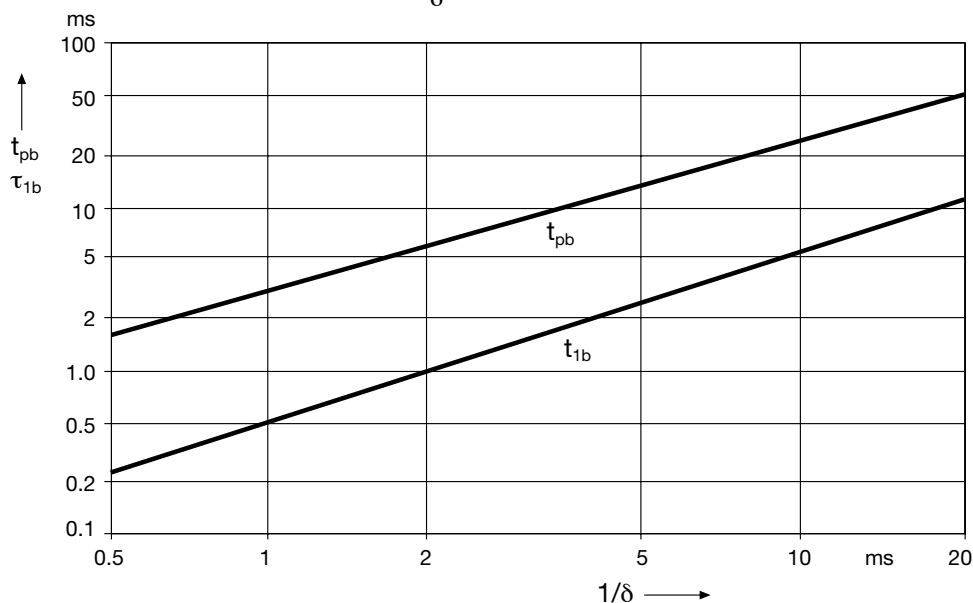
Tempo per raggiungere la cresta t_p e costante di tempo di salita τ_1

Per determinare tali parametri è necessario calcolare il rapporto:

$$\frac{1}{\delta} = \frac{1}{\frac{R}{L} + \frac{1}{T_B}}$$

con la costante di tempo $T_B = 30\text{ms}$

Dopo aver determinato il rapporto $\frac{1}{\delta}$ è possibile individuare t_p e τ_1 ricavando il valore dal seguente grafico:



Costante di tempo di discesa τ_2

La costante di tempo di discesa è pari a $\tau_2=100\text{ms}$

Esempio di calcolo della corrente di cortocircuito di una batteria stazionaria al piombo

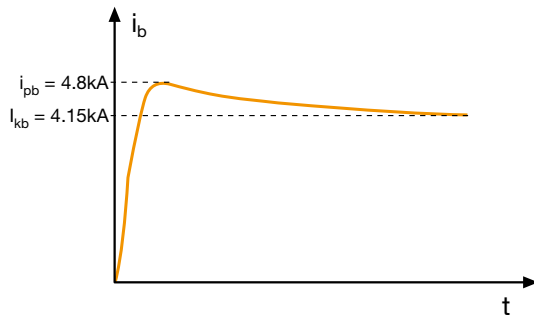
Calcolare la corrente di cortocircuito di una batteria avente le seguenti caratteristiche:

- tensione massima di scarica = 240Vc.c.
- capacità della batteria = 50 Ah
- numero di monoblocchi in serie = 110 (2.2 V per ciascun monoblocco)
- resistenza interna del singolo monoblocco = 0.5 mΩ

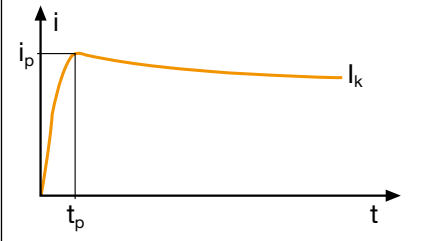
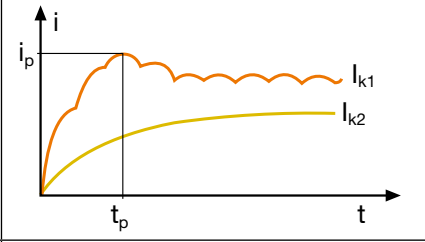
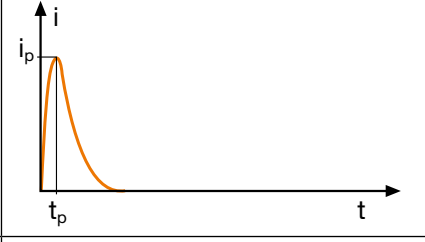
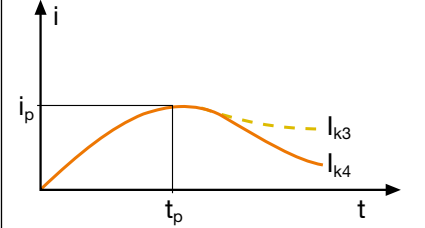
$$R_{tot} = N^{\circ}_{monoblocchi} \times R_i = 110 \times 0.5 \times 10^{-3} = 0.055 \Omega$$

$$I_{kb} = \frac{0.95 \times E_b}{R_{tot}} = \frac{0.95 \times 240}{0.055} = 4.15 \text{ kA}$$

$$i_{pb} = \frac{E_b}{0.9 \times R_{tot}} = \frac{240}{0.9 \times 0.055} = 4.8 \text{ kA}$$



La seguente tabella riassume tutti gli andamenti delle correnti di cortocircuito indicate e descritte nella norma IEC 61660-1 relative alle diverse apparecchiature che agiscono come sorgenti di cortocircuito:

Apparecchiature che agiscono come sorgenti di cortocircuito	Andamento corrente di cortocircuito	Descrizione
Batteria stazionaria al piombo		i_p = corrente di cresta di cortocircuito t_p = tempo per raggiungere la cresta I_k = corrente di corto in regime quasi stazionario
Raddrizzatori in collegamento a ponte trifase in c.a. per 50Hz con reattore di smorzamento (I_{k2}) o senza reattore di smorzamento (I_{k1})		
Condensatori		
Motori in c.c. con eccitazione indipendente senza massa di inerzia aggiuntiva (I_{k4}) o con massa di inerzia aggiuntiva (I_{k3})		

Appendice C

Interruttori automatici e sezionatori per impiego fino a 1000Vc.c.

Le principali installazioni che utilizzano la tensione a 1000Vc.c. sono quelle relative alla trazione, installazioni in miniera, gallerie stradali, applicazioni ferroviarie, ed infine in applicazioni industriali in genere.

L'utilizzo di questo elevato valore di tensione trova applicazione in quegli impianti in cui vi è la necessità di avere delle linee di distribuzione con lunghezza superiore rispetto alle normali linee in bassa tensione, oppure in quelle applicazioni in cui sono richieste grosse potenze. In tali circostanze volendo mantenere ridotte le correnti nominali e le correnti di cortocircuito, occorre necessariamente aumentare la tensione nominale d'impianto.

In questo modo si possono utilizzare conduttori con sezioni inferiori sia nei quadri che nelle linee di distribuzione con riduzione dei costi iniziali di investimento e riduzione dei costi di esercizio dovuti alla diminuzione delle perdite di potenza per effetto joule.

Un altro vantaggio è quello del risparmio dello spazio occupato dai percorsi cavi per la riduzione della sezione. Per particolari applicazioni, quali ad esempio impianti minerari, la ristrettezza degli spazi a disposizione amplifica enormemente il problema della sistemazione dei percorsi e del posizionamento dei conduttori in relazione alle condotte di ventilazione/aspirazione e condizionamento.

Con la tensione di 1000V inoltre è possibile ridurre la caduta di tensione percentuale che permette di avere linee di distribuzione di lunghezza superiore, è per questo motivo che tale tensione viene adottata in impianti con particolari requisiti di lunghezza.

L'aumento di tensione comporta anche migliori condizioni di esercizio dovute alla riduzione dei livelli di cortocircuito con limitazione delle conseguenze legate al possibile guasto e quindi ad un aumento della sicurezza.

L'applicazione a 1000V condiziona però la scelta, la disponibilità e il costo degli apparecchi di manovra e di protezione utilizzabili, che rispetto alla gamma disponibile per le tensioni classiche impiegate nei normali sistemi di distribuzione in BT (fino a 690Vc.a. o fino a 750Vc.c.) costituiscono una versione speciale dedicata.

Queste versioni speciali presentano caratteristiche costruttive necessarie per rispondere alle esigenze più severe (aumento della tensione di prova).

L'offerta ABB SACE per applicazioni fino a 1000 Vc.c.

Le gamme di prodotti offerti da ABB SACE per applicazioni fino a 1000Vc.c. comprendono prodotti che garantiscono la funzione di protezione oppure solo la funzione di sezionamento.

È necessario considerare in fase di scelta del dispositivo la modalità di connessione a terra dell'impianto in modo da definire il numero di poli da connettere in serie, lo scopo è quello di realizzare condizioni di lavoro in cui, in caso di cortocircuito, l'interruzione della corrente sia realizzata dalla serie dei 4 contatti dell'interruttore in modo da assicurare il potere di interruzione dichiarato per l'apparecchio (nel caso di interruttore di protezione).

Nelle seguenti pagine verranno riportate sia le caratteristiche elettriche dei prodotti sia le modalità di connessione dei poli.

Interruttori automatici per impiego fino a 1000Vc.c.

Interruttori Tmax con sganciatore termomagnetico

Gli interruttori della serie Tmax per l'utilizzo in corrente continua fino a 1000Vc.c. presentano le stesse dimensioni di quelli standard, disponibili sia in esecuzione fissa, rimovibile ed estraibile, risultano alimentabili solo dall'alto e possono essere equipaggiati solo con sganciatori termomagnetici regolabili; inoltre possono essere corredati con tutti gli accessori previsti per la versione standard ad eccezione del differenziale.

La seguente tabella riporta le caratteristiche elettriche degli interruttori Tmax per applicazioni a 1000Vc.c.

		Tmax T4	Tmax T5	Tmax T6
Corrente ininterrotta nominale, Iu	[A]	250	400/630	630/800
Poli	[Nr.]	4	4	4
Tensione nominale d'impiego, Ue	[V]	1000	1000	1000
Tensione nominale di tenuta ad impulso, Uimp	[kV]	8	8	8
Tensione nominale d'isolamento, Ui	[V]	1150	1150	1000
Tensione di prova a frequenza industriale per 1 min.	[V]	3500	3500	3500
Potere di interruzione nominale limite in cortocircuito, Icu		V	V	L
(DC) 4 poli in serie	[kA]	40	40	50
Potere di interruzione nominale di servizio in cortocircuito, Ics				
(DC) 4 poli in serie	[kA]	20	20	
Categoria di utilizzazione (CEI EN 60947-2)		A	B (400 A)(1) - A (630 A)	B(2)
Attitudine al sezionamento		■	■	■
Norma di riferimento		IEC 60947-2	IEC 60947-2	IEC 60947-2
Sganciatori termomagnetici	TMD	■	-	-
	TMA	■	■	■

(1) Icw= 5kA

(2) Icw= 7.6kA (630A) - 10kA (800A)

Interruttori Emax con sganciatore elettronico

Gli interruttori della serie Emax equipaggiati con il nuovo sganciatore elettronico PR122-PR123/DC possono essere utilizzati fino a 1000Vc.c. coprendo esigenze installative fino a 5000A.

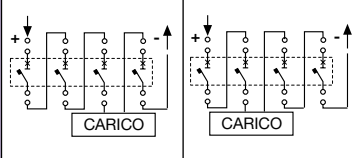

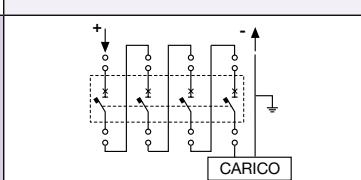
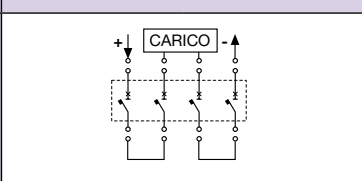
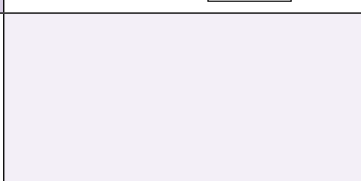
Questi interruttori sono disponibili in esecuzione fissa ed estraibile e corredabili con tutti gli accessori previsti per la versione standard.

La seguente tabella riporta le caratteristiche elettriche riferite a 1000Vc.c. degli interruttori Emax per corrente continua equipaggiabili con il nuovo sganciatore PR122-PR123/DC

		E2		E3		E4		E6
Corrente ininterrotta nominale, Iu	(A)	B	N	N	H	S	H	H
	(A)	800	1600	800	1600	1600	3200	3200
	(A)	1000		1000	2000	2000		4000
	(A)	1250		1250	2500	2500		5000
	(A)	1600		1600		3200		
	(A)			2000				
	(A)			2500				
Poli	(Nr)	3/4		3/4		3/4		3/4
Tensione nominale d'impiego, Ue	V	< 1000		< 1000		< 1000		< 1000
Tensione nominale di tenuta ad impulso, Uimp	kV	12		12		12		12
Tensione nominale d'isolamento, Ui	V	1000		1000		1000		1000
Potere di interruzione nominale limite in cortocircuito, Icu	1000 Vc.c. (kA)	vedere capitolo 7						
Potere di interruzione nominale di servizio in cortocircuito, Ics	1000 Vc.c. (kA)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Corrente ammissibile nominale di breve durata, Icw (0.5 s)	1000 Vc.c. (kA)	25	25	35	40	50	65	65
Categoria di utilizzazione (CEI EN 60947-2)		B		B		B		B
Attitudine al sezionamento		■		■		■		■
Sganciatori elettronici	PR122/DC	■		■		■		■
	PR123/DC	■		■		■		■

Modalità di connessione dei poli con interruttori automatici fino a 1000Vc.c. in relazione alla tipologia di connessione della rete. Le connessioni in serie per interruttori Tmax devono essere realizzate a cura del cliente, mentre per gli interruttori Emax vengono realizzate in fabbrica da ABB.

Tab. 20 Modalità di connessione dei poli con interruttori automatici per applicazioni fino 1000Vc.c.

Tensione nominale (Vn)	1000Vc.c		
Tipologia di rete	RETE ISOLATA	RETE CON UNA POLARITÀ CONNESSA A TERRA*	RETE CON UN PUNTO MEDIO DELLA SORGENTE DI ALIMENTAZIONE CONNESSO A TERRA
Descrizione	Con questa tipologia di rete si considera come guasto significativo quello che avviene tra polarità positiva e negativa, portando così a lavorare la serie dei 4 poli dell'interruttore. Si trascura la possibilità del doppio guasto a terra (il primo a monte dei poli di una polarità e il secondo a valle dei poli dell'altra polarità), si consiglia l'impiego di un dispositivo per monitorare la situazione dell'isolamento verso terra in grado appunto di segnalare la perdita dell'isolamento in conseguenza di un primo guasto a terra.	Con questa tipologia di rete i poli connessi sulla polarità isolata da terra, sono chiamati ad interrompere una corrente di guasto alla tensione di 1000V quindi è necessario predisporre su questa polarità la serie dei 4 poli. Di conseguenza la polarità connessa a terra non può essere interrotta e spesso non è nemmeno richiesto che lo sia in quanto vincolata al potenziale di terra.	Con questa tipologia di rete i 2 poli connessi su una polarità, sono chiamati ad interrompere una corrente di guasto alla tensione di 500V, mentre per guasto tra le due polarità la tensione che sorregge il guasto torna ad essere di 1000V e lo schema proposto permette di realizzare l'interruzione con 4 poli in serie.
Tmax			
			
Emax			

(*) Per interruttori Emax chiedere ad ABB

Sezionatori per impiego fino a 1000Vc.c.

Per quanto riguarda l'impiego di sezionatori per tensioni fino a 1000Vc.c., ABB SACE ha sviluppato la gamma di interruttori di manovra-sezionatori (gamma Emax/E MS) conformi alla normativa internazionale CEI EN 60947-3. Tali interruttori non automatici sono particolarmente adatti ad essere utilizzati come congiuntori di sbarra o sezionatori principali.

Tali sezionatori sono disponibili sia in versione fissa sia estraibile, tripolare e tetrapolare.

Gli interruttori di manovra-sezionatori della gamma Emax/E MS conservano inalterate le dimensioni di ingombro e possono essere associati a tutti gli accessori comuni alla gamma di interruttori Emax.

		E1B/E MS		E2N/E MS		E3H/E MS		E4H/E MS		E6H/E MS	
Corrente ininterrotta nominale, Iu	[A]	800		1250		1250		3200		5000	
	[A]	1250		1600		1600		4000		6300	
	[A]			2000		2000					
	[A]					2500					
	[A]					3200					
N. di poli in serie	[Nr.]	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4
Tensione nominale d'impiego, Ue	(c.c.) [V]	750	1000	750	1000	750	1000	750	1000	750	1000
Tensione nominale di isolamento, Ui	(c.c.) [V]	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Tensione nominale di tenuta ad impulso, Uimp	[kV]	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Corrente nominale di breve durata ammissibile nominale Icw (1s)	[kA]	20	20 ⁽¹⁾	25	25 ⁽¹⁾	40	40 ⁽¹⁾	65	65	65	65

⁽¹⁾ Le prestazioni a 750 V sono:
 per E1B/E MS Icw=25 kA
 per E2N/E MS Icw=40 kA
 per E3H/E MS Icw=50 kA

Di seguito riportiamo gli schemi di connessione (da realizzare a cura del cliente) suggeriti da ABB SACE secondo i quali devono essere connessi i poli dei sezionatori in relazione alla tensione di funzionamento.

Come si può vedere in tabella con un collegamento di tre poli di interruzione in serie la tensione nominale che è possibile raggiungere è di 750Vc.c, mentre con quattro poli in serie è di 1000Vc.c.

Tab. 21 Modalità di connessione dei poli di sezionatori Emax/E MS per applicazioni fino a 1000Vc.c.

Tensione nominale	≤ 750 Vc.c.	≤ 1000 Vc.c.	
Connessione poli			
E1...E6 E/ MS	■	■	■

Glossario

I_{max}	corrente massima
I_p	corrente di cortocircuito stabilita
I_{cn}	corrente di cortocircuito presunta
U_a	massima tensione d'arco
U_n	tensione di rete
T	costante di tempo
I_n	corrente nominale dello sganciatore
I_{r.m.s}	valore efficace di una corrente alternata
I₃	settaggio protezione istantanea contro il cortocircuito
I₂	settaggio protezione contro il cortocircuito con intervento ritardato
I₁	settaggio protezione contro il sovraccarico
I_{cu}	Potere d'interruzione nominale estremo in cortocircuito
I_{cs}	Potere d'interruzione nominale di servizio in cortocircuito
I_{cw}	Corrente nominale ammissibile di breve durata
U_e	tensione nominale di impiego
TMG	sganciatore termomagnetico con soglia magnetica bassa
TMF	sganciatore termomagnetico con soglia termica e magnetica fissa
TMD	sganciatore termomagnetico con soglia termica regolabile e magnetica fissa
TMA	sganciatore termomagnetico con soglia termica e magnetica regolabile
MF	sganciatore solo magnetico fisso
MA	sganciatore solo magnetico regolabile
L	protezione contro il sovraccarico
S	protezione contro il cortocircuito con intervento ritardato
I	protezione contro il cortocircuito istantaneo
I_k	corrente di cortocircuito in regime quasi stazionario
i_p	corrente di cresta del cortocircuito
T_k	durata del cortocircuito
t_p	tempo per raggiungere la corrente di cresta
τ₁	costante di tempo di salita
τ₂	costante di tempo di discesa
ipb	corrente di cresta di cortocircuito erogata da una batteria stazionaria al piombo
tpb	tempo per raggiungere la corrente di cresta in una batteria stazionaria al piombo
ikb	corrente di cortocircuito in regime quasi stazionario di una batteria stazionaria al piombo

Quaderni di Applicazione Tecnica

QT1

La selettività in bassa tensione con interruttori ABB

Low voltage selectivity with ABB circuit-breakers

QT2

Cabine MT/BT teoria ed esempi di calcolo

MV/LV transformer substations: theory and examples of short-circuit calculation

QT3

Sistemi di distribuzione e protezione contro i contatti indiretti ed i guasti di terra

Distribution systems and protection against indirect contact and earth fault

QT4

Gli interruttori ABB nei quadri di bassa tensione

ABB circuit-breakers inside LV switchboards

QT5

Interruttori ABB per applicazioni in corrente continua

ABB circuit-breakers for direct current applications

QT6

Quadri per bassa tensione a tenuta d'arco interno

Arc-proof low voltage switchgear and controlgear assemblies

QT7

Il motore asincrono trifase

Generalità ed offerta ABB per il coordinamento delle protezioni

Three-phase asynchronous motors
Generalities and ABB proposals for the coordination of protective devices

QT8

Rifasamento e filtraggio delle armoniche negli impianti elettrici

Power factor correction and harmonic filtering in electrical plants

QT9

La comunicazione via Bus con gli interruttori ABB

Bus communication with ABB circuit-breakers

QT10

Impianti fotovoltaici

Photovoltaic plants

QT11

Guida alla realizzazione di un quadro elettrico secondo le Norme CEI EN 61439 Parte 1 e Parte 2

Guidelines to the construction of a low-voltage switchgear and controlgear assembly complying with the Standards IEC 61439 Part 1 and Part 2

QT12

Generalità sui sistemi navali e sulle installazioni di bordo

Generalities on naval systems and installations on board

QT13

Impianti eolici

Wind power plants

Contatti

ABB SACE

Una divisione di ABB S.p.A.

Interruttori B.T.

Via Baioni, 35

24123 Bergamo

Tel.: 035 395 111

Fax: 035 395 306-433

bol.it.abb.com

www.abb.com

Dati e immagini non sono vincolanti. Ci riserviamo il diritto di apportare modifiche in funzione dello sviluppo tecnico dei prodotti.

Copyright 2011 ABB. All right reserved.