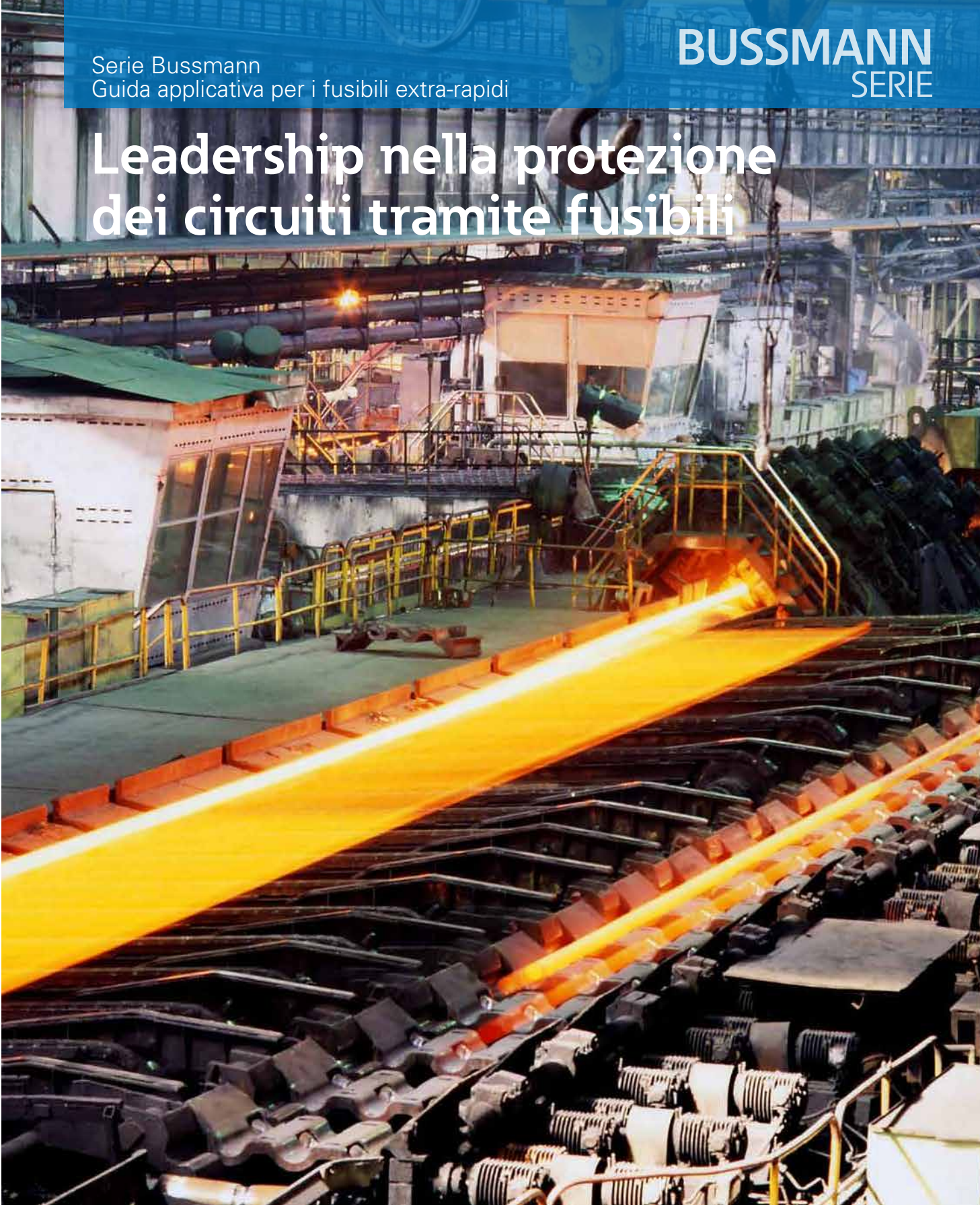


Serie Bussmann
Guida applicativa per i fusibili extra-rapidi

BUSSMANN
SERIE

Leadership nella protezione dei circuiti tramite fusibili



EATON

Powering Business Worldwide

Eaton è un leader sul mercato globale per le soluzioni di protezione dei circuiti tramite fusibili. I prodotti della serie Bussmann di Eaton sono approvati per l'utilizzo in tutto il mondo e soddisfano i requisiti delle agenzie di regolamentazione e degli standard internazionali IEC, VDE, DIN, UL, CSA, BS e altri ancora.

Il quartier generale della serie Bussmann di prodotti Eaton si trova a Burton-on-the-Wolds, nel Leicestershire (Regno Unito) e fa parte della divisione Industrial Control and Protection EMEA di Eaton.

Eaton produce oltre 50.000 componenti all'interno della serie Bussmann, coprendo soluzioni per la protezione completa dei circuiti tramite fusibili per un'ampia gamma di applicazioni: settore residenziale, industriale, protezione dei motori, conversione e distribuzione dell'energia.

Eaton è da oltre 100 anni un'azienda leader nella progettazione, nello sviluppo e nella produzione di fusibili e accessori correlati e vende questi prodotti in oltre 90 paesi in tutto il mondo.

Il team Eaton di ingegneri specializzati e di specialisti per la progettazione delle applicazioni sul campo ricopre un ruolo di rilievo nel processo di definizione degli standard internazionali per i fusibili offrendo consulenza completa per la selezione e le applicazioni.

Grazie al nostro continuo impegno nel soddisfare le necessità dei clienti con prodotti innovativi e di qualità conformi al "sistema di approvazioni" ISO 9001, Eaton è il fornitore all'avanguardia per le soluzioni di protezione dei circuiti.

Indice

Introduzione	4	Impianti fotovoltaici	25
Background	4	Selezione dei fusibili per la protezione dei convertitori rigenerativi DC	26
Struttura tipica dei fusibili	4	Conclusione sulla modalità raddrizzatore	26
Funzionamento dei fusibili	5	Conclusione sulla modalità rigenerativa	27
Requisiti di protezione per fusibili extra-rapide	6	Riepilogo sulla selezione della tensione per i convertitori rigenerativi: (4Q-Service)	27
In che modo i fusibili extra-rapidi si differenziano dagli altri tipi di fusibili	6	Protezione degli inverter	28
Caratteristiche richieste / offerte	6	Selezione della tensione	28
Temperature dell'ambiente	7	Selezione della corrente	28
Temperatura ambiente locale	7	Selezione I ² t	28
Raffreddamento ad aria forzata	7	IGBT come dispositivo di commutazione	28
Correnti medie, di picco e RMS	7	Inverter IGBT	29
Caratteristiche tempo-corrente	7	Protezione dei circuiti dei convertitori	29
Picchi di potenza	7	Transistor di potenza bipolari e darlington	29
Coordinamento con le caratteristiche del semiconduttore	8	Esempi pratici	30
Prestazioni in situazione di corto circuito	8	Esempio 1 — drive a tiristore DC	30
Valori nominali I ² t	8	Esempio 2 —	
Correnti di picco fusibile	8	Alimentazione DC con diodi ridondanti	30
Tensione dell'arco	8	Esempio 3 —	
Dimensione del conduttore	8	Applicazione convertitori rigenerativi	31
Protezione dell'involucro	8	Appendice 1	
Scheda tecnica fusibili extra-rapidi	9	Standard internazionali e gamma di prodotti della serie	
Curva tempo-corrente	9	Bussmann	32
Curva AA	10	In Europa	32
Informazioni integrali sull'intervento	10	Negli Stati Uniti	32
Curva I ² t	10	Gamma prodotti della serie Bussman di Eaton	32
Curva corrente di "taglio"	11	Standard europeo	32
La curva della tensione dell'arco	11	Fusibili a coltello	32
Curva di correzione della perdita Watt	11	Fusibili con contatto terminale a filo	32
Condizioni di temperatura	11	Standard britannico — BS88	33
Dimensionamento della tensione nominale	12	Stile statunitense — Tipo a coltello e con contatto terminale a filo	33
Tensione nominale	12	Fusibili cilindrici	33
Valori IEC per la tensione nominale	12	Appendice 2	
Valori della tensione nominale per il Nord America	12	Sistema di riferimento per i fusibili	34
Dimensionamento semplice della tensione nominale	12	Di seguito viene descritto il sistema di riferimento per i componenti della serie Bussmann - tipo per tipo	34
Dipendenza dalla frequenza	12	Sistema di riferimento per i fusibili extra-rapidi europei	34
Dimensionamento esteso della tensione nominale	12	Sistema di riferimento per fusibili extra-rapidi BS88	35
Possibili combinazioni AC / DC	12	Sistema di riferimento per i fusibili extra-rapidi USA	34
Fusibili AC in circuiti DC	13	Fusibili speciali - Tipi SF e XL	37
Fusibili con corrente DC oscillante	13	Appendice 3	
Fusibili in serie	13	Installazione, assistenza, manutenzione, problemi ambientali e di stoccaggio	38
Dimensionamento della corrente nominale	14	Coppia di serraggio e pressione del contatto	38
Parte 1 — Selezione di base	14	Fusibili con contatti terminali a filo	38
Parte 2 — Influenza dei sovraccarichi	15	Tipi speciali con contatti terminali a filo	38
Parte 3 — Caricamento ciclico	16	Fusibili con coltelli di contatto	38
Aree di applicazione — generale	18	DIN 43653 — su sbarre	38
Correnti RMS nelle comuni disposizioni a ponte	18	DIN 43653 — su portafusibili	39
Circuiti tipici dei raddrizzatori	19	DIN 43620	39
Protezione tramite fusibili	20	Fusibili compatti	39
Guasti interni ed esterni	20	Allineamento di montaggio	40
Protezione dai guasti interni	20	Materiale superficiale	40
Protezione dai guasti esterni	20	Contatti stagnati	40
Interruzione del funzionamento in caso di guasto del dispositivo	20	Resistenza alle vibrazioni e alle scosse	40
Funzionamento senza interruzione in caso di guasto del dispositivo	20	Assistenza e manutenzione	40
Fusibili in condizioni DC	21	Questioni ambientali	40
Sistemi ad alimentazione DC	21	Stoccaggio	40
Batteria come carico	21	Appendice 4	
Batteria come unica sorgente	22	Glossario	41
Applicazione DC dei fusibili AC con corpo squadrato della serie Bussmann di Eaton	23		
Esempio di calcolo	24		

Introduzione

La storia dei fusibili extra-rapidi della serie Bussmann di Eaton di cui si occupa questa guida è lunga e fonte di orgoglio. Sin dalla sua prima acquisizione internazionale nel 1984, Eaton si è ampliata per servire clienti con fusibili approvati per tutti gli standard mondiali. Sulla base di tre diversi standard globali e con impianti di produzione ISO 9000 in tutto il mondo, Eaton fornisce all'industria fusibili extra-rapidi con approvazioni globali e accessori per la protezione dei semiconduttori.

Con le vendite in loco e l'assistenza tecnica in tutte le regioni del mondo, Eaton è in grado di fornire all'industria il meglio delle soluzioni fusibili. Inoltre, quando necessario e conveniente Eaton realizza test presso il nostro centro Paul G. Gubany for High Power Technology di St. Louis, dove è possibile effettuare test per correnti fino a 720 V a.c trifase / 200 kA, 720 V a.c monofase / 200 kA e 1000 V d.c / 100 kA.

L'obiettivo di questa guida è fornire agli ingegneri i dati sui fusibili extra-rapidi di Eaton in maniera semplice. Fornisce inoltre informazioni dettagliate sul sistema di riferimento per i fusibili extra-rapidi della serie Bussmann di Eaton. I diversi standard fisici vengono trattati con esempi di applicazione e considerazioni sulla selezione della tensione nominale, della corrente nominale e di dati simili, fondamentali per proteggere i semiconduttori di potenza. Questo documento affronta le linee guida per il montaggio dei fusibili, con spiegazioni su come leggere e comprendere le schede tecniche e i disegni di Eaton.

Questo documento non costituisce una guida completa sulla protezione di tutte le applicazioni dei semiconduttori di potenza. Il mercato è troppo complesso per creare un documento di questo tipo e in alcuni casi, la selezione dei fusibili dipende da discussioni tecniche dettagliate tra gli ingegneri che specificano l'apparecchiatura e un ingegnere specializzato nella progettazione di applicazioni di Eaton.

In ogni caso, i dati qui presentati saranno di aiuto nel lavoro quotidiano e forniranno al lettore conoscenze di base sui nostri prodotti e sulla loro applicazione.

Background

I fusibili esistono sin dai tempi dei primi telegrafi elettrici e sono stati in seguito adoperati per la protezione della distribuzione dell'energia e di altri circuiti.

I fusibili hanno subito una considerevole evoluzione rispetto alle prime versioni. I moderni fusibili dotati di un elevato potere di interruzione (HBC) forniscono una protezione economica e affidabile dai guasti di sovracorrente nei moderni sistemi elettrici.

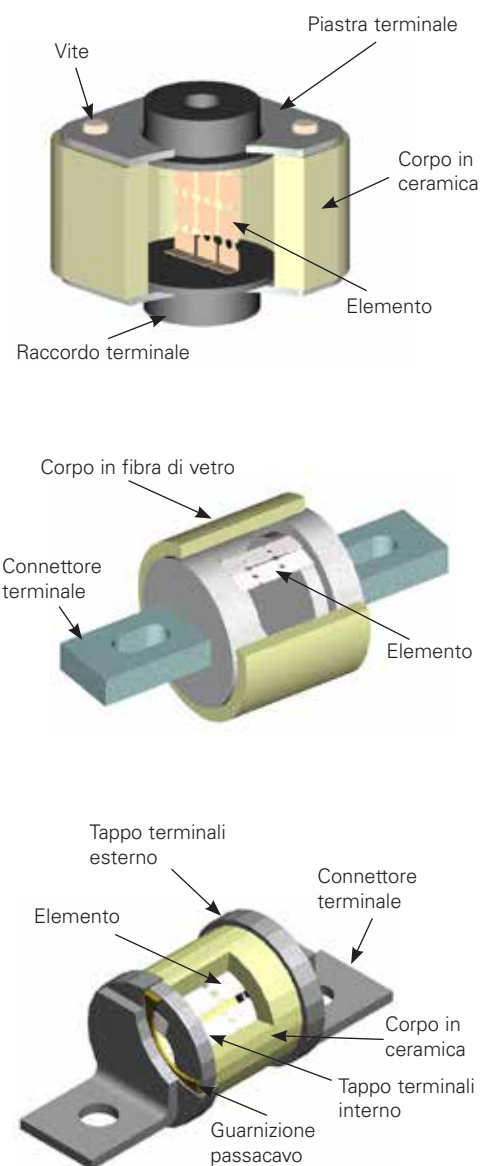
Funzionamento semplice dei fusibili base - la corrente in eccesso passando attraverso elementi fusibili specificamente progettati ne causa la fusione isolando così il circuito guasto. I fusibili sono stati migliorati per essere adatti a molte applicazioni con correnti nominali non solo pari a pochi milliampere, ma anche a diverse migliaia di ampere, nonché per l'utilizzo in circuiti da un paio di volt e per i sistemi di distribuzione da 72kV.

L'impiego più comune dei fusibili nei sistemi di distribuzione è il posizionarli lungo tutto il sistema per fornire protezione a cavi, trasformatori, interruttori, quadri di comando e apparecchiature. Con diversi valori di corrente e di tensione, le caratteristiche di funzionamento dei fusibili sono cambiate per soddisfare aree di applicazione specifiche e requisiti di protezione unici.

Il glossario comprende le definizioni delle classi dei fusibili in base alla loro progettazione specifica per determinati compiti.

I fusibili moderni sono realizzati in svariate forme e dimensioni, sono tuttavia tutti dotati delle stesse caratteristiche fondamentali. Sebbene tutti i componenti dei fusibili influenzino le prestazioni totali del dispositivo, il componente fondamentale è l'elemento fusibile. Questo è realizzato in un materiale ad elevata conduttività ed è dimensionato per produrre un numero di sezioni ridotte generalmente definite "colli" o "punti deboli". Generalmente queste sezioni ridotte controlleranno le caratteristiche operative del fusibile. L'elemento è circondato da un materiale con potere di estinzione degli archi, generalmente quarzo graduato, che "estingue" l'arco che si forma quando le sezioni ridotte si sciolgono. Questa è la funzione che fornisce al fusibile la sua capacità di limitare la corrente.

Il quarzo è contenuto in un contenitore generalmente definito corpo del fusibile, realizzato in ceramica o tecnopolimero. Infine, per collegare l'elemento fusibile al circuito da esso protetto sono presenti dei connettori, generalmente in rame. Gli altri componenti di un fusibile possono variare e dipendono dal tipo di fusibile e dal metodo di produzione usato.



Struttura tipica dei fusibili

Funzionamento dei fusibili

Il funzionamento del fusibile dipende principalmente dall'equilibrio tra il calore generato all'interno dell'elemento e il calore dissipato verso i collegamenti esterni e l'atmosfera circostante. Per correnti che raggiungono il valore della corrente nominale continua massima previsto per il fusibile, il calore generato viene dissipato senza superare le temperature massime impostate per l'elemento o per gli altri componenti. In presenza di sovraccarichi sostenuti, il livello di calore generato è superiore a quello dissipato e causa l'aumento della temperatura nell'elemento fusibile. L'aumento della temperatura nelle sezioni ridotte dell'elemento ("flange" o "punti deboli") sarà superiore rispetto a quello che si verifica in altri punti del fusibile e quando la temperatura raggiungerà il punto di fusione dell'elemento fusibile questo si "romperà" isolando il circuito. Il tempo impiegato dall'elemento per fondersi e rompersi diminuisce con l'aumentare dei livelli di corrente.

Il livello di corrente che fa funzionare il fusibile per un intervallo di 4 ore è definito corrente fusibile minima e la relazione tra la corrente fusibile minima e la corrente nominale è chiamata fattore di fusione del fusibile. Al verificarsi di sovraccarichi di grandi dimensioni o in condizioni di corto circuito, il tempo a disposizione per la dissipazione del calore dall'elemento è molto limitato e nelle restrizioni la temperatura raggiunge il punto di fusione quasi istantaneamente. In queste condizioni, l'elemento inizierà a sciogliersi molto prima che la corrente di guasto presunta (AC) raggiunga il suo primo picco superiore. Il tempo trascorso tra l'inizio

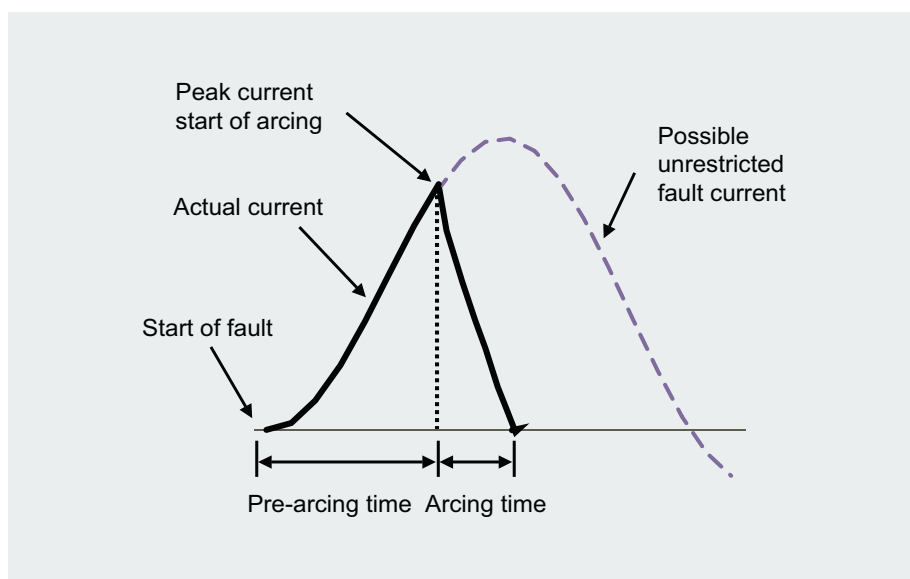
del guasto e la fusione dell'elemento è chiamato tempo di pre-arco. Quest'interruzione di una corrente elevata porta alla formazione di un arco in tutte le restrizioni e l'arco offre una resistenza più elevata. Il calore generato dall'arco vaporizza il materiale dell'elemento: il vapore fondendosi con il quarzo crea una sostanza non conduttiva simile alla pietra chiamata folgorite. L'arco tende anche a bruciare l'elemento lontano dalla restrizione per aumentare la lunghezza dell'arco e aumentare la resistenza a questo. Questo provoca l'estinzione dell'arco in un lasso di tempo molto breve e l'isolamento finale del circuito. In presenza di carichi gravosi o di condizioni di corto circuito severe, il tempo totale trascorso dall'inizio del guasto allo spegnimento finale del circuito è generalmente di pochi millisecondi. La corrente che attraversa il fusibile è stata limitata. Una limitazione di corrente di questo tipo si ottiene a livelli di corrente quattro volte più bassi rispetto alla corrente nominale normale del fusibile.

Il tempo trascorso dalla comparsa dell'arco alla sua estinzione finale è chiamato tempo di arco. Il tempo totale di esercizio corrisponde alla somma del tempo pre-arco e del tempo di arco. Durante il tempo di pre-arco e il tempo di arco una certa quantità di energia verrà rilasciata secondo la grandezza della corrente. I termini "energia di prearco" ed "energia di arco" sono usati in maniera simile ai termini riferiti al tempo. Questo tipo di energia sarà proporzionale all'integrale del quadrato della corrente moltiplicato per il tempo durante cui la corrente scorre, spesso abbreviato come I^2t ; dove I è il valore della corrente RMS e t è il tempo in secondi per cui la corrente scorre.

Per valori di corrente elevati, il tempo di fusione è troppo breve affinché il calore si disperda nella sezione ridotta (è adiabatica). Il valore I^2t di prearco è quindi costante. Il valore I^2t di arco, in ogni caso, dipende anche dalle condizioni del circuito. I dati pubblicati qui menzionati si basano sulle peggiori condizioni possibili e derivano da misurazioni in test reali. Questi verranno descritti nel dettaglio in seguito.

L'arco causa una tensione lungo il fusibile che viene definita tensione di arco. Sebbene questa dipenda dal design dell'elemento, è regolata anche dalle condizioni del circuito. Questa tensione di arco supererà la tensione del sistema. Il design dell'elemento permette di controllare l'ampiezza della tensione di arco entro limiti noti. L'uso di un certo numero di sezioni ridotte all'interno dell'elemento, in serie, aiuta a controllare il processo di arco e anche la tensione di arco risultante.

Un fusibile ben progettato dunque, non solo limita il livello della corrente presunta, ma assicura anche che il guasto venga annullato in tempi brevissimi e che l'energia rilasciata per proteggere l'apparecchiatura sia considerevolmente inferiore a quella disponibile.



Requisiti di protezione per fusibili extra-rapidi

I dispositivi semiconduttori con base in silicene (diodi, tiristori, tiristori gate turn off [GTO], transistor e i transistor bipolari a gate isolato [IGBT]) hanno riscontrato un crescente numero di applicazioni nella rettificazione, inversione e regolazione della potenza e dei circuiti di comando. Offrono il vantaggio di essere in grado di gestire una potenza considerevole in un ingombro estremamente ridotto. A causa della loro massa relativamente piccola, la loro capacità di resistere ai sovraccarichi e alle sovratensioni è limitata.

Nelle applicazioni industriali, le correnti di guasto di diverse migliaia di ampere si verificano quando un guasto elettrico si sviluppa in una sezione del circuito. I dispositivi semiconduttori sono in grado di resistere a queste correnti elevate per periodi di tempo molto brevi. Gli elevati livelli di corrente hanno due effetti dannosi sui dispositivi semiconduttori. Primo: la distribuzione non uniforme della corrente presso la giunzione p-n del silicio crea densità di corrente anomale e causa danni. Secondo: viene creato un effetto termico che è proporzionale al valore della corrente RMS I^2t , $\times t$, (I^2t - tempo durante cui la corrente scorre).

Come risultato, il dispositivo di protezione da sovracorrente deve:

- A. Interrompere in maniera sicura correnti guasto presunte molto elevate in tempi estremamente brevi
- B. Limitare la corrente a cui è permesso passare attraverso il dispositivo
- C. Limitare l'energia termica (I^2t) fatta passare attraverso il dispositivo durante l'interruzione del guasto

Purtroppo, l'interruzione molto veloce di correnti molto elevate crea forti sovratensioni. Se un rettificatore in silicio è interessato da questo evento, subirà un guasto a causa di un fenomeno di rottura. Il dispositivo di protezione selezionato deve quindi anche limitare la sovratensione che si crea durante l'interruzione per guasto.

Fino a questo momento abbiamo preso in considerazione la protezione da elevate correnti di guasto. Per ottenere lo sfruttamento al massimo del dispositivo, in contemporanea ad un'affidabilità completa, il dispositivo di protezione selezionato deve anche:

- D. Non richiedere manutenzione
- E. Non funzionare alla corrente nominale normale o in condizioni di sovraccarico transitorie normali
- F. Funzionare in maniera predefinita quando si verificano condizioni anomale.

L'unico dispositivo di protezione dotato di tutte queste qualità, ad un prezzo economico, è un moderno fusibile extra-rapido. I fusibili normali (ad es. quelli conformi a IEC 60269-2) sono progettati principalmente per proteggere le apparecchiature industriali, posseggono tutte le qualità menzionate in precedenza, ma non il grado di protezione necessario per proteggere i dispositivi semiconduttori.

Per queste ragioni, sono stati sviluppati tipi speciali di fusibili al fine di proteggere i semiconduttori. Questi sono caratterizzati da un'elevata velocità di funzionamento e vengono chiamati semiconduttori, o, secondo una terminologia più accurata, fusibili extra-rapidi.

Il termine fusibile semiconduttore è fuorviante in quanto questi non contengono alcun materiale semiconduttore nella loro struttura.

In che modo i fusibili extra-rapidi si differenziano dagli altri tipi di fusibili

I fusibili extra-rapidi sono stati sviluppati per minimizzare la corrente I^2t , i picchi di corrente passante e la tensione di arco. Per assicurare lo scioglimento rapido dell'elemento, le restrizioni dei fusibili extra-rapidi (colli) sono caratterizzate da un design diverso rispetto a quello di un fusibile industriale con valori nominali analoghi e generalmente entrano in funzione a temperature più elevate.

I fusibili extra-rapidi funzionano tipicamente con requisiti di dissipazione del calore più elevati rispetto ad altri tipi di fusibili a causa delle temperature più elevate sopportate dal loro elemento fusibile e dell'ingombro minore. Per aiutare a dissipare il calore, i materiali utilizzati per il corpo o la canna del fusibile sono di migliore qualità.

I fusibili extra-rapidi sono pensati principalmente per proteggere i semiconduttori dei dispositivi di protezione da corto circuito in cui le temperature di funzionamento spesso limitano l'impiego di leghe con punto di fusione basso per assistere con un funzionamento a sovracorrenti basse. Per questo motivo i fusibili extra-rapidi sono dotati di una capacità di proteggere da condizioni di sovracorrente bassa più limitata.

Molti fusibili extra-rapidi sono fisicamente diversi dai fusibili standard e richiedono configurazioni di installazione aggiuntive offrendo però il vantaggio di evitare di installare fusibili non adatti.

Caratteristiche richieste / offerte

Per la protezione di semiconduttori tramite fusibili, è necessario prendere in considerazione una serie di parametri dei dispositivi e dei fusibili. Oltre a questi parametri, esistono una serie di fattori rilevanti associati ad ognuno dei parametri. La maniera in cui questi vengono presentati e interpretati verrà mostrata di seguito. Questi parametri e i fattori associati devono essere applicati e tenuti in considerazione facendo riferimento ai requisiti specifici dei circuiti e dell'applicazione. Alcuni di questi fattori sono trattati nelle sezioni sul dimensionamento della tensione, della corrente e delle applicazioni.

Tabella 1. Fattori da prendere in considerazione durante la scelta dei fusibili

Parametro	Fattori che influenzano il parametro		Dati forniti	
	Fusibile	Diode o tiristore *	Fusibile	Diode o tiristore *
Stato stazionario della corrente RMS	Ambiente, fissaggio, vicinanza ad altre apparecchiature e ad altri fusibili, metodo di raffreddamento impiegato	Ambiente, tipo di circuito, funzionamento in parallelo, metodo di raffreddamento impiegato	Corrente nominale massima nelle condizioni specificate, fattori ambientali, up-rating per il raffreddamento forzato, dimensione del conduttore	Curve comprensive (correnti effettive citate in linea generica)
Watt dissipati per lo stato stazionario	Per la corrente	Per la corrente	Massimo citato per condizioni specifiche	Dati completi
Capacità di sovraccarico	Picchi di precarico, picchi di caricamento ciclico, tolleranze di produzione	Picchi di precarico, picchi di caricamento ciclico	Curve di tempo / corrente nominale per i fusibili inizialmente freddi - linee guida per il calcolo dei cicli di funzionamento	Curve di sovraccarico, nonché impedenze termiche transitorie
Capacità di interruzione	Livelli di tensione / cortocircuito AC o DC		Valore nominale di interruzione	
Valori nominali I ² t	Corrente I ² t totale dipendente da: impedenza circuito, tensione applicata, punto di avvio del corto circuito	Durata del guasto di precaricamento	Per fusibili inizialmente freddi, le curve totali I ² t per le condizioni peggiori, la corrente di prearco I ² t tempo di intervento fusibile costante	Valori per metà ciclo o valori per diverse durate di impulso
Picco di corrente passante	Prearicamento, corrente di guasto (effetto tensione secondo ordine)	Durata del guasto di precaricamento	Curve nelle condizioni peggiori per fusibili inizialmente freddi	Corrente di picco per i fusibili
Tensione di arco	Il valore di picco dipendente da: tensione applicata, impedenza del circuito, punto di avvio del corto circuito	Valori della tensione inversa di picco (non ripetitiva)	Picchi di tensione dell'arco massimi registrati rispetto alla tensione applicata	Valori tensione inversa di picco citati (non ripetitiva)

* La protezione dei transistor è più complessa e verrà descritta nella sezione sulla protezione IGBT

Temperatura di funzionamento

I fusibili per la protezione dei semiconduttori sono soggetti a declassamento a temperature ambiente che superano i 21°C. I valori a temperature elevate sono elencati nei grafici sul declassamento.

Temperatura di funzionamento

Un montaggio errato dei fusibili, l'installazione in custodia e la vicinanza ad altri apparecchi e fusibili possono far aumentare la temperatura ambiente locale. I valori massimi di un fusibile in questi casi devono essere determinati per la singola applicazione usando la temperatura locale come descritto nella sezione sul dimensionamento della corrente.

Raffreddamento ad aria forzata

Per ottenere valori massimi in molti impianti, diodi e tiristori vengono raffreddati con un flusso di aria forzata. I fusibili possono essere potenziati in maniera simile se attraversati da un flusso d'aria. Velocità dell'aria superiori a 5m/s non producono alcun incremento sostanziale nei valori. Per ulteriori informazioni consultare le sezioni sul dimensionamento della corrente e le schede tecniche.

Correnti medie, di picco e RMS

È necessario destinare una particolare cura al coordinamento delle correnti dei fusibili con le correnti dei circuiti. Le correnti dei fusibili sono di solito citate nei valori Root-Mean Square (RMS) mentre i diodi e i tiristori sono citati in termini di valori medi.

Caratteristiche di tempo-corrente

Questi vengono calcolati utilizzando la stessa modalità di test usata nei test di sovratemperatura, con il fusibile a temperatura ambiente prima di ogni test. Per i fusibili standard, i tempi di fusione nominali sono confrontati con i valori della corrente RMS fino a tempi di fusione pari a 10ms. Per i fusibili extra-rapidi, il tempo di fusione virtuale è usato e mostrato fino a 0,1ms.

Picchi di potenza

Gli effetti del caricamento ciclico o dei picchi di potenza transitori possono essere tenuti in considerazione coordinando i valori effettivi della corrente RMS e le durate dei picchi di potenza con le caratteristiche tempo-corrente. I seguenti punti devono essere tenuti a mente quando si utilizzano queste caratteristiche pubblicate:

1. Le caratteristiche sono soggette ad una tolleranza di corrente del 5%.
2. Per i tempi inferiori ad un secondo, le costanti circuito e gli istanti in cui si verificano guasti influenzano le caratteristiche tempo-corrente. Tempi nominali minimi sono pubblicati in relazione alle correnti RMS simmetriche.
3. Il prearicamento al massimo dei valori di corrente riduce il tempo di fusione effettivo. Le condizioni cicliche sono descritte nel dettaglio nella sezione sul dimensionamento della corrente.

Coordinamento con le caratteristiche del semiconduttore

Prestazioni in presenza di corto circuito

La zona di funzionamento di corto circuito è generalmente considerata come tempi operativi inferiori a 10 millisecondi ($\frac{1}{2}$ ciclo con alimentazione da 50Hz in circuiti AC). È in quest'area che i fusibili extra-rapidi limitano la corrente. Visto che la maggior parte delle applicazioni sono alimentate da fonti AC, i dati sulle prestazioni per i fusibili sono generalmente forniti per funzionamento con alimentazione AC. Ove applicabile, vengono utilizzate correnti RMS simmetriche presunte.

Valori nominali I^2t

La corrente di prearco I^2t tende verso un valore minimo quando il fusibile è soggetto a correnti elevate, questo valore è elencato nella scheda tecnica. La corrente di arco I^2t varia in base alla tensione applicata, al livello di guasto, al fattore di potenza, al punto sull'onda dell'inizio del corto circuito. I dati totali I^2t mostrati sono relativi alle peggiori condizioni possibili. La maggior parte dei produttori di semiconduttori forniscono i valori I^2t per i loro semiconduttori di potenza che non devono essere superati durante la fusione in tutti i tempi sotto i 10ms. Questi sono i valori statisticamente più bassi per quando i dispositivi sono stati pre-caricati.

Per una protezione efficace del dispositivo, il valore I^2t totale del fusibile deve essere inferiore alla capacità I^2t del dispositivo.

Correnti di picco del fusibile

In condizioni di corto circuito, i fusibili extra-rapidi limitano la corrente (la corrente di picco che attraversa il fusibile è inferiore alla corrente di picco presunta). Le caratteristiche di "taglio" (la corrente di picco del fusibile rispetto alla corrente RMS simmetrica presunta) sono indicate nelle schede tecniche. Le correnti di picco del fusibile devono essere coordinate con i dati del diodo o del tiristore oltre che con I^2t .

Tensione di arco

La tensione di arco prodotta durante il funzionamento del fusibile varia in base alla tensione applicata del sistema. Le schede tecniche comprendono le curve delle variazioni della corrente di arco rispetto alla tensione del sistema. È necessario prestare attenzione nel coordinare la tensione di picco dell'arco del fusibile con la capacità di tensione transitoria di picco del dispositivo.

Dimensioni del conduttore

I valori di corrente RMS assegnati ai fusibili della serie Bussmann di Eaton sono basati su conduttori di dimensioni standard ad ogni estremità del fusibile durante i test dei valori. Questi saranno basati su valori compresi tra 1 e 1,6 A/mm². Usare conduttori più piccoli o più grandi influenzerà la corrente nominale del fusibile.

Protezione dell'involucro

Alcuni dispositivi semiconduttori sono estremamente sensibili alle sovracorrenti e sovratensioni per le quali i fusibili potrebbero non essere in grado di intervenire abbastanza velocemente al fine di prevenire danni parziali o completi al dispositivo. I fusibili extra-rapidi sono ancora utilizzati in questi casi per minimizzare gli eventi di sovracorrente in cui il silicio o cavi di collegamento di dimensioni ridotte si sciolgono. Senza questi fusibili, l'involucro che avvolge il silicio potrebbe aprirsi, correndo il rischio di causare danni all'apparecchiatura o infortuni per le persone.

Schede tecniche dei fusibili extra-rapidi

I dati elettrici sui fusibili extra-rapidi sono reperibili sotto forma di diverse curve e informazioni scritte. Di seguito proponiamo una breve descrizione.

La curva tempo - corrente

La curva tempo-corrente, definita anche curva di fusione, permette all'utilizzatore di ottenere informazioni fondamentali per la selezione e la fase di dimensionamento. Consultare la fig. 1

Gli assi corrispondono alla corrente di corto circuito presunta (I_p) in amp RMS simmetrica e il tempo di prearco virtuale (t_v) in secondi, come specificato in IEC 60269. Il tempo di fusione di uno specifico fusibile può essere rintracciato in base ad un valore della corrente di corto circuito noto. In pratica, i tempi virtuali superiori a 100ms sono equivalenti al tempo reale.

Usando I_p e t_v direttamente dalla curva tempo-corrente del fusibile permette di calcolare il suo punto di fusione integrale in A^2s ($I_p^2 \times t_v$) per i valori attuali della corrente presunta. Il metodo esplicito di seguito mostra due esempi (I_1 and I_2) con linee guida per determinare l'effetto su un fusibile di un sovraccarico o corto circuito:

- Per prima cosa è necessario conoscere, la corrente attuale di sovraccarico / cortocircuito, o sotto forma di curva — confrontare la Fig. 2, $I_1=f(t')$ e $I_2=f(t')$ - o sotto forma di equazione.
- Calcolare il valore RMS di questa corrente durante il tempo. Il valore RMS in un determinato momento è calcolabile usando la seguente formula:

$$I_{RMS}(t_1) = \sqrt{\frac{\int_0^{t_1} i^2 dt}{t_1}}$$

- Tracciare i valori come coordinate I_{RMS}, t_r lungo la curva tempo-corrente come mostrato nella Fig. 1
- Se la curva tracciata incrocia la curva di fusione del fusibile (come $I_{RMS, 2}$ nell'esempio mostrato nella Fig. 1), il fusibile si scioglie nel tempo indicato al punto di intersezione (tempo reale).

Se la curva tracciata non incrocia la curva di fusione del fusibile (come $I_{RMS, 1}$ nell'esempio mostrato nella Fig. 1), il fusibile non interverrà.

In questo caso, la distanza minima (orizzontalmente) tra la curva tracciata e la curva di fusione del fusibile offre un'espressione di come il fusibile gestisce un determinato sovraccarico.

Il metodo qui citato, assieme alle linee guida per i sovraccarichi nella sezione sul dimensionamento della corrente nominale, determineranno se a lungo termine il fusibile sarà in grado di resistere al tipo di sovraccarico in questione.

Questo metodo può essere utilizzato anche se gli assi della curva di fusione si trovano su I_p e t_v . È possibile sostituire la nomenclatura con $I_p = >I_{RMS}$ e $t_v = >t_r$ senza modificare la forma della curva di fusione.

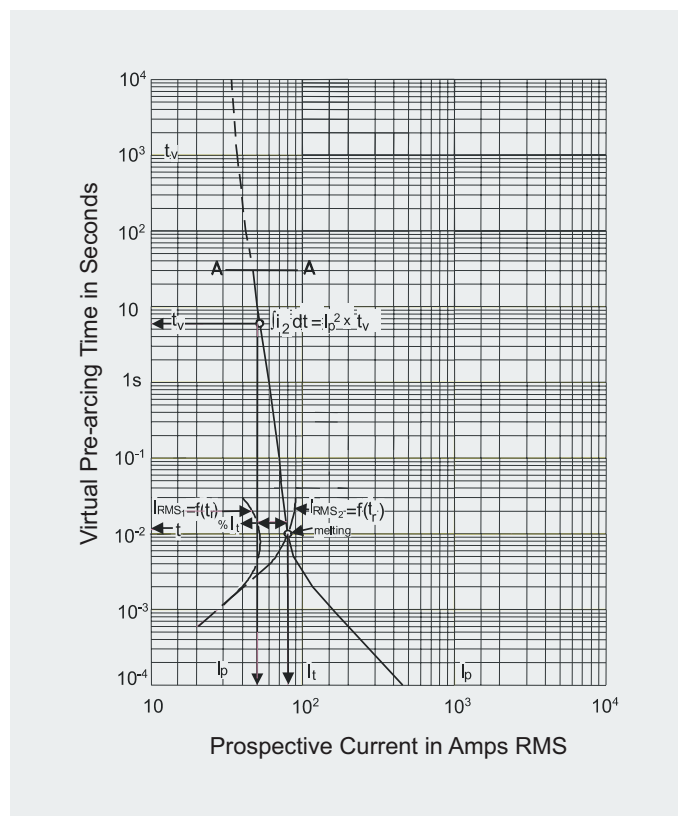


Figura 1

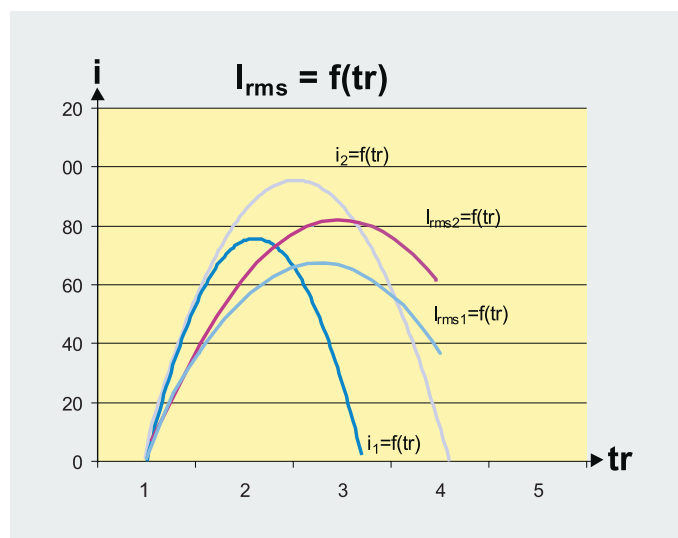


Figura 2

La curva AA

Collegata alla curva di fusione viene assegnata una designazione AA- (solo per i fusibili di tipo aR) La fusione o il caricamento dietro questa curva non sono consentiti. Questo a causa del rischio di sovraccarico termico, che ridurrebbe la capacità di intervento del fusibile.

Spesso la curva-AA è indicata esclusivamente da una linea orizzontale. Per tracciare la curva completa di un determinato fusibile è necessario adottare le seguenti linee guida:

- I_p calcolata per il tempo è equivalente all'intersezione tra la curva orizzontale AA e la curva di fusione effettiva deve essere moltiplicata per 0,9 ($I_p \times 0,9$) e questo punto viene contrassegnato sulla curva orizzontale AA, come mostrato nella Fig. 3.
- Da questo punto sale con una linea di 62 gradi per collegarsi alla verticale $I_p=I_N$. (I_N corrisponde alla corrente nominale del fusibile).

Questo finalizza la curva-AA (Nota, i 62° sono validi solo se la relazione di decade è 1:2)

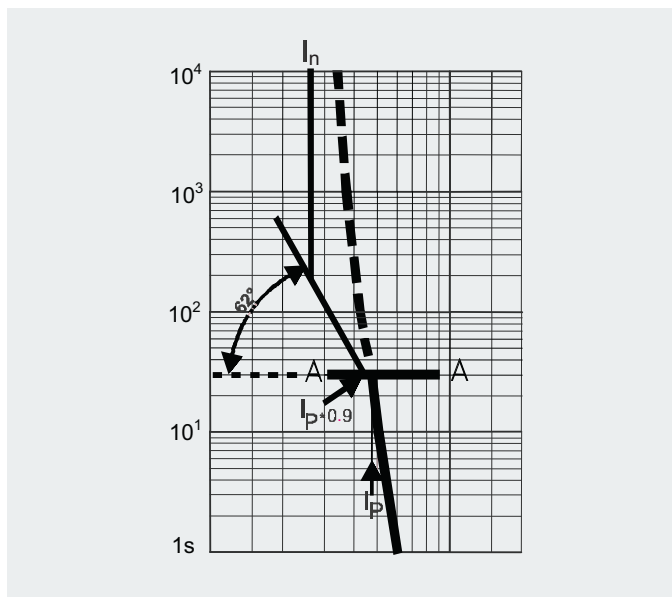


Figura 3

Informazioni integrali sull'intervento

Normalmente la I^2t massima in condizioni di corto circuito sarà l'integrale di compensazione di 10ms I^2t_{cl} del fusibile, che è dato dalla tensione operativa applicata pari alla tensione nominale del fusibile al fattore di potenza $\cos \varphi = 0,15$ e ad un livello di cortocircuito di 10-15 volte la corrente nominale.

La corrente I^2t_{cl} del fusibile (a 20°C) deve essere confrontata con l'equivalente integrale di fusione a 10ms I^2t_{scr} del semiconduttore (normalmente a 125°C) per vedere se la protezione viene assicurata e anche per $I^2t_{cl} = I^2t_{scr}$ con un margine di sicurezza ragionevole auspicabile (fusibile freddo rispetto a SCR tiepida). Se il fusibile si attiva ad una tensione inferiore a quella qui spiegata ed è forse presente un diverso fattore di potenza, è necessario usare due fattori di correzione insieme alla I^2t_{cl} fornita.

L'integrale di compensazione risultante sarà uguale a: $I^2t_{cl} \cdot K \cdot X$

(i cui fattori possono essere trovati dalle figure 4 e 5)

Il valore I^2 del dispositivo deve essere confrontato con questo risultato.

La curva I^2t 10

Su richiesta può essere fornita anche una curva I^2t , che mostra l'azzeramento I^2t e il tempo in funzione della corrente di cortocircuito potenziale per una data tensione di sistema, vedi Fig. 6. Questo può facilitare il coordinamento della selettività tra fusibile e il semiconduttore protetto, da proteggere o altri dispositivi nel percorso di corto circuito.

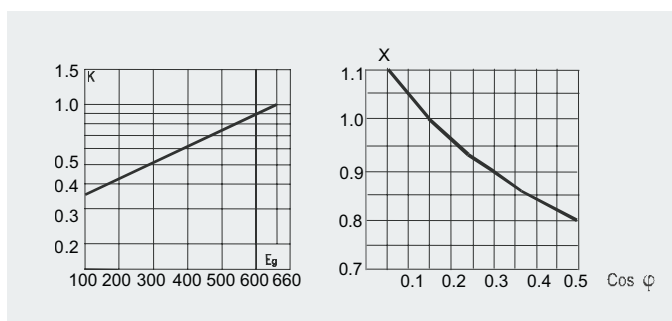


Figura 4

Figura 5

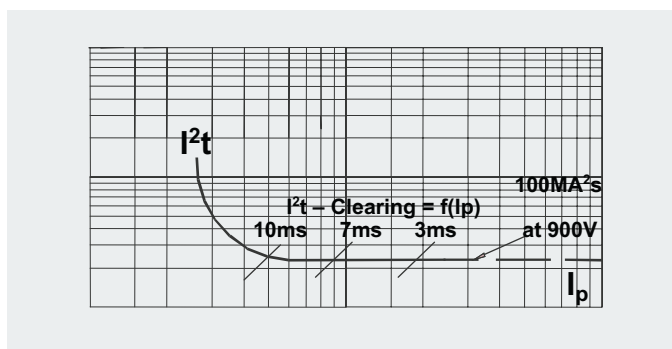


Figura 6

Curva interruzione di corrente

I fusibili sono dispositivi per limitare la corrente di corto circuito. Questo significa che ridurranno le forze termiche e meccaniche potenziali e distruttive nelle apparecchiature moderne ad un livello accettabile in caso di corto circuito. Nella pratica la corrente di corto circuito è prevista così come il valore RMS della corrente di corto circuito simmetrica disponibile chiamata I_p . L'attuale picco massimo (condizione asimmetrica) di questa corrente dipende dal fattore di potenza del circuito. Per $\cos \varphi = 0,15$ il valore di picco si posizionerà tra:

$$\sqrt{2} \times I_p \text{ e fino a } 2,3 \times I_p$$

Dalla curva di interruzione mostrata nella fig. 7 è possibile vedere che una certa grandezza di I_p , relativa all' I_N del fusibile è necessaria prima che l'effetto di limitazione della corrente si verifichi. Rispettivamente, più elevato sarà il livello di corto circuito, più bassa sarà l'interruzione I del fusibile.

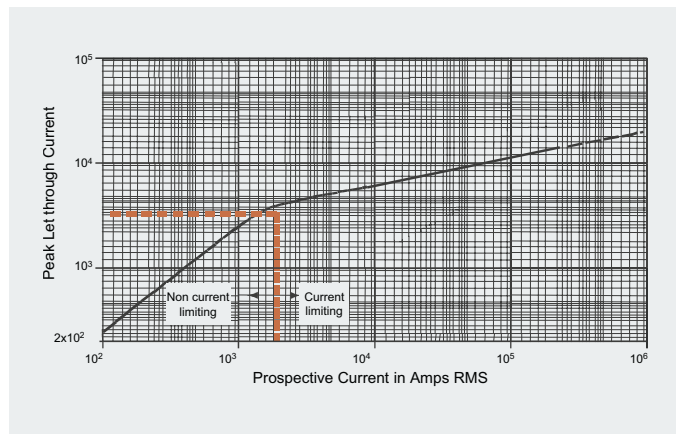


Figura 7

Curva della tensione dell'arco

La tensione del picco dell'arco del fusibile e la tensione inversa del picco del semiconduttore devono essere sempre coordinate.

Quando il fusibile si fonde, la corrente ha raggiunto un certo livello durante il tempo di fusione. Una tensione di arco generata da restrizioni progettate specificamente (colli) con involucro in sabbia. Questo forza la corrente a zero durante il tempo di arco e viene stabilito l'isolamento finale. Questo isolamento permanente viene accumulato nelle restrizioni che si convertono in folgorite, un composto di metallo e sabbia che si crea durante il processo di arco.

(Il tempo di fusione sommato al tempo di arco è chiamato tempo di intervento e nel caso di tempi di fusione lunghi, il tempo di arco è trascurabile). Per un determinato valore di tensione del fusibile, la tensione del picco dell'arco U_L dipende principalmente dalla tensione operativa applicata livello E_g in RMS come mostrato nella Fig.8.

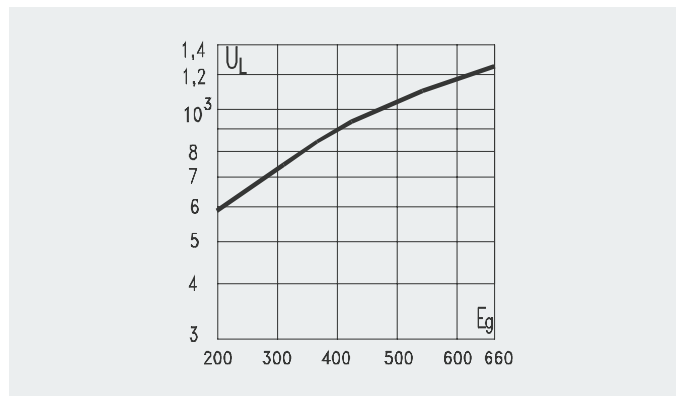


Figura 8

Curva di correzione perdita Watt

La perdita nominale di watt è fissa per ogni fusibile in condizioni specifiche. Per calcolare la perdita ad una corrente di carico inferiore alla corrente nominale, la perdita di watt nominale deve essere moltiplicata per il fattore di correzione K_p . Questo fattore è fornito come una funzione della corrente di carico RMS I_b , in percentuale rispetto alla corrente nominale, confrontare la fig.9.

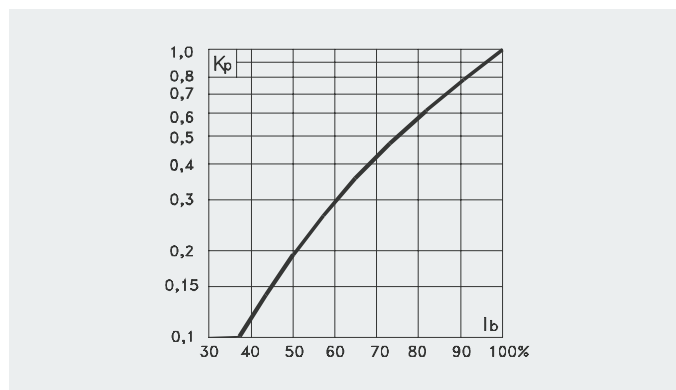


Figura 9

Condizioni di temperatura

Il corpo del fusibile e le temperature dei morsetti non vengono di solito fornite. In generale, per i fusibili con un corpo in ceramica, il riscaldamento si sviluppa tra 70 e 110°C ai morsetti e tra 90 e 130°C sul corpo in ceramica a pieno carico in condizione IEC. È necessario tenere a mente che il rilevamento della temperatura può essere fuorviante nel valutare l'idoneità del fusibile per una determinata applicazione. Consultare il capitolo che si occupa del dimensionamento della corrente nominale per maggiori dettagli.

Dimensionamento della tensione nominale

Tensione nominale

La tensione nominale del fusibile indica la tensione AC o DC prevista per il funzionamento del fusibile. La maggior parte dei fusibili in commercio sono previsti per tensioni nominali AC RMS (45-62 Hz), se non specificato diversamente sulla targhetta del fusibile.

Per proteggere qualsiasi sistema in maniera corretta, il valore della tensione nominale del fusibile deve essere per lo meno equivalente alla tensione del sistema in questione. Tutti i fusibili extra-rapidi della serie Bussmann di Eaton sono progettati per gli standard UL 248-13, IEC 60269 1&4 o BS88. Questo permette ai progettisti di selezionare un fusibile extra-rapido che può essere utilizzato in tutto il mondo.

Valori IEC per la tensione nominale

IEC richiede di effettuare test della tensione AC al 110 per cento della tensione nominale (con l'eccezione del 105 per cento per 690V) con fattori di potenza compresi tra 10 e 20 per cento.

Questo permette di utilizzare il fusibile alla corrente nominale praticamente ovunque senza dover temere di superare la severità delle condizioni di test. Le percentuali extra tengono conto delle fluttuazioni della tensione dell'alimentazione presenti in alcuni convertitori.

Valori tensione nominale per il Nord America

In Nord America i fusibili devono essere testati per valori nominali della tensione solo alla loro tensione nominale, con fattori di potenza compresi tra il 15 e il 20 per cento. In molti casi, si sceglie un fusibile con una tensione nominale ben superiore ai requisiti del sistema.

In alcune condizioni di circuiti, possono esserci normali fluttuazioni di circuito del +10 per cento, è bene tenerlo a mente quando si analizzano i fusibili in stile americano in quanto non sono stati testati per nessuna tensione superiore al loro dimensionamento.

Dimensionamento semplice della tensione nominale

Nei circuiti dei convertitori, la dimensione e la natura del dimensionamento della tensione è evidente e la selezione della tensione può essere realizzata immediatamente.

Generalmente è possibile dire che un solo fusibile da solo deve essere in grado di intervenire sulla tensione massima dell'intero sistema. Se sono presenti due fusibili in serie, nello stesso percorso di corto circuito, ogni fusibile deve essere scelto in base alla tensione nominale del sistema.

Dipendenza dalla frequenza

La tensione nominale AC dichiarata per i fusibili extra-rapidi della serie Bussmann di Eaton è valida a frequenze comprese tra 45 Hz e 1000 Hz. Per frequenze inferiori a 45 Hz consultare la Fig. 1. Il processo di interruzione a frequenze ancora inferiori tende a comportarsi in maniera simile alle tensioni DC, il dimensionamento della tensione deve avvenire come descritto nella sezione di questa guida sulle applicazioni DC.

Dimensionamento esteso della tensione nominale

Possibili combinazioni AC/ DC

Anche in convertitori relativamente semplici quali quelli a ponte a sei impulsi (fig. 2) esiste la possibilità che il dimensionamento della tensione per la selezione della tensione nominale del fusibile sia di gran lunga superiore alla tensione dell'alimentazione AC.

Questo si realizza se il convertitore è rigenerativo, ovvero in grado di restituire l'energia all'alimentazione. In questo caso, al verificarsi di un guasto di commutazione, la tensione dell'alimentazione AC U_{AC} e la tensione DC in uscita saranno pulsanti. Per far fronte a questo aumento di tensione, la tensione nominale U_N del fusibile deve essere:

$$U_N \geq 1,8 \times U_{AC}$$

Per ulteriori dettagli si prega di fare riferimento a "Selezione dei fusibili per la protezione dei convertitori rigenerativi DC".

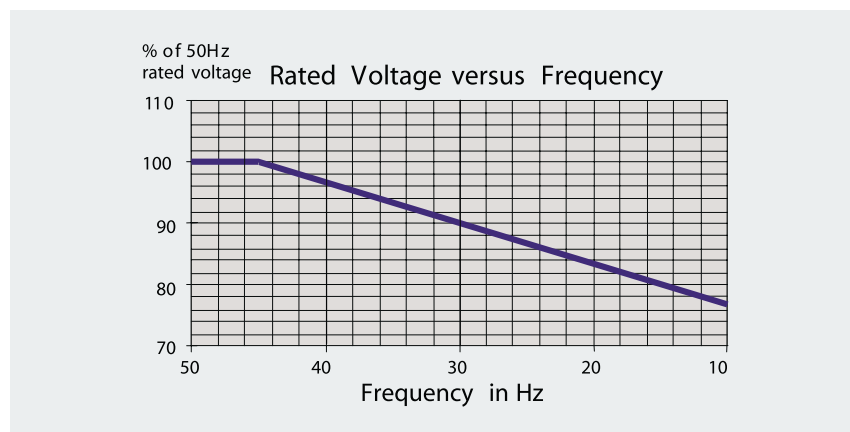


Figura 1

Fusibili AC in circuiti DC

Se si utilizzano fusibili AC in motori DC e circuiti di convertitori, il processo di selezione diventa più complesso (consultare la Fig. 3)

I parametri di dimensionamento saranno costituiti dalla tensione DC del sistema, dalla corrente minima di corto circuito e dalla costante di tempo massima associata (L/R).

Per ulteriori dettagli, fare riferimento all'applicazione DC dei fusibili Typower Zilox AC della serie Bussmann di Eaton.

Fusibili con corrente DC oscillante

I fusibili AC possono essere usati per la protezione e l'isolamento di GTO e IGBT sul lato DC degli inverter di commutazione della tensione (confrontare la Fig. 4).

In caso di uno sbalzo DC con un di/dt molto elevato della corrente di cortocircuito, è possibile che il valore nominale DC sia superiore a quello della tensione AC (secondo IEC o UL).

Per maggiori informazioni, si prega di contattare il team per la progettazione delle applicazioni di Eaton bulehighspeedtechnical@eaton.com

Fusibili in serie

Raramente i fusibili vengono collegati direttamente in serie. A basse condizioni di sovraccarico, solo una piccola variazione nelle prestazioni del fusibile potrebbe causare l'intervento precoce di uno dei fusibili e il fusibile intervenuto dovrebbe quindi essere in grado di sostenere la tensione dell'intero sistema. In presenza di correnti di guasto più elevate entrambi i fusibili interverranno, è tuttavia improbabile che la tensione si distribuisca equamente tra i fusibili. Per questo motivo, se i fusibili sono collegati in serie, è necessario osservare le seguenti procedure:

1. Le correnti di guasto sufficienti a causare tempi di fusione pari a 10 ms o inferiori devono essere sempre disponibili
2. I valori della tensione di ciascun fusibile (U_N) devono essere pari ad almeno il 70 per cento della tensione dell'intero sistema
3. Se la corrente di guasto disponibile è in grado di causare tempi di fusione superiori a 10 ms, i valori della tensione del fusibile devono essere pari almeno alla tensione applicata.

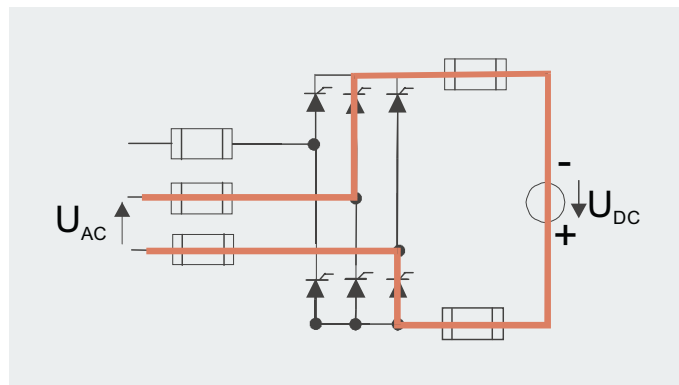


Figura 2

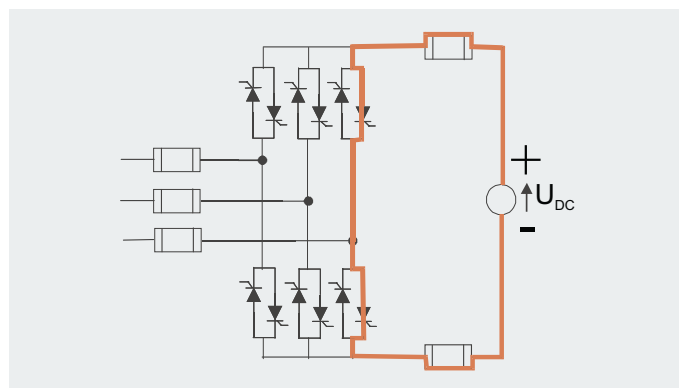


Figura 3

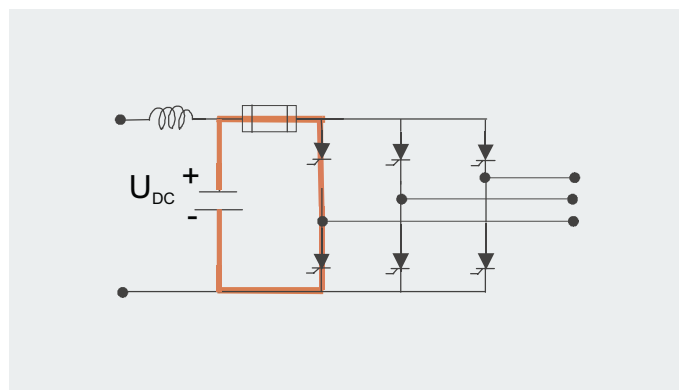


Figura 4

Dimensionamento della corrente nominale

La corrente nominale del fusibile è la corrente RMS che questo è in grado di trasportare continuamente senza degradare o superare i limiti di aumento della temperatura applicabili in condizioni ben definite

e stazionarie. Questo è il contrario del caso dei semiconduttori, la cui corrente nominale è calcolata come un valore in media. Molte condizioni possono influenzare la capacità di carico della corrente di un fusibile,

al fine di prevenire l'invecchiamento prematuro, le seguenti Parti 1, 2 e 3 aiuteranno a rendere possibile la selezione della corrente nominale per ottenere la giusta sicurezza.

Sezione 1 – Selezione di base

Questa sezione tratta i criteri di base per la selezione della sola corrente nominale del fusibile senza l'influenza del sovraccarico e del caricamento ciclico. L'effettiva corrente di carico stazionaria RMS che attraversa il fusibile deve essere inferiore o pari al carico di corrente massimo ammesso calcolato, definito I_b .

$$I_b = I_n \times K_t \times K_e \times K_v \times K_f \times K_a \times K_b$$

I_b	La corrente di carico RMS massima consentita*
I_n	Corrente nominale di un determinato fusibile
K_t	Temperatura ambiente, fattore di correzione come da Fig. 1
K_e	Fattore di collegamento termico come da Fig. 2
K_v	Fattore di correzione raffreddamento aria come da Fig. 3
K_f	Fattore di correzione frequenza come da Fig. 4
K_a	Correzione per altitudine elevata
K_b	Carico del fusibile costante Per i fusibili con corpo in porcellana è generalmente pari a 1,0 (consultare la scheda tecnica) Per i fusibili con corpo in fibra il fattore è generalmente 0,8

La densità di corrente massima delle sbarre su cui sono montati i fusibili deve essere di $1,3A/mm^2$ (IEC 60269 parte 4 la definisce compresa tra $1,0$ a $1,6/mm^2$). Se le sbarre di collegamento possiedono una densità di corrente superiore, il fusibile deve essere declassato.

Ad esempio, un fusibile da 200A a corpo squadrato è montato su una sbarra con una sezione di $120mm^2$. Per un fusibile da 200A la sezione minima della sbarra deve essere, al fine di soddisfare il requisito dei $1,3A/mm^2$, pari a $154mm^2$ ($200A/1,3A/mm^2$). Visto che la dimensione della sbarra di collegamento è pari a solo il 78% ($120mm^2/154mm^2$) della dimensione raccomandata, il fusibile deve essere declassato.

Se due collegamenti non sono uguali, il rispettivo fattore K_e può essere calcolato usando la seguente formula: $(K_1 + K_2)/2$.

Il montaggio dei fusibili in custodie, ecc., ridurrà il raffreddamento a convezione rispetto alle condizioni IEC.

In questo caso è necessario prendere in considerazione l'aggiunta di un ulteriore fattore K_e . Spesso, i fusibili montati in custodia ricevono un fattore aggiuntivo K_e pari a 0,8.

I fusibili esposti ad una frequenza di carico molto elevata (come ad esempio negli inverter di commutazione della tensione) richiedono particolare attenzione. In presenza di frequenze di questo tipo, la capacità di trasportare la corrente può essere ridotta a causa dell'effetto pelle e di prossimità sugli elementi che trasportano la corrente all'interno del fusibile. L'uso della curva fornita nella Fig. 4 assicura in genere un margine sufficiente.

Quando i fusibili vengono impiegati ad altitudini elevate l'effetto di raffreddamento viene ridotto sul fusibile a causa della densità dell'atmosfera.

Una correzione K_a deve essere applicata al valore della corrente continua nominale del fusibile se montato in un'applicazione sopra i 2000 m:

$$I = I_n \times \left(1 - \left(\frac{h - 2000}{100} \times \frac{0,5}{100} \right) \right)$$

Dove:

I = Valore della corrente ad un'altitudine elevata

I_n = Corrente nominale di un determinato fusibile

h = Altitudine in metri.

In caso di fusibili raffreddati ad acqua, si prega di contattare il team Eaton per la progettazione delle applicazioni all'indirizzo bulehighspeedtechnical@eaton.com

*NB: Per i periodi di 10 minuti o più lunghi, il valore RMS della corrente di carico non deve superare questo valore.

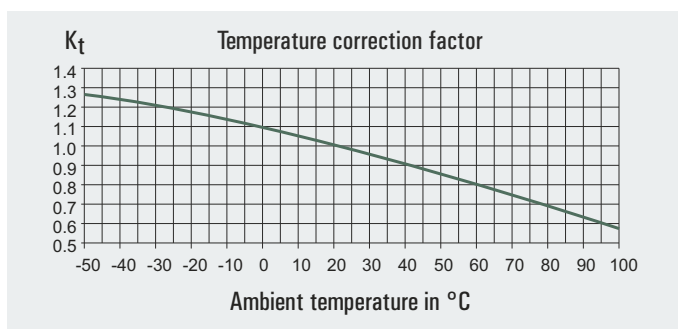


Figura 1 Questa curva mostra l'influenza della temperatura ambiente sulla capacità del fusibile di trasportare la corrente.

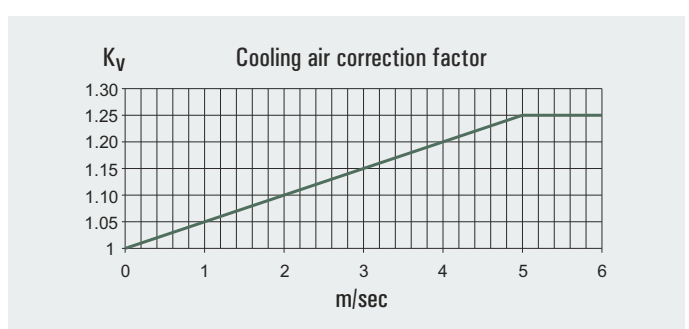


Figura 3 La curva mostra l'influenza del raffreddamento ad aria forzata sul fusibile.

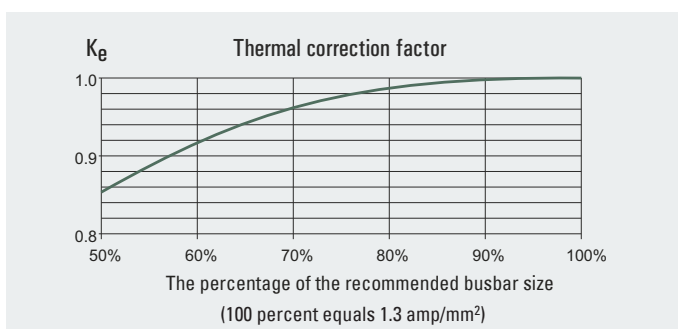


Figura 2

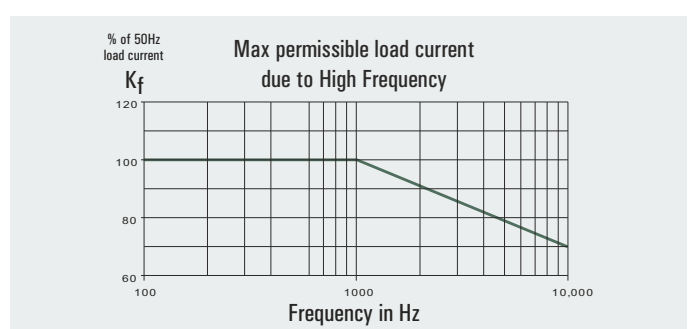


Figura 4

Esempio 1

Un fusibile con corpo squadrato da 200A è applicato ad una temperatura ambiente di 40C°, cablato con cavi con una sezione di 120 mm² pari a solo il 78 percento della dimensione raccomandata (1,3A/mm²). Il raffreddamento ad aria forzata è stabilito ad un valore di 4m/s. La frequenza della corrente di carico equivale a 3000Hz. Quale sarà il valore massimo consentito per la corrente stazionaria RMS I_b?

$$I_b = I_n \times K_t \times K_e \times K_v \times K_f \times K_a \times K_b$$

$$I_b = 200 \times 0,9 \times 0,98 \times 1,2 \times 0,85 \times 1 \times 1 = 180A \text{ RMS}$$

In base a:

I _n	= 200A
K _t	= 0,9, Fig.1 per una temperatura ambiente di 40C°
K _e	= 0,98, Fig. 2 per 0,78 × IEC
K _v	= 1,2, Fig. 3 per 4m/s di raffreddamento ad aria forzata
K _f	= 0,85, Fig. 4 per una frequenza di 3000Hz
K _a	= 1, a livello del mare, sotto i 2000 metri
K _b	= 1

In altre parole un fusibile da 200A dovrebbe essere esposto esclusivamente ad una corrente RMS massima pari a 180A nelle condizioni stazionarie descritte.

Controllo dell'ampereaggio del fusibile

La corrente massima di carico stazionaria I_b di un fusibile può essere controllata in maniera empirica tramite semplici misurazioni della tensione in condizioni di funzionamento. Queste misurazioni devono essere effettuate dopo l'installazione del fusibile nel suo punto di funzionamento e dopo che questo è stato caricato con il valore I_b calcolato:

$$E_2/E_1 \times (0,92 + 0,004 \times t) \leq N$$

Dove:

E ₁	= Caduta di tensione lungo il fusibile dopo 5 secondi
E ₂	= Caduta di tensione lungo il fusibile dopo 2 ore
t	= Temperatura dell'aria all'inizio del test in C°
N	= Costante (se disponibile, secondo la scheda tecnica, generalmente 1,5 o 1,6)

Sezione 2 – Influenza dei sovraccarichi

La corrente massima di sovraccarico I_{max} imponibile ad un fusibile riportata nella Sezione 1 dipende dalla durata e dalla frequenza dell'evento.

Le durate temporali si dividono in due categorie:

1. Sovraccarichi con durata superiore ad un secondo
2. Sovraccarichi con durate inferiori ad un secondo (definiti carichi d'impulso)

La seguente tabella fornisce linee guida generali per l'applicazione. Nell'espressione I_{max} < (fattore percentuale) × I_t, I_t è la corrente di fusione corrispondente al tempo t della durata del sovraccarico come deducibile dalla curva tempo-corrente del fusibile. I limiti forniti permettono di determinare I_{max} per un dato valore del fusibile o, invece, il valore della corrente del fusibile richiesta per un determinato sovraccarico, espresso per:

$$I_{max} < (\text{fattore di percentuale}) \times I_t$$

Di seguito forniamo esempi tipici di cicli di carico comprendenti correnti di sovraccarico:

- Il fattore di percentuale per ciascun sovraccarico deve essere controllato rispetto alla curva di fusione del fusibile selezionato, in base alle linee guida elencate nella Parte 1
- C'è una zona grigia tra un solo sovraccarico e una situazione di carico ciclico puro. In particolare, l'ultimo dei tre esempi mostrati è un esempio tipico di questo dilemma e per sicurezza, è necessario trattare un ciclo come questo come descritto nelle linee guida contenute nella parte 3 di questo capitolo.

Frequenza degli eventi	Sovraccarichi (>1 sec)	Carichi impulsivi (<1 sec)
Meno di una volta al mese	I _{max} < 80 percento × I _t	I _{max} < 70 percento × I _t
Meno di due volte a settimana	I _{max} < 70 percento × I _t	I _{max} < 60 percento × I _t
Diverse volte al giorno	I _{max} < 60 percento × I _t	I _{max} < 50 percento × I _t

Figura 5

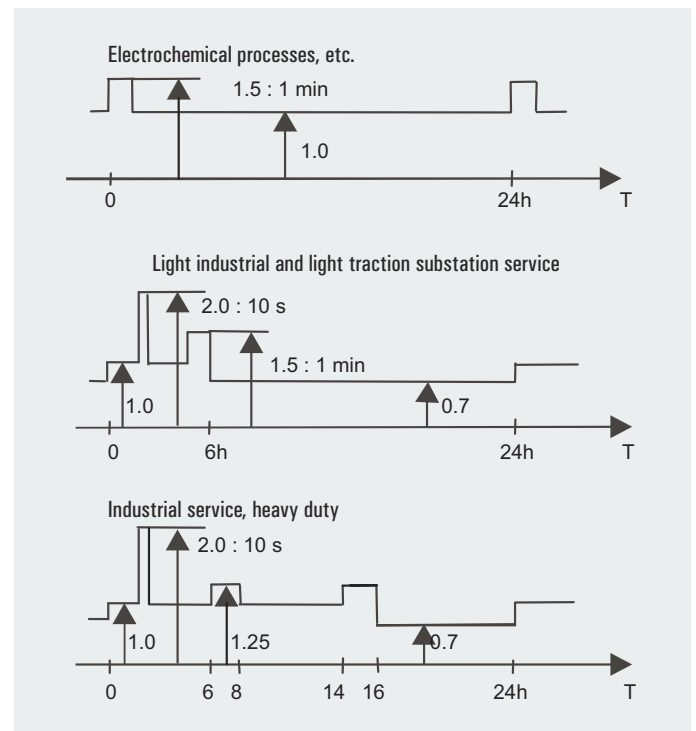


Figura 6

Esempio 2

Un fusibile da 200A è stato selezionato ed è soggetto a carichi temporanei di 300 amp per 5 secondi. Questi sovraccarichi si verificano da tre a cinque volte al giorno. Dalla curva tempo-corrente del fusibile deduciamo: la corrente di fusione corrispondente al tempo $t = 5$ secondi della durata del sovraccarico corrispondente a $I_t = 600A$.

Secondo la Fig.4 il limite effettivo è:

$$I_{max} < 60 \text{ per cento} \times I_t = 60 \text{ per cento} \times 600 = 360A$$

Questo significa che i carichi temporanei fino a 360A possono essere sostenuti e il fusibile da 200A selezionato (e soggetto a 300A per 5 secondi da 3 a 5 volte al giorno) funzionerà in questa applicazione.

Parte 3 — Caricamento ciclico

Il caricamento ciclico che produce l'affaticamento prematuro del fusibile è definito come variazioni regolari o irregolari della corrente di carico, ognuna con una dimensione e durata sufficienti a modificare la temperatura degli elementi fusibili in modo da affaticare le restrizioni molto sensibili (colli). Per evitare questa condizione, è possibile effettuare calcoli per assicurare che ci sia un appropriato margine di sicurezza per il fusibile selezionato.

Mentre l'utilizzo delle seguenti regole empiriche coprirà la maggior parte delle condizioni di carico cicliche, è impossibile impostare regole generali per tutte le applicazioni, si prega quindi di contattare il team Eaton per la progettazione delle applicazioni all'indirizzo (bulehighspeedtechnical@eaton.com).

$$1. I_b > I_{rms} * G$$

I_b è la corrente di carico massima ammessa sulla base dei criteri descritti nella parte 1, I_{RMS} è il valore RMS del carico ciclico. Alcuni fattori di carico ciclico G sono rintracciabili nei profili esemplificativi nella Fig. 7, o possono essere ottenuti su richiesta.

In molti casi un margine di sicurezza sufficiente viene assicurato dall'uso del seguente valore G:

$$G = 1,6$$

I valori nominali richiesti per il fusibile possono quindi essere trovati usando la seguente formula:

$$I_n \geq \frac{I_{RMS} * G}{K_t * K_e * K_v * K_f * K_a * K_b}$$

Dopo aver selezionato il fusibile usando i criteri precedentemente descritti, è necessario effettuare un controllo per vedere se gli impulsi di carico individuali (tutti espressi in coordinate $I_{impulso}$, $t_{impulso}$) dispongono di un margine di sicurezza B sufficiente in relazione a I_t della curva di fusione del fusibile. Si tratta della corrente di fusione del fusibile corrispondente alla durata dell'impulso ($t = t_{impulso}$), e B ricavabile come da Fig.8.

$$2. I_{impulso} < I_t * B$$

Questo dovrà assicurare una durata sufficiente del fusibile quando esposto a questi carichi.

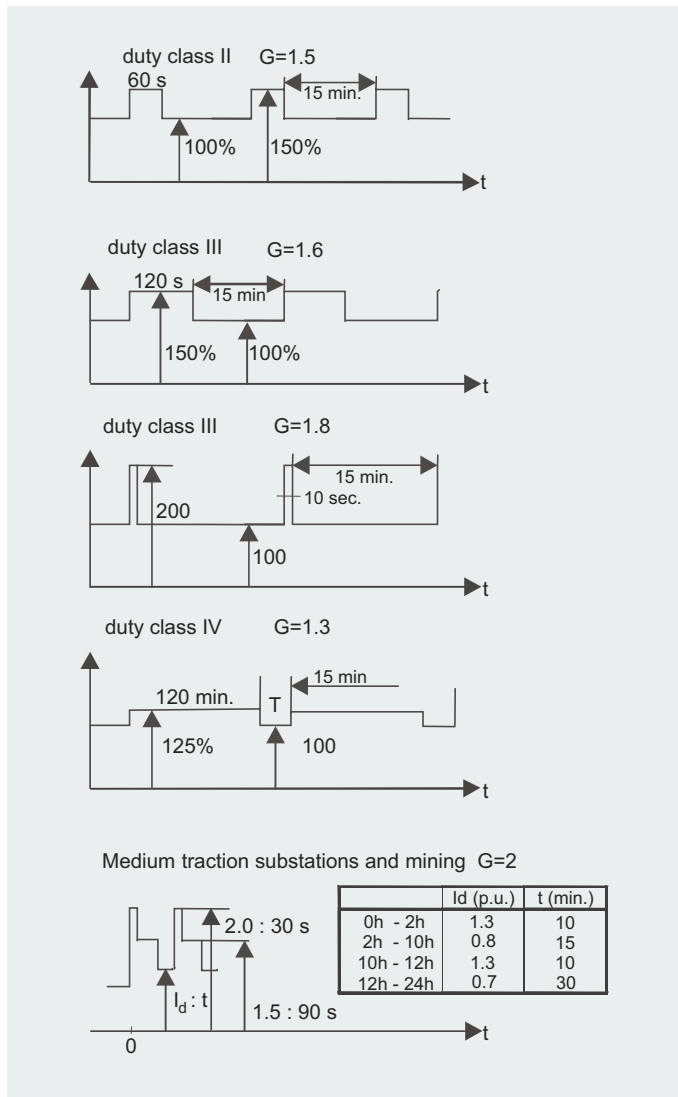


Figura 7

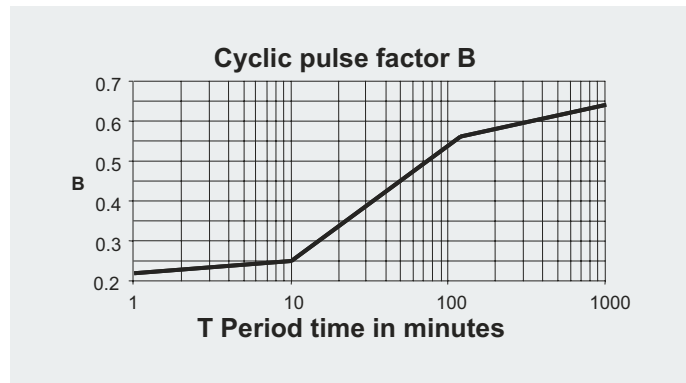


Figura 8

$I_n \geq$

Esempio 3

Si verifica il seguente carico ciclico: 150A per 2 minuti seguito da 100A per 15 minuti.

Questo richiede un fattore di carico ciclico pari $G=1.6$ (fare riferimento ai profili esemplificativi) e il valore RMS del carico ciclico per il periodo $T = 17$ minuti è determinato da:

$$\sqrt{\frac{(150^2 \cdot 2) + (100^2 \cdot 15)}{17}} \approx 107 \text{ Arms}$$

$$I_b > I_{rms} \cdot G = 107 \cdot 1,6 = 171 \text{ A}$$

Presupponendo che non ci siano fattori di declassamento (es., $K_t = K_e = K_v = K_f = K_a = K_b$), questo è il dimensionamento della corrente per la portata del fusibile I_n .

In questo caso può essere sufficiente un fusibile da 200A, resta comunque necessario un controllo del fattore B per assicurarsi che l'impulso mantenga una distanza di sicurezza sufficiente dalla curva di fusione:

$$I_{impulso} < I_t \cdot B = 440 \text{ A} \cdot 0,32 = 141 \text{ A}$$

$I_t = 440 \text{ A}$ può essere ricavato dalla curva tempo-corrente dell'attuale fusibile da 200A per $t_{impulso} = 2$ minuti (come nella Fig. 9) e $B = 0,32$ come da Fig.8 sulla base di $T=17$. In questo caso $I_{impulso} = 100 \cdot 1,5 = 150 \text{ A}$ e quindi l'equazione precedente non viene soddisfatta ed è necessario scegliere un fusibile con valori superiori - 250A.

Fusibili in parallelo

Esistono molte applicazioni che impiegano i fusibili in parallelo.

Visto che la superficie di due fusibili di piccole dimensioni è spesso più ampia rispetto a quella di un fusibile con valori equivalenti di dimensioni superiori, anche l'effetto di raffreddamento è più forte. Il risultato potrebbe fornire una soluzione I^2t più bassa, fornendo una protezione del dispositivo più vicina o una soluzione per ottenere una minore perdita di potenza.

È possibile mettere in parallelo solo fusibili dello stesso tipo o con lo stesso riferimento, con l'eccezione che solo uno deve essere dotato dell'indicazione.

Tutti i fusibili devono essere montati in modo tale da permettere il passaggio della corrente e del calore in maniera uguale attraverso i collegamenti. In impianti di grande dimensioni, la soluzione migliore è mettere in parallelo fusibili con valori di resistenza al freddo simili.

Il valore I^2t dei fusibili in parallelo è dato da:

$$I^2t \times N^2$$

dove N è il numero di fusibili in parallelo collegati insieme.

Il montaggio deve assicurare almeno 5mm tra i fusibili in parallelo adiacenti.

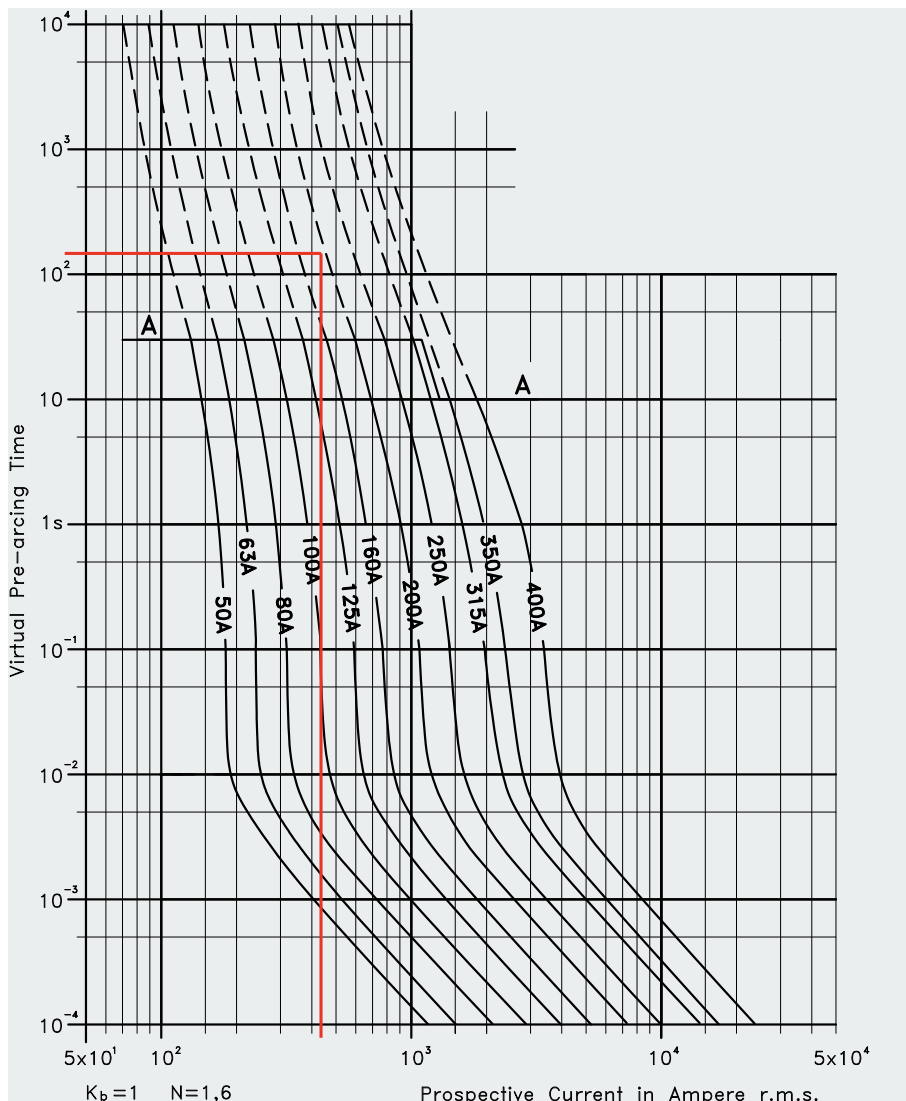


Figura 8

Are di applicazione — generale

I semiconduttori e i fusibili extra-rapidi associati sono impiegati in numerose applicazioni quali convertitori AC, convertitori DC, trazione, avviatori motore, relè di potenza allo stato solido, elettrolisi, forni a induzione e inverter. La fonte di alimentazione per queste applicazioni può essere la rete, un generatore in loco o una batteria.

La configurazione del circuito per queste applicazioni varia notevolmente e alcuni dei circuiti più comuni sono elencati nella pagina seguente, assieme ad informazioni su come ricavare il livello della corrente di carico RMS rilevante per l'installazione del fusibile.

Tutti questi fusibili sono in grado di funzionare a solo alcuni ampere o a diverse migliaia di ampere. I principi di funzionamento dei circuiti sono di solito gli stessi per tutti i valori, considerando che il livello di protezione dipende da questioni quali la necessità di proteggere da incidenti e da lesioni, dalla sicurezza dei componenti, ecc.

Alcuni aspetti dei circuiti e della loro protezione sono comuni a molte applicazioni. Li affronteremo di seguito, con alcuni dettagli trattati nello specifico nelle sezioni successive.

Le applicazioni possono essere raggruppate in applicazioni AC e DC. Tuttavia, nei moderni circuiti, molti sistemi comprendono sia correnti AC che DC.

Le applicazioni che utilizzano inverter da DC ad AC - quali i convertitori a velocità variabile AC, i gruppi di continuità (UPS) - possono essere considerate come due parti dal punto di vista dei fusibili. La prima parte è costituita dal convertitore AC-DC e la seconda dall'inverter. Questa guida descriverà prima la parte AC e affronterà i sistemi raddrizzatori e gli interruttori.

Correnti RMS nelle comuni disposizioni a ponte

I circuiti più comuni dei raddrizzatori comprendono raddrizzatori che convertono la corrente AC in DC.

Esistono numerosi modi di predisporre i trasformatori per l'alimentazione e i dispositivi raddrizzatori. Per lo scopo dei seguenti schemi, utilizziamo i diodi (benché sia possibile usare tiristori o GTO). Questi forniranno il controllo sulla tensione o sulla potenza in uscita.

Esistono posti abituali per l'installazione dei fusibili nei circuiti dei raddrizzatori. La corrente RMS in queste posizioni varia in base al numero di cicli per cui la corrente scorrerà. Questo viene descritto per i diodi, questi valori possono tuttavia variare per i circuiti di comando. In ogni caso, non supereranno i valori mostrati, in quanto si comportano come se il dispositivo controllato fosse continuamente acceso. Le configurazioni più comuni sono mostrate negli schemi seguenti.

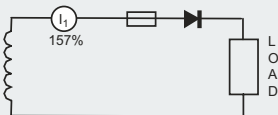
I pro e i contro di sistemare i fusibili nelle diverse posizioni verranno affrontati nel dettaglio più avanti per ognuna delle configurazioni.

Circolo1 poco frequente nei sistemi di elettronica di potenza. L'uscita a mezza onda sarebbe inefficiente con molta distorsione riflessa verso l'alimentazione.

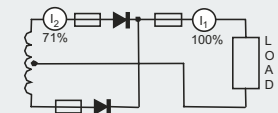
Circuiti tipici di raddrizzatori

I fusibili sono dispositivi RMS e basati sul 100 percento della corrente media del carico DC, le correnti di carico RMS rilevanti I_1 , I_2 e I_3 possono essere calcolate.

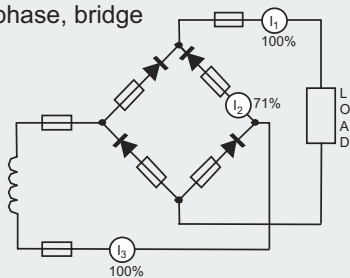
1. Single-phase, half wave



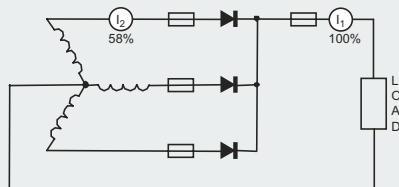
2. Single-phase, full wave, center tap



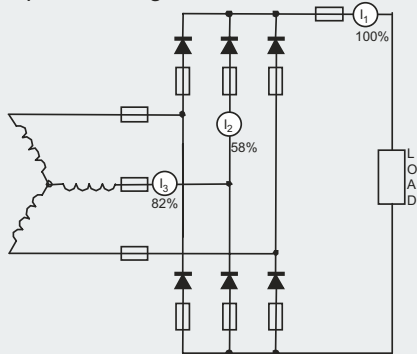
3. Single-phase, bridge



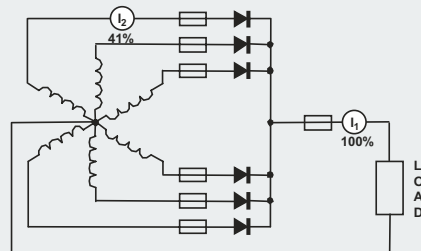
4. Three-phase, Wye



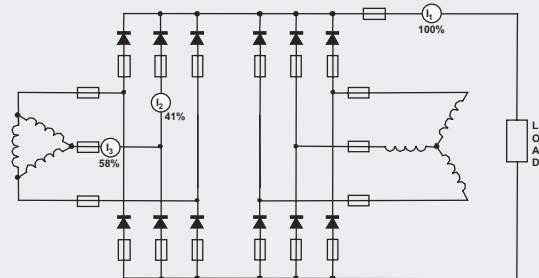
5. Three-phase, bridge



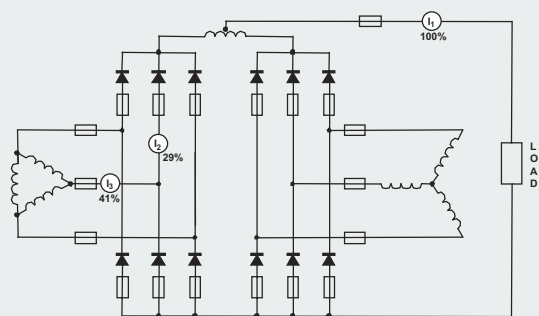
6. Six-phase, star



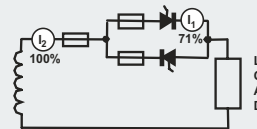
7. Six-phase parallel (without IPT)



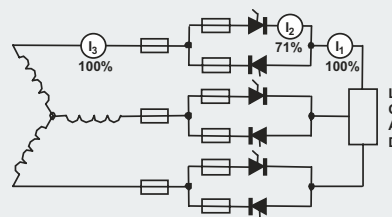
8. Six-phase parallel (with IPT)



9. Single-phase, anti-parallel, AC Controller



10 Three-phase, anti-parallel, AC Control



Protezione tramite fusibili

In linea di principio, il fusibile dovrebbe sopportare tutta la corrente continua richiesta e gli eventuali sovraccarichi previsti e al verificarsi di un guasto dovrebbe limitare l'energia che passa attraverso il semiconduttore ad un valore che non causi danni.

Guasti interni ed esterni

Come è possibile vedere negli schemi, i fusibili possono essere sistemati in diverse posizioni all'interno del circuito. I fusibili possono essere disposti in serie con i dispositivi semiconduttori, sulle linee di alimentazione, a volte sulle linee in uscita. Solo i fusibili presso le gambe del ponte abilitano la portata di corrente massima stazionaria del semiconduttore in quanto in questo punto è presente la corrente RMS minima del fusibile.

Nel design di apparecchi raddrizzatori per potenze elevate, sono presenti due tipi di guasti di cui è necessario tenere conto:

- A. **Corto circuito di una cella individuale del raddrizzatore - generalmente definito "guasto interno."** La mancata apertura nel circuito di un raddrizzatore di potenza in silicio è raro. Questo tipo di guasto può in ogni caso, essere identificato utilizzando circuiti di rilevamento.
- B. **La comparsa di un cortocircuito o di un carico eccessivo ai terminali di uscita dell'apparecchiatura; generalmente definito "guasto esterno".**

Protezione dai guasti interni

Per proteggere le celle sane del raddrizzatore in caso di un guasto interno, i fusibili devono essere installati in serie ognuno a protezione di una cella.

Ulteriori considerazioni per i raddrizzatori con percorsi in parallelo

È importante sottolineare che nella progettazione dei raddrizzatori per potenze elevate, la continuità dell'alimentazione in caso di guasti interni è una caratteristica auspicabile. L'apparecchiatura deve essere progettata per fornire la giusta potenza in uscita in tutte le condizioni di carico con uno o più dispositivi semiconduttori non in funzione secondo le specifiche del produttore.

Per assicurare la continuità al verificarsi di un guasto interno, il fusibile collegato in serie con il ramo guasto del ponte deve intervenire e interrompere il guasto senza innestare i fusibili collegati in serie alle celle del raddrizzatore sane.

Al fine di soddisfare questa condizione, la corrente totale I^2t del singolo fusibile deve essere inferiore alla I^2t di pre-arco combinata di tutti i fusibili nel ramo dell'apparecchiatura, nello specifico :

$$I^2t_2 < I^2t_1 \times n^2$$

Dove:

- I^2t_2 totale I^2t del singolo fusibile
- I^2t_1 - prearco I^2t di ogni fusibile
- n è il numero di percorsi in parallelo in ogni ramo dell'apparecchiatura

Rigorosamente, per permettere una condivisione di corrente non uniforme nei percorsi paralleli n dovrebbe essere sostituito da: $n/(1 + S)$ dove S è la condivisione non uniforme, di solito compresa tra 0,1 e 0,2 (10% e 20%).

Inoltre, se il design specifica che la continuità dell'alimentazione deve essere conservata anche in caso di mancato funzionamento di uno o più dispositivi, " n " nella formula precedente deve essere sostituito con $(n - x)$, dove x corrisponde al numero di celle non operative richiesto.

Se " n " è al di sotto di 4, l'esperienza ha dimostrato che una protezione di questo tipo è difficile da ottenere. In applicazioni che utilizzano sia fusibili in linea che fusibili per celle, è necessario effettuare un controllo per accertarsi che il fusibile della cella sia coordinato in maniera selettiva al fusibile in linea durante un guasto interno (ad es., la I^2t totale del fusibile della cella deve essere inferiore alla I^2t di prearco del fusibile in linea):

$$I^2t_1 < I^2t_2$$

Dove:

- I^2t_1 = totale I^2t del fusibile della cella
- I^2t_2 - prearco I^2t del fusibile in linea

Protezione dai guasti esterni

In caso di un guasto esterno, non si desidera che tutti i fusibili individuali del raddrizzatore si aprano. Una pratica comune consiste nell'includere un fusibile in serie sulla linea di alimentazione.

Per garantire che il fusibile della linea intervenga prima del fusibile della singola cella, l' I^2t totale del fusibile della linea deve essere inferiore all' I^2t di pre-arco combinata dei fusibili utilizzati in un ramo dell'apparecchiatura, ovvero:

$$I^2t_1 < I^2t_2 \times n^2$$

dove:

- I^2t_1 = totale I^2t del fusibile di linea
- I^2t_2 - prearco I^2t di ogni fusibile associato a una cella
- n : fusibili cella in parallelo

Interruzione del funzionamento in caso di guasto del dispositivo

La maggior parte dei guasti nelle apparecchiature con raddrizzatori e convertitori a bassa e media potenza appartengono a questa categoria. I fusibili installati in serie con i dispositivi semiconduttori, o nelle linee di alimentazione, sono utilizzati per proteggere l'apparecchiatura dai guasti interni ed esterni. Le applicazioni comprendono:

1. **Convertitori di frequenza a velocità variabile**
2. **Comandi sistemi di riscaldamento**
3. **Inverter**
4. **Raddrizzatori a bassa potenza**

Nei circuiti con inverter è necessario dedicare particolare attenzione alla scelta dei giusti valori di tensione DC per ogni applicazione. I guasti DC possono inoltre verificarsi in presenza di un guasto del dispositivo a livello dei circuiti a ponte quando altre fonti di alimentazione alimentano lo stesso bus DC, o quando il carico è costituito da motori, condensatori o batterie. L'esempio 1 nella sezione esempi di lavoro illustra la protezione di un comune drive a tiristore DC.

Funzionamento senza interruzione in caso di guasto del dispositivo

Le interruzioni di funzionamento non possono essere tollerate in impianti raddrizzatori di grandi dimensioni quali fonti di alimentazione DC per applicazioni elettrochimiche.

Come discusso in precedenza, queste applicazioni adoperano molti percorsi in parallelo ($n > 4$) su ogni ramo del raddrizzatore. Ognuno di questi percorsi paralleli possiede i suoi fusibili per isolare i dispositivi guasti (consultare la sezione esempi di lavoro). In applicazioni che utilizzano molti fusibili, il rilevamento del fusibile guasto è reso più semplice dai fusibili con indicatore, che possono innestare un microinterruttore per la segnalazione a distanza.

Fusibili in condizioni DC

L'induttanza nei circuiti DC limita il livello della salita della corrente. Il tempo impiegato dalla corrente per raggiungere il 63% del valore finale è chiamato costante di tempo, indicato anche in termini di L/R.

Il livello di aumento della corrente influenza la quantità di energia in ingresso che fa fondere l'elemento fusibile. Questo influisce sia sulle caratteristiche tempo-corrente di fusione del fusibile che sui picchi di corrente che lo attraversano. Per tempi di funzionamento lunghi (superiori ad 1 secondo) l'effetto di riscaldamento di una corrente alternata è lo stesso per la corrente DC, le caratteristiche convergeranno. Confrontare la Fig. 2

Molti circuiti possiedono una costante di tempo compresa tra 10 e 20 millisecondi e quindi le specifiche IEC richiedono di testare questi valori. Le costanti di tempo superiori a 20 millisecondi spesso non sono rintracciabili al di fuori delle applicazioni di trazione terza guida, dove guide molto lunghe offrono rapporti induttanza - resistenza estremamente elevati. Per i corto circuiti è necessario usare il valore della costante temporale del circuito in condizioni di guasto. Questo può essere diverso dalla costante di tempo durante il funzionamento normale.

In molti circuiti raddrizzatori, anche in condizioni di guasto, un fusibile sarà soggetto ad una tensione alternata o solo quando la tensione unidirezionale scenderà a zero su base regolare come definito dalla frequenza dell'alimentazione. In queste condizioni, l'estinzione dell'arco all'interno del fusibile, in condizioni di guasto, è assistita dalla riduzione della tensione a zero.

Quando un fusibile viene utilizzato in un'applicazione puramente DC, il processo di estinzione dell'arco da parte del fusibile non verrà assistito dalla riduzione della tensione o dal calo a zero della tensione come in una situazione AC. L'induttanza all'interno del circuito accumula l'energia elettrica. Questo influenza il modo in cui il processo di arco del fusibile riduce la corrente all'interno del circuito, per motivi che vanno al di là degli argomenti trattati in questa guida.

La tensione a cui il fusibile è in grado di funzionare in sicurezza dipende dalle costanti di tempo del circuito. È necessario notare che quando la costante di tempo è breve, i valori della tensione DC non possono superare i valori della tensione AC (sia secondo IEC che UL). In ogni caso, per la maggior parte dei fusibili i valori della tensione DC sono pari al 75% o inferiori al valore nominale della tensione AC - questo valore DC diminuisce con l'aumentare della costante di tempo del circuito.

La tensione di arco generata dal fusibile durante il funzionamento varierà anche in relazione alla tensione del sistema. La variazione della tensione di arco in relazione alla tensione applicata sarà diversa nei sistemi AC e in quelli DC. Tuttavia, nella maggior parte dei casi, è accettabile utilizzare i dati forniti per le condizioni AC.

A meno che non siano incluse speciali caratteristiche di progettazione, non si dovrebbe chiedere ai fusibili di intervenire su sovracorrenti basse nei circuiti DC. Le prestazioni in questo campo possono diventare un fattore limitante nella selezione del fusibile.

Sistemi ad alimentazione DC

La maggior parte delle applicazioni che coinvolgono la corrente DC appartengono al tipo in cui una fonte di alimentazione AC viene convertita per alimentare un carico. Questo carico può essere passivo quale una cellula di elettrolisi o complesso come un convertitore rigenerativo.

Molti tipi di circuiti richiedono considerazioni speciali. Tra questi troviamo quelli che comprendono batterie o condensatori e quelli in cui il drive del motore è rigenerativo. In ampi sistemi di elettrolisi è spesso necessario fare considerazioni specifiche per i dispositivi e i fusibili in parallelo, argomento trattato in un altro punto di questa guida, così come i convertitori rigenerativi.

Batteria come carico

In linea di principio, i circuiti di ricarica delle batterie sono simili ai sistemi di elettrolisi.

Le configurazioni standard a ponte sono normalmente utilizzate per questi sistemi. I fusibili possono essere installati sulla linea AC, sul ramo o sulla linea DC. L'impiego di fusibili sul ramo non solo fornisce un dispositivo di protezione il più vicino possibile al semiconduttore, ma protegge anche il ponte da guasti interni e guasti nel sistema DC.

Nei circuiti a corrente elevata il controllo della corrente è spesso effettuato tramite controllo di fase usando tiristori. Nei sistemi con potenza inferiore la corrente di guasto potrebbe essere limitata solo dall'impedenza del lato secondario del trasformatore e il raddrizzatore sarà composto da due diodi.

Nel primo caso, possono verificarsi elevate correnti di guasto se il controllo dei tiristori subisce un guasto. La selezione dei fusibili per questo tipo di circuito assomiglia a quella per un drive DC (descritta in un'altra sezione di questa guida).

Tuttavia, in un sistema composto da soli diodi, nel caso in cui la batteria viene collegata con la polarità inversa, la corrente di guasto passerà direttamente attraverso i diodi. Il guasto di corrente risultante sarà limitato esclusivamente dall'impedenza interna della batteria. Un isolamento veloce è richiesto per proteggere i diodi e per limitare l' I^2t nel diodo.

È necessario prestare attenzione al possibile impulso generato dal caricabatterie. Molti circuiti controllati di caricabatterie posseggono un forte potere di carico per un breve periodo di prima che un valore continuo più basso venga applicato. Linee guida su questo aspetto sono fornite nella sezione sui carichi ciclici.

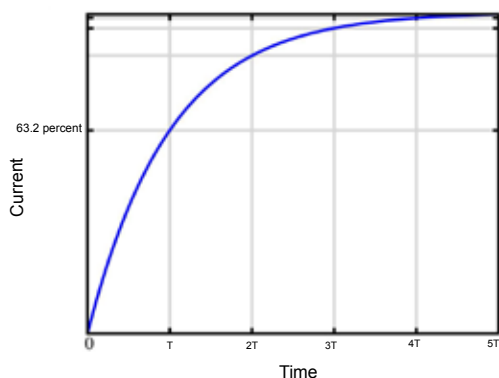


Figura 1

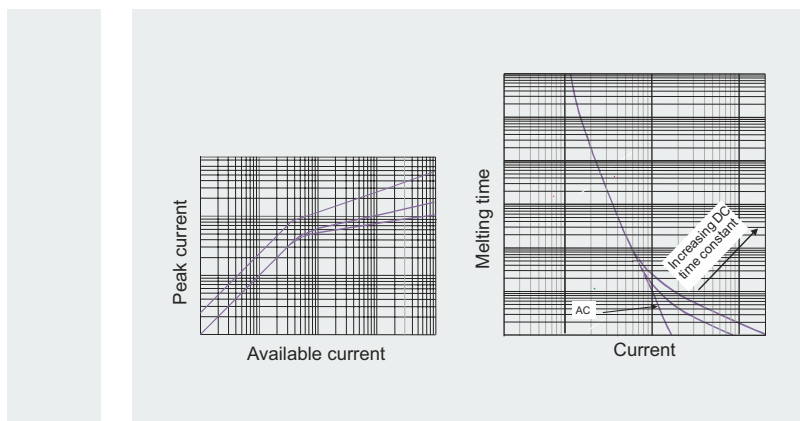


Figura 2

Batteria come unica fonte

L'uso di batterie è molto in aumento a causa della domanda di energia rinnovabile in cui le applicazioni di batterie sono frequenti e fondamentali in funzione dei dispositivi per l'accumulo dell'energia.

Proteggere una o più batterie è particolarmente difficile a causa delle caratteristiche che queste assumono in condizioni di guasto. Il problema è reso più difficile dall'ampia varietà di batterie disponibili, per quanto riguarda il tipo e il produttore.

I fusibili extra-rapidi possono essere una buona scelta per proteggere le batterie in condizioni di guasto da corto circuito a causa dell'effetto di limitazione superiore della corrente del fusibile.

Tuttavia, i fusibili extra-rapidi hanno bisogno, per operare in maniera efficace, che la corrente di guasto raggiunga un livello sufficientemente elevato per fondere l'elemento fusibile velocemente. Il livello di aumento (costante di tempo) della corrente di guasto deve essere abbastanza veloce da permettere al fusibile di eliminare l'arco di corrente DC generato durante l'intervento sul guasto. Le condizioni di guasto DC sono difficili da trattare con i fusibili e un'applicazione errata può, in alcuni casi, causare la rottura da stress del fusibile. La corrente di guasto in condizioni di corto circuito è severamente limitata dall'impedenza interna delle batterie e dallo stato di carica all'interno della batteria. Se una batteria è completamente carica può essere presente sufficiente energia da permettere al fusibile di funzionare, tuttavia man mano che la batteria si scarica, questo può ridurre il livello di energia al di sotto di quello richiesto dal fusibile.

Così come con costanti di tempo lunghe, generalmente superiori a 15 ms, una corrente di guasto insufficiente può causare un guasto simile del fusibile. Le correnti di guasto applicate al fusibile che ricadono sulla linea A-A nell'area a puntini della curva tempo-corrente saranno più preoccupanti.

È essenziale che tutti i possibili parametri batteria siano noti prima della selezione del fusibile per la protezione della batteria. È necessario ottenere dal produttore i dettagli sulla batteria e la sua scheda tecnica. Può essere richiesto che il fusibile selezionato possa essere utilizzato solo a condizione che le batterie siano sostenute a un certo livello di carica e che il produttore sia in grado di garantire una costante di tempo in caso di cortocircuito.

Un fusibile extra-rapido fornirà, naturalmente, solo protezione da corto circuito. Per la protezione dei cavi, occorre utilizzare un fusibile di carattere più generico, in grado di funzionare in condizioni di sovraccarico basso. Questo causa altri problemi in quanto i fusibili generici non sono spesso in grado di gestire tensioni DC pari a quelle sostenute dai fusibili extra-rapidi. Un guasto causato da un sovraccarico basso a tensioni DC elevate può richiedere un fusibile progettato specificamente per applicazioni DC al fine di offrire una protezione tramite fusibile sicura e affidabile.

Si prega di contattare il team di Eaton per la progettazione delle applicazioni (bulehighspeedtechnical@eaton.com)

Applicazione DC della serie Bussmann di Eaton fusibili AC con corpo squadrato

Le informazioni che seguono sono valide nello specifico per le serie di fusibili standard Typower Zilox da 660V, 690V, 1000V e 1250Vac, nel caso in cui questi fusibili non siano stati specificamente collaudati e non sia stata specificamente assegnata una portata della tensione DC.

Questi fusibili possono inoltre essere usati anche in circuiti in cui si verificano guasti DC. Tuttavia, è necessario prestare molta cautela nel processo di selezione. Si raccomanda di testare i fusibili dopo aver seguito il processo di selezione descritto di seguito in quanto le informazioni qui contenute sono solo linee guida.

La capacità di interruzione del fusibile dipende dalla combinazione di:

- Tensione DC applicata
- Costante di tempo del circuito (L/R)
- Corrente minima di corto circuito presunta, I_{pmin} , per il circuito
- I^2t di prearco del fusibile selezionato

Per applicare correttamente un fusibile, è necessario usare un fattore F che colleghi I^2t alla corrente presunta.

Per determinare il fattore F nella Fig. 3, usare le curve nella figura 1 o 2. La Figure 1 e 2 mostrano la dipendenza della tensione massima DC applicata su L/R, con 3 livelli di I_p come parametro indicato secondo 1, 2 e 3. Selezionare la curva 1, 2 o 3 scegliendo la curva sopra il punto dalla tensione disponibile nota e dalla costante di tempo del circuito

Se non esiste una curva sopra il punto di tensione L/R, è necessario scegliere un fusibile con un valore nominale AC superiore a 1250V. Per ricevere assistenza si prega di contattare il team di Eaton per la progettazione delle applicazioni (bulehighspeedtechnical@eaton.com).

Il fattore F mostrato nella Fig. 3 come funzione del circuito L/R e la curva selezionata 1, 2 o 3 come parametro.

Per controllare che il livello minimo di corrente disponibile (I_{pmin}) nel circuito

DC in questione sia in accordo con le selezioni fatte nella Fig. 1 o 2, la seguente condizione deve essere vera:

$$I_{pmin} \geq F \times \sqrt{I^2t} \text{ [A]}$$

Dove I^2t è l'integrale di prearco (da freddo) in A2s del fusibile in questione, è importante che il fusibile sia in grado di interrompere questa corrente minima.

Nella Fig. 4, la tensione di picco dell'arco del fusibile può nel peggiore dei casi, essere ricavato come funzione della tensione DC applicata.

Note: Nota: Nel caso in cui i fusibili di una determinata serie abbiano una ridotta capacità di tensione AC, la capacità di tensione DC sarà ridotta con una percentuale simile. Ad esempio, la taglia 3 da 2000A della gamma 690V ha una tensione nominale AC di 550V quindi la tensione nominale DC sarà ridotta del 20%.

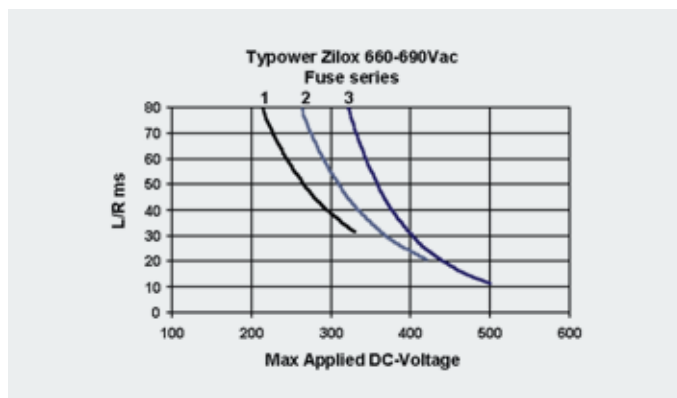


Figura 1

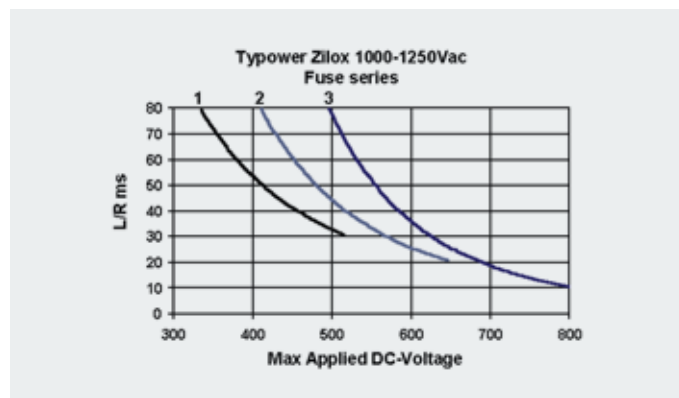


Figura 2

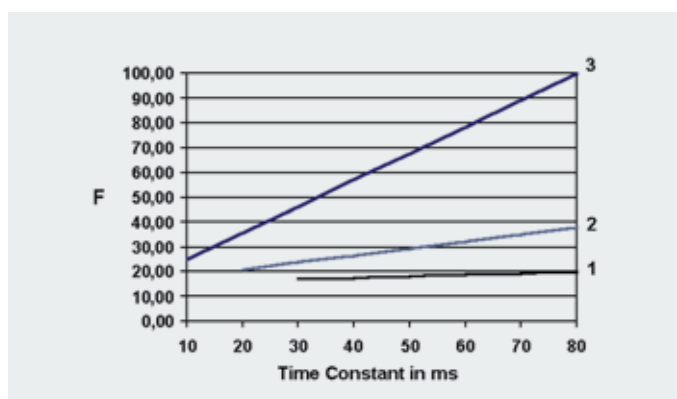


Figura 3

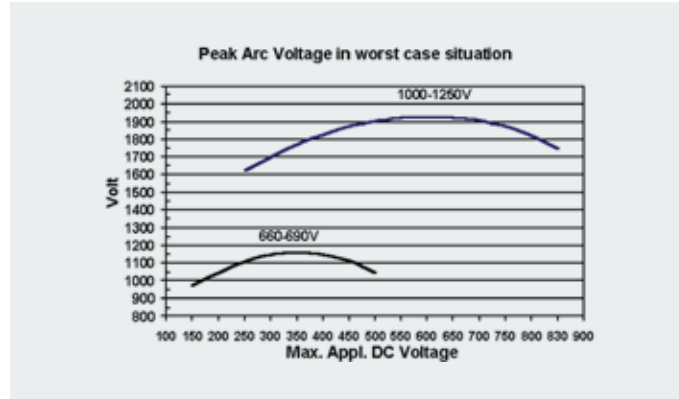


Figura 4

Esempio di calcolo

Typower Zilox 1100A, 1250V, AC, 3/110,
170M6149, 575,000 A²s (integrale di prearco).

Tensione applicata E = 500Vdc

Corrente presunta $I_p = E/R = 500/16 = 31.3 \text{ kA}$

Costante di tempo L/R = 40ms (0.64/16)

Usando la Fig. 2, ricaviamo che avendo 500V come tensione DC applicata con L/R = 40ms, la curva 1 è stata superata e questo ci lascia la curva 2 per conservare la sicurezza.

Dalla Fig. 3 ricaviamo F = 26,5 sulla base della combinazione L/R = 40ms e curva 2.

Assieme all' $I^2t=575,000 \text{ A}^2\text{s}$ di prearco del fusibile in questione questo richiede:

$$\text{min. } I_p = 20\text{kA} \left(26.5 \times \sqrt{575.000} \right)$$

Di controllare i parametri del circuito in questione, possiamo vedere che la capacità di intervento del fusibile selezionato resta valida, soddisfacendo i seguenti parametri principali:

1. La tensione DC massima applicata è pari a 500V
2. La costante di tempo L/R è pari a 40ms, fino a 46ms ammissibile, ok e
3. È necessario un minimo di $I_p = 20\text{kA}$, con nella pratica 31,3kA che vanno bene.

La tensione di picco dell'arco generata dal fusibile può risultare inferiore a 1900V, secondo la Fig. 4.

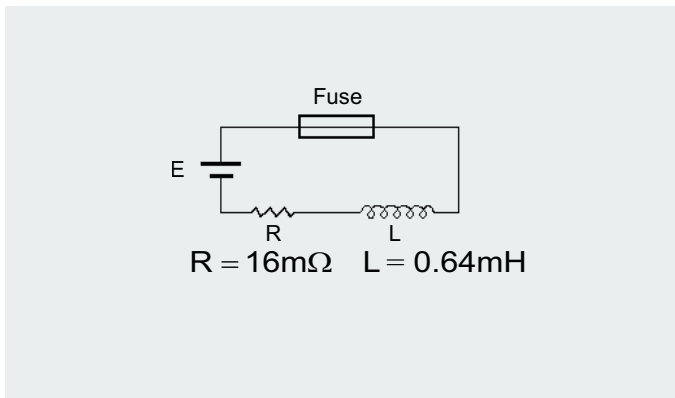


Figura 1

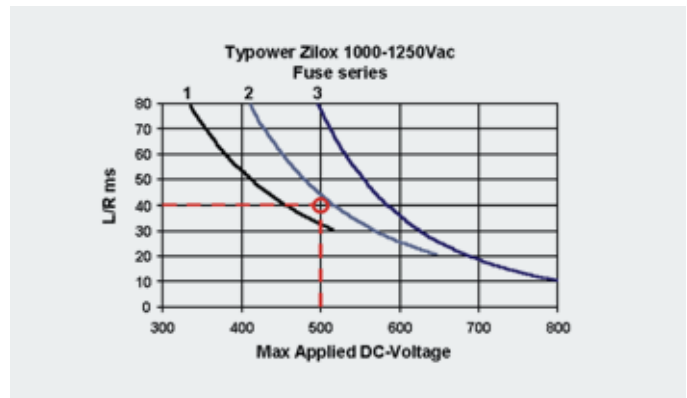


Figura 2

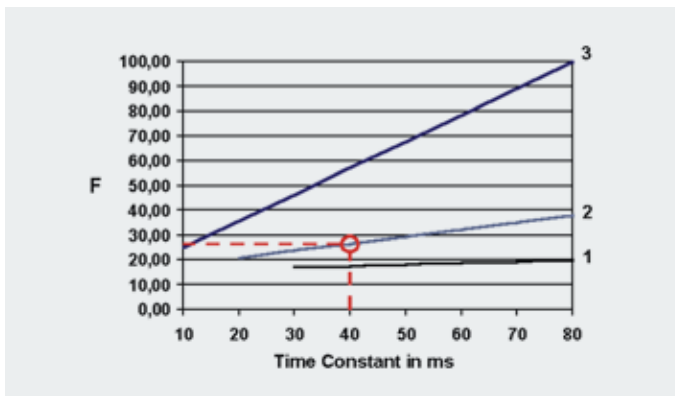


Figura 3

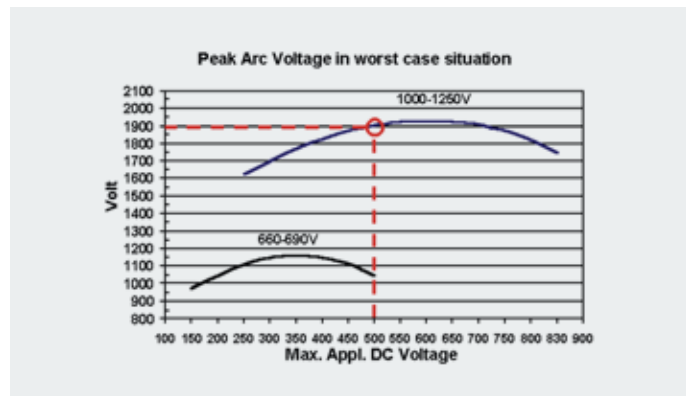


Figura 4

Impianti fotovoltaici

Gli impianti fotovoltaici comportano casi speciali per la protezione tramite fusibili.

Il requisito di utilizzare fusibili nei sistemi fotovoltaici fa parte dei requisiti di installazione in molti paesi.

I fusibili per questo tipo di impianti devono essere conformi ai requisiti di EN 60269 Parte 6 (2010). Nei sistemi fotovoltaici è importante proteggere i pannelli fotovoltaici da correnti eccessive in caso di guasto di uno dei moduli o dei pannelli fotovoltaici. Nella maggior parte dei sistemi, la corrente disponibile è estremamente limitata, quindi solo i fusibili gPV possono essere usati per proteggere le stringhe. I fusibili gPV della serie Bussmann di Eaton sono in grado di interrompere sovracorrenti molto basse a tensione massima.

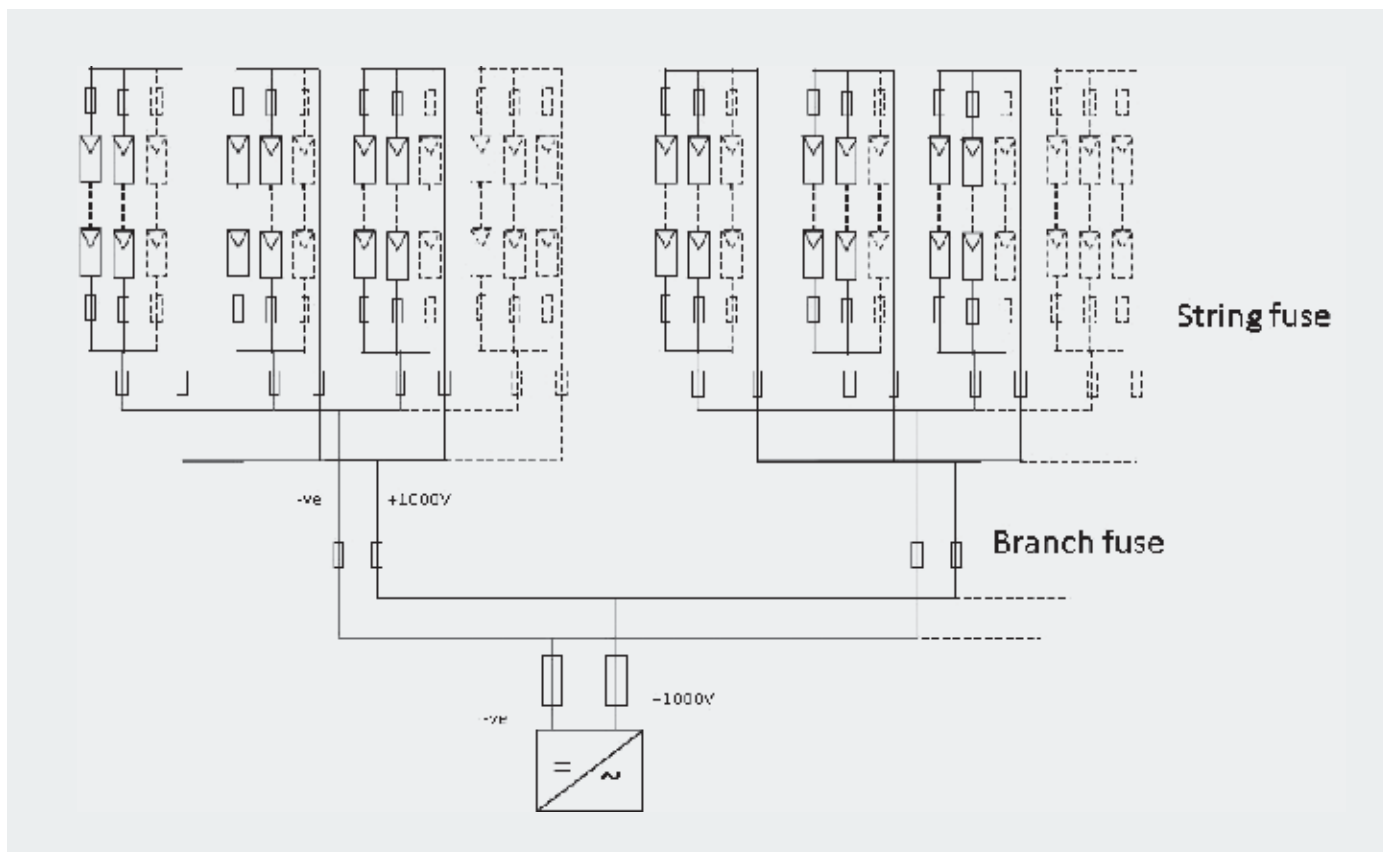
Tuttavia, al verificarsi di un guasto del sistema e nell'inverter, i fusibili sono in grado di interrompere anche correnti di guasto elevate.

La selezione di un fusibile con valori di corrente e tensione adatti assomiglia alla normale selezione di qualsiasi fusibile. Il fusibile deve essere in grado di interrompere la tensione disponibile più elevata all'interno del sistema e la corrente disponibile più bassa (quando i pannelli fotovoltaici sono più freddi). Tuttavia, il fusibile deve anche essere dotato di una corrente nominale sufficiente per la corrente disponibile più elevata (pannello caldo o elevato livello di illuminazione) tenendo conto della temperatura ambiente, del carico ciclico, delle disposizioni di montaggio e dell'altitudine come già spiegato in questa guida.

Eaton raccomanda di usare sempre fusibili su ogni stringa, uno sulle linee positive e uno sulle linee negative indipendentemente dal numero di "stringhe" utilizzate nel sistema.

Nei sistemi di grandi dimensioni può essere inoltre necessario utilizzare fusibili gPV con valori più elevati in una situazione di "derivazione". L'obiettivo è proteggere i cavi, in una posizione che possiamo definire fusibili di derivazione, intermedi o in blocco.

Per un approfondimento su questo tema, si prega di consultare la guida alle applicazioni fotovoltaiche della serie Bussmann di Eaton www.eaton.com/bussmannseries



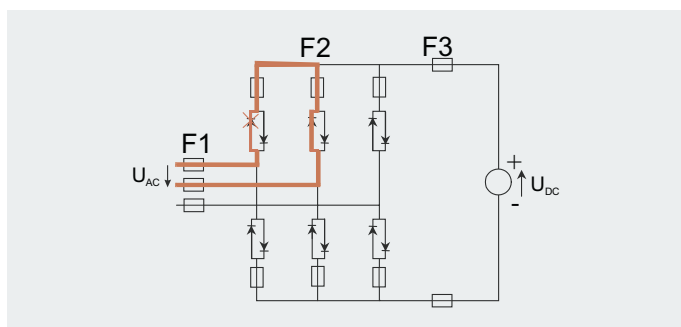
Selezione dei fusibili per la protezione dei convertitori rigenerativi DC

In linea di principio, il fusibile dovrebbe sopportare tutta la corrente continua richiesta e gli eventuali sovraccarichi previsti. Al verificarsi di un guasto dovrebbe limitare l'energia che passa attraverso il semiconduttore ad un valore che non causi danni.

Per scegliere la tensione nominale del fusibile, è necessario conoscere i tipi di guasti che potrebbero verificarsi nell'apparecchiatura.

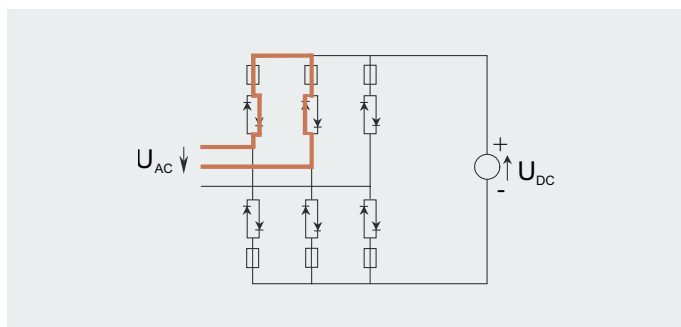
I fusibili possono essere applicati solo come fusibili F2, o come fusibili F1 + F3.

Nelle operazioni dei raddrizzatori esistono tre possibili tipi di guasti.



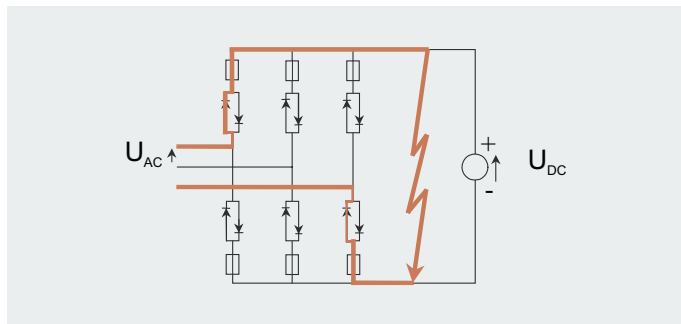
Guasto esterno

Questo guasto è causato da un tiristore che perde la sua capacità di bloccaggio, creando un corto circuito tra le due linee AC.



Guasto Cross-over

Questo guasto si verifica quando la mancata accensione di uno dei tiristori nel ponte dell'inverter provoca un cortocircuito da linea a linea AC.



Guasto esterno

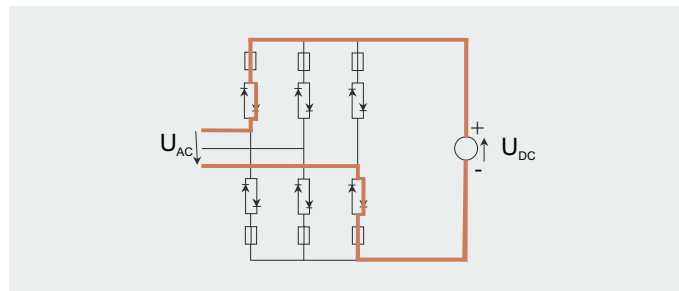
Questo guasto è causato da un corto circuito nell'uscita DC (ad esempio una scossa nel motore). La tensione di guasto applicata è nuovamente uguale alla tensione AC line-to-line.

Conclusione sulla modalità raddrizzatore

In tutti e tre i tipi di guasti, la corrente di corto circuito passerà attraverso due fusibili in serie. Questo significa che i due fusibili normalmente si aiutano a vicenda per intervenire sul guasto. Tuttavia, per la sicurezza, come minimo, la tensione nominale del fusibile U_N deve essere selezionata secondo $U_N \geq U_{AC}$ (fare attenzione alla situazione di guasto di commutazione). Quando si tratta di proteggere il semiconduttore e di calcolare I^2t , avere due fusibili in serie costituisce un vantaggio. Nel percorso di corto circuito, se la corrente presunta è molto elevata, I^2t può essere calcolata con una ripartizione quasi uguale della tensione di guasto. A livelli di corrente di guasto inferiori non è considerato sicuro usare una ripartizione di tensione totale uguale. La procedura normale consiste nell'usare 1,3 come fattore di sicurezza. Di conseguenza, i valori I^2t sono calcolati a:

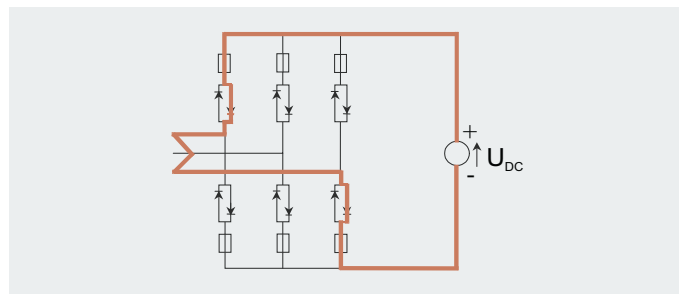
$$U_{AC} \times 0,5 \times 1,3 \sim 0,65 \times U_{AC}$$

Possono verificarsi tre tipi di guasti durante il funzionamento in modalità rigenerativa.



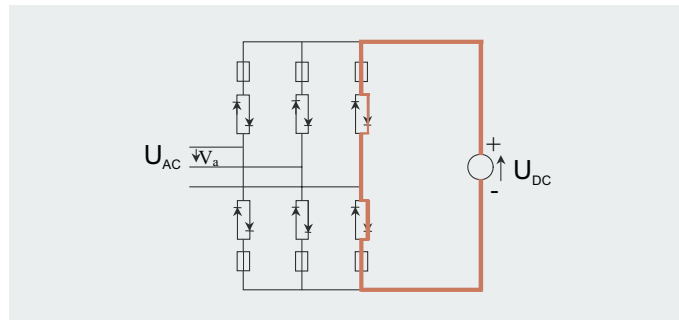
Guasto di commutazione

Questo guasto è causato da un tiristore che perde la sua capacità di bloccaggio, mentre viene attraversato da una tensione diretta line-to-line. Questo genera un corto circuito in cui la tensione AC è sovrapposta alla tensione DC.



Perdita di potenza AC

Se viene a mancare la tensione AC, si verifica un corto nel motore che funziona come generatore, attraverso il tiristore e il trasformatore.



Sbalzo DC

Questo guasto si verifica a causa della mancata accensione di uno dei tiristori e porta ad un corto circuito DC.

Conclusione sulla modalità rigenerativa

Come si può vedere dal circuito di guasto, ci saranno anche (in tutti e tre i tipi di guasto) due fusibili in serie, tuttavia la tensione di guasto differisce notevolmente.

Durante il guasto di commutazione, la tensione di guasto corrisponde alla tensione AC sommata alla tensione DC. Nel peggiore dei casi, la tensione di picco sarà circa:

$$0,8 \times 1,35 \times U_{AC} + U_{AC} \times \sqrt{2} \approx 2,5 \times U_{AC}$$

Generalmente, la tensione di guasto corrisponde alla metà dell'onda sinusoidale ad una frequenza inferiore. Ad esempio, il valore RMS della corrente di guasto sarà circa:

$$2,5 \times U_{AC} \times 1/\sqrt{2} \approx 1,8 \times U_{AC}$$

Sebbene questo tipo di guasto sia molto raro, detterà il dimensionamento della tensione per la tensione nominale del fusibile in questo sistema, ovvero la tensione nominale del fusibile deve essere in accordo con:

$$U_N \geq 1,8 \times U_{AC}$$

Se è necessario calcolare I^2t (calcolo effettuato principalmente per i guasti interni), il dimensionamento della tensione I^2t con due fusibili nello stesso percorso di corto circuito darà:

$$U_N = 1,8 \times 0,5 \times 1,3 U_{AC} = 1,2 \times U_{AC}$$

Per gli altri due tipi di guasti in modalità inverter, la tensione di guasto corrisponderà alla pura tensione DC. Normalmente la tensione massima corrisponderà a:

$$0,8 \times 1,35 \times V_{ac} = 1,1 \times U_{AC}$$

Un normale fusibile AC è in grado di funzionare in condizioni DC con alcuni limiti nella tensione dell'alimentazione, nella corrente minima di guasto disponibile e nella costante di tempo.

Si prega di fare riferimento alla sezione Applicazioni DC per i fusibili della serie Bussmann di Eaton.

Durante un guasto di sbalzo DC, le uniche impedenze all'interno del circuito si trovano nel motore e nella derivazione dell'inverter. La corrente di guasto presunta è normalmente molto elevata e la costante di tempo nel circuito è bassa (ad es. tra 10 e 25 ms). In queste condizioni, con due fusibili in serie, il valore I^2t è generalmente uguale al valore ottenuto in AC ad un livello di tensione pari a:

$$U_{DC} \times 1/\sqrt{2} = 1,1 \times U_{AC} \times 0,5 \times 1,3 \approx 0,5 \times U_{AC}$$

Per accertarsene, è necessario avere a disposizione tutti i dati del motore e delle altre impedenze del circuito.

In caso di un calo o di una perdita totale dell'alimentazione AC, le condizioni sono peggiori. Il livello della corrente di guasto può essere molto basso e l'impedenza del trasformatore fornisce costanti di tempo molto ampie.

Per suggerire fusibili in grado di funzionare in queste condizioni è necessario avere informazioni non solo sull'impedenza del motore e dell'inverter ma anche del trasformatore.

Riepilogo sulla selezione della tensione per i convertitori rigenerativi: (4Q-Service)

La combinazione della tensione di rete e della tensione di carico richiede:

Tensione del fusibile $U_N 1,8 \times U_{AC}$ (line-to-line)

Ad es.,

- Sistema da 110V : fusibile da 200V
- Sistema da 380V : fusibile da 690V
- Sistema da 690V : fusibile da 1250V

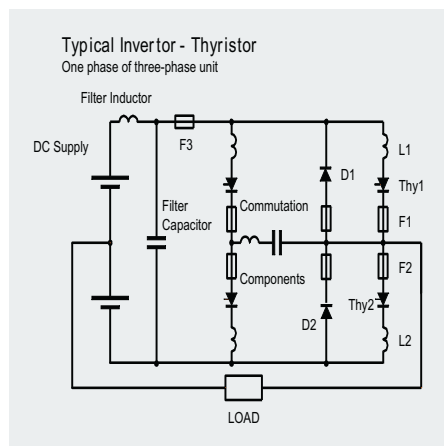
Per maggiori informazioni, si prega di contattare il dipartimento per la progettazione delle applicazioni di Eaton bulehighspeedtechnical@eaton.com

Protezione degli inverter

Esistono molti tipi di apparecchiature usati per convertire la corrente DC in corrente AC (la corrente DC può essere stata creata da un raddrizzatore di corrente AC).

Le applicazioni di questo tipo comprendono convertitori di frequenza AC a velocità variabile e gruppi di continuità (UPS).

Tutti questi inverter funzionano accendendo e spegnendo la corrente DC in una maniera predeterminata. I primi inverter che usavano i tiristori erano spesso della forma McMurray (vedi schema). Una volta accesi, i tiristori continuano a far passare la corrente fino a quando la tensione che li attraversa viene invertita usando numerosi componenti per commutare i dispositivi. Anche i tiristori di commutazione richiedevano protezione.



Anche con la protezione tramite fusibili nel circuito intermedio DC presso F3 la scelta migliore è usare un dispositivo di protezione per i tiristori presso F1 e F2. Per assicurare la protezione di questi circuiti, è essenziale usare i fusibili più rapidi disponibili (compatibili appieno con il dimensionamento della corrente) dotati di una capacità di tensione nominale DC pari perlomeno alla tensione del circuito intermedio.

La chiave per la selezione dei fusibili negli inverter consiste nel scegliere la velocità più elevata disponibile in grado di soddisfare i requisiti di dimensionamento della corrente e della tensione.

Selezione della tensione

I fusibili negli inverter devono essere dotati di una tensione nominale DC pari perlomeno alla tensione del circuito intermedio. Sebbene nella maggior parte delle condizioni di guasto ci saranno due fusibili in serie, questi non si divideranno la tensione in maniera uguale. Inoltre, in alcune situazioni di guasto la tensione sul circuito intermedio DC può superare i valori nominali di anche il 30 per cento in un periodo breve di tempo.

Selezione della corrente

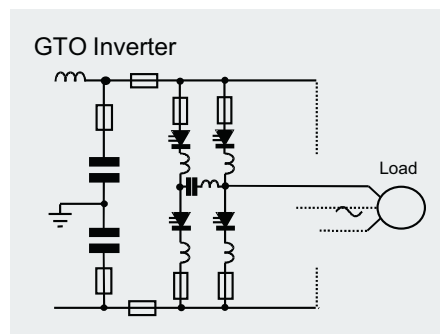
Come mostrato negli schemi dei circuiti inverter, è possibile installare i fusibili in diversi punti. Come nel caso dei circuiti dei drive DC, l'uso di fusibili o di fusibili di linea DC, genera la corrente nominale più elevata possibile e la protezione più vicina ai singoli dispositivi.

I circuiti inverter contengono componenti dotati di un'elevata frequenza, la disposizione fisica è compatta, l'effetto di prossimità può influenzare i fusibili ed è necessario scegliere valori più elevati per la capacità di portata della corrente.

Selezione I²t

A causa della grandezza della corrente di guasto proveniente dal condensatore e della bassa induttanza del circuito, il tasso di aumento della corrente può essere molto elevato. I criteri di selezione per un'I²t adatta non sono semplici, in quanto i dati del dispositivo potrebbero non essere disponibili per tempi inferiori ai 3 millisecondi e anche le informazioni sui fusibili potrebbero mancare per queste condizioni. Le prestazioni di un fusibile dipenderanno anche in gran parte dalla dimensione del condensatore, dall'induttanza del circuito e dalla tensione del circuito intermedio. La selezione che avviene scegliendo una I²t del fusibile in grado di soddisfare i requisiti di dimensionamento della corrente sarà il metodo migliore per assicurare la protezione del dispositivo. Anche se la protezione del dispositivo non è assicurata, questo metodo di selezione del fusibile limiterà di certo i danni a tutti i componenti del circuito.

Scegliere una I²t del fusibile bassa è inoltre importante specialmente se il condensatore ha valori bassi. Quando si verifica un corto circuito nell'inverter, la corrente sale velocemente ad un picco per poi decrescere, la forma d'onda è quella classica della scarica di un condensatore. È importante che il fusibile sia scattato e intervenuto prima che la tensione sul condensatore sia decaduta a un valore basso. Se il fusibile dovesse funzionare con una bassa tensione sul condensatore, il fusibile potrebbe non aver sviluppato una resistenza d'isolamento sufficiente per sopportare la tensione del circuito intermedio quando questo viene rifornito dall'alimentazione.



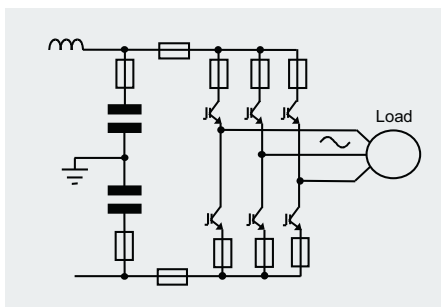
Con gli sviluppi apportati dai dispositivi GTO, è stato possibile spegnere la corrente senza usare componenti di commutazione. È importante notare che semplificando i circuiti di sgancio (accensione), è stato possibile risparmiare molto spazio e costi riducendo anche le perdite di energia.

Sebbene i dispositivi GTO siano più costosi dei tiristori, la riduzione del numero dei componenti compensa il costo maggiore. In termini di protezione, è presente una lieve differenza nei parametri per la selezione. Tuttavia, i circuiti GTO sono intrinsecamente più affidabili grazie a meno componenti di potenza da proteggere.

IGBT come dispositivo di commutazione

L'avvento dei dispositivi di commutazione IGBT ha semplificato i circuiti di comando riducendo la dissipazione dell'energia nelle sezioni di commutazione. La più elevata frequenza di switching e la facilità di comando rendono possibile un utilizzo più efficiente dell'impulso tramite tecniche di modulazione, oltre che una migliorata qualità della forma d'onda in uscita.

Inverter IGBT



Comunque, i circuiti IGBT presentano alcuni differenti problemi di protezione.

Per ridurre le perdite legate alla commutazione, le induttanze del filtro condensatore e del circuito IGBT devono essere le più basse possibile. Questo obiettivo è raggiunto tramite una disposizione su sbarre che spesso esclude la possibilità di usare fusibili.

A causa del design dell'elemento di commutazione in silicio, un modulo IGBT è in grado di limitare la corrente per un breve periodo di tempo. Inoltre, è spesso possibile rilevare correnti di guasto e spegnere il modulo IGBT prima che si verifichino danni. Tuttavia, se l'IGBT non viene spento prima che il dispositivo venga danneggiato, il silicio si scioglierà e vaporizzerà.

Con moduli IGBT in plastica, esiste un'altra modalità di guasto che si verifica prima che il silicio si scioglia. I collegamenti interni all'IGBT e agli altri componenti sono sottili cavi in alluminio. In condizioni di guasto, questi cavi si sciolgono e generano archi, causando il distacco dell'involucro del modulo dalla base. In alcuni casi, l'involucro viene danneggiato. La protezione deve quindi occuparsi di proteggere i cavi e l'involucro oltre che i dispositivi. Purtroppo, molto spesso non si dispone dei dati I^2t per i moduli IGBT.

Protezione dei circuiti dei convertitori di frequenza

Se il dispositivo IGBT o i conduttori di collegamento vengono danneggiati, i circuiti di controllo del "gate" possono essere coinvolti assieme ad un'elevata tensione e corrente del circuito. Per evitare o perlomeno limitare i danni ai circuiti di comando, nei convertitori è necessario impiegare minifusibili per la protezione dell'apparecchio con un'elevato potere di interruzione. I fusibili in vetro con un basso potere di interruzione non sono adatti a quest'applicazione.

Transistor di potenza bipolari e darlington

È difficile proteggere i transistor di potenza con i fusibili. Il transistor di potenza funziona di solito molto vicino ai suoi limiti di potenza in termini di corrente e tensione. Solo una breve escursione oltre l'area operativa sicura danneggia l'aspetto funzionale del transistor e anche i fusibili extra-rapidi non reagiscono abbastanza velocemente da proteggere il dispositivo. Tuttavia, come gli IGBT, quando si perde la funzione del transistor, la corrente è limitata solo dalla scarsa resistenza del silicio danneggiato e generando correnti molto elevate. Queste faranno sciogliere tutti i cavi di collegamento e, in caso di una configurazione compatta, faranno sciogliere anche il silicio. I derivanti archi causeranno il danneggiamento dell'involucro con risultati catastrofici. Anche se non è possibile ottenere la protezione del dispositivo utilizzando i fusibili, è essenziale utilizzarli per prevenire la rottura dell'involucro e isolare il circuito.

Esempi pratici

Le informazioni precedentemente fornite possono essere comprese meglio analizzando gli esempi su come selezionare i fusibili adatti della serie Bussmann di Eaton al fine di soddisfare i requisiti necessari.

Esempio 1 — convertitore di frequenza a tiristore DC

Informazioni di base

1. Convertitore di frequenza a velocità variabile 500 Hp
2. Motore, tensione nominale DC - 660V
3. Motore, corrente DC massima - 600A
4. Trasformatore di alimentazione 750kVA, 5 percento di impedenza.
5. Tensione dell'alimentazione - 480V RMS.
6. La protezione da sovraccarico è fornita da un circuito di limitazione della corrente (controllo diretto dell'accensione del tiristore) con una risposta di 25 millisecondi.
7. L'apparecchiatura deve funzionare ad una temperatura ambiente massima di 40°C, ventilazione a convezione.
8. Il circuito usato è un ponte tiristore trifase con un tiristore per ramo.
9. Caratteristiche del tiristore: I_t nominale 120,000 amp2sec, Resistenza alla tensione inversa di picco $U_{rrm}=1600V$.
10. Non è necessario inserire nessun dettaglio sul carico ciclico in questo esempio.

Design Semplice

Per una protezione migliore, esamineremo la protezione del dispositivo con sei fusibili (uno su ogni tiristore).

Visto che i fusibili sono solo per la protezione da corto circuiti, questo semplifica la questione del coordinamento tra I_t , la corrente di picco e i valori massimi dei fusibili per la corrente RMS. La corrente RMS massima che attraversa ogni tiristore è fornita dal fattore appropriato della configurazione del circuito, moltiplicato per la corrente di carico DC.

$$= 0,58 \times 600$$

(Fig. 5 nella sezione Circuiti tipici dei raddrizzatori)

$$= 348A$$

Dal catalogo viene selezionato un fusibile da circa 400 A del tipo fisico adatto. Per l'applicazione è richiesto un fusibile a corpo quadrato. Dalla scheda tecnica per la dimensione 00 si scelgono inizialmente fusibili da 690V e 400A. Dal grafico sulla temperatura nominale, Fig. 1 nella sezione "Dimensionamento della corrente nominale", a 40°C è necessario un declassamento del 90%. Non sono necessari altri fattori di declassamento termici.

$$0,9 \times 400 = 360A$$

Essendo al di sopra dei 348A richiesti questo valore nominale sarà adatto.

Successivamente, è necessario confermare il valore di I_t per il fusibile come inferiore alla capacità di resistenza del dispositivo.

Per il fusibile da 400 A con corpo di dimensione 00 I_t totale è pari a 125,000 a 660V. Osservando il fattore per I_t rispetto alla tensione applicata indicata nella scheda tecnica è possibile notare che I_t a 480V sarà pari a solo 0,7 il valore a 660V, o 87,500, valore ben al di sotto della resistenza del tiristore.

Un controllo al grafico della tensione di arco nella scheda tecnica conferma che la tensione di arco del fusibile pari a 1000V sarà al di sotto dei 1600V della tensione nominale del tiristore.

È quindi possibile selezionare un fusibile di tipo 170M2621, con corpo di dimensione 00, da 690V, 400A, 80mm a fissaggio centro verticale. Se la perdita di potenza dell'attrezzatura è critica e non ci sono vincoli fisici, è possibile utilizzare una soluzione alternativa.

Selezionare un fusibile con una corrente nominale superiore e usarlo ad una corrente ben al di sotto della sua capacità, causerà una diminuzione considerevole della dissipazione di potenza.

Per questo esempio possiamo scegliere un fusibile con corpo di dimensione 2 con un valore nominale di 500A. Sebbene I_t sia pari a 145,000 a 660V, questa verrà ridotta a 101,000 a 480V come descritto sopra. La dissipazione di potenza del fusibile da 400A a 348A (87 percento) viene ridotta all'80 percento dei 70 watt indicati nella scheda tecnica o 56 watt.

Se il fusibile da 500A con corpo di dimensione 2 viene usato a 348A (70 percento) i 75 watt indicati nella scheda tecnica saranno ridotti del 45 percento o di 34 watt.

Dato che vengono usati sei fusibili, il risparmio totale di energia usando fusibili fisicamente più grandi sarà di 132 watt.

Esempio 2 — Alimentazione DC con diodi ridondanti

Un raddrizzatore deve fornire un'alimentazione di 7500A, 80Vdc da una fonte a 50Hz.

Informazioni di base

1. Ponte diodo trifase, sei diodi in parallelo per ramo
2. Sovraccarico del 100 percento per 1 minuto
3. 55°C di temperatura ambiente massima. Flusso d'aria fornito pari a 4 m/s
4. Sbarre basate su 1A/mm²
5. Valori nominali diodo : A. Valore nominale intermedio massimo (convezione libera, dissipatore specificato) 1000A B. Valori nominali I_t , 10 millisecondi - 1.000.000 ²s, Tensione inversa di picco con resistenza $U_{rrm} = 500V$.
6. Massima corrente di guasto AC presunta= 125,000A RMS simmetrica

Requisiti di protezione

I fusibili devono proteggere i diodi dai guasti interni, isolando i diodi guasti senza interrompere l'alimentazione.

Dettagli di progettazione

Per proteggere quest'applicazione sono necessari fusibili per dispositivo. La corrente RMS del fusibile massima (permessa per un diodo difettoso, $n-1 = 5$; e un fattore di condivisione pari al 90 percento) Corrente di carico x fattore per il circuito del raddrizzatore / 0,9 / numero di percorsi corretti

$$7,500 \times 0,58 / 0,9 / 5 = 966A$$

Il fusibile selezionato deve avere una corrente nominale superiore a 966A dopo l'applicazione di qualsiasi altro declassamento termico - necessario a causa dell'elevata temperatura ambiente e del raffreddamento ad aria. La sbarra di collegamento da 1Amm-1 non necessita di alcuna regolazione.

Dalla sezione sul dimensionamento della corrente nominale ricaviamo i fattori $K_t = 0,85$ per la temperatura ambiente e $K_v = 1,2$ per il flusso d'aria da 4m/s.

La corrente nominale I_n del fusibile selezionato deve essere superiore a:

$$I_n \geq 966 / 0,85 / 1,2 = 947A$$

Per le applicazioni a bassa tensione, con un diodo a basso picco di tensione inversa, è necessario un fusibile della gamma British o USA a bassa tensione.

Per ottenere 950A nella gamma British di 240 volt sarebbe necessario utilizzare tre fusibili da 350A. Per evitare di usare fusibili in parallelo, è necessario scegliere un prodotto FWA. Questa è l'opzione che verrà utilizzata per le considerazioni sul sovraccarico.

Sovraccarico

Il fusibile selezionato deve inoltre essere in grado di sopportare un 100 percento extra (o il doppio del suo valore nominale) per 60 secondi, una volta al mese. Poiché si tratta solo di un sovraccarico occasionale, dovrebbe essere possibile selezionare un fusibile fino all'80% della curva tempo-corrente al tempo di funzionamento di 60 secondi. Da un altro punto di vista, il fusibile deve avere una corrente operativa superiore a:

$$966 \times 2 / 0,8 = 2415A$$

Ai 60 secondi di tempo di funzionamento, è chiaro che il fusibile FWA-1200AH è adatto all'applicazione.

Tensione dell'arco

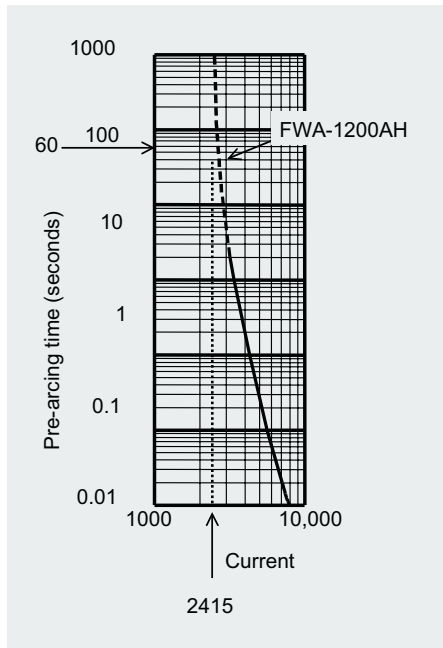
Dalla scheda tecnica del fusibile scelto, la tensione di arco pari a 190V può essere vista come inferiore alla capacità di tensione inversa di 500V dei diodi scelti.

Protezione da cortocircuito

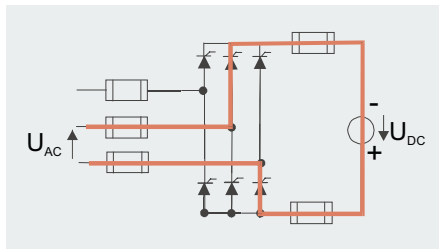
Il valore I^2t di FWA-1200AH è pari a $730.000A^2$ a 130 volt, il valore I^2t diminuirà a tensioni più basse. Dalla scheda tecnica è possibile dedurre che la diminuzione a 80 volt è del 75 per cento, ovvero $548.000A^2$.

Per assicurare la continuità dell'alimentazione quando un dispositivo subisce un guasto, il valore I^2t totale del fusibile in serie con il dispositivo guasto deve essere inferiore al valore I^2t prearco ($240.000A^2s$ ciascuno) di tutti i sei fusibili in serie con il guasto (in un ramo diverso del ponte)

Ovvero $548.000 < 6 \times 2 \times 240.000 = 8,640.000A^2$ confermando la capacità di proteggere i dispositivi suggeriti.



Esempio 3 – Applicazione in convertitori rigenerativi



Applicazione tipica

Drive ad elevata inerzia che utilizzano un motore DC 500Hp, alimentato da energia trifase di rete a 380Vac.

Per semplificare l'applicazione, diamo per scontato che le sbarre di collegamento siano scelte con valori nominali adatti compresi tra 1 e $1,6A/mm^2$.

Supponiamo che il sistema sia raffreddato ad una temperatura ambiente pari a $35^\circ C$ senza flusso d'aria supplementare.

Benché siano previsti sovraccarichi ciclici, i convertitori rigenerativi non costituirebbero una soluzione conveniente nel caso in cui il carico non venga arrestato regolarmente. Per semplificare, non includiamo in questo esempio i dettagli sul carico ciclico. Nella pratica, le regole per il carico ciclico spiegate in questa guida devono essere seguite e applicate al valore nominale della corrente e ai valori qui descritti. Un'alimentazione da 380Vac fornirà una tensione nominale DC pari a 500V da un ponte a sei impulsi.

Un motore 500 Hp da 500Vdc, sarà dotato di una corrente motore pari a circa 750A.

Il punto migliore dove inserire i fusibili sarà in serie con ogni dispositivo (dispositivo o ramo fusibili). La corrente su ogni ramo sarà pari a $0,58 \times 750 = 435A$.

Per il declassamento ambientale calcoliamo $K_t = 0,94$ rendendo la corrente nominale minima del fusibile $435 / 0,94 = 462A$. Partendo da questo dato si sceglie il valore nominale disponibile indicato più vicino. Nella maggior parte delle gamme prodotti questo sarà 500A.

Considerazione della tensione nominale

Il peggiore guasto nei convertitori rigenerativi per quanto riguarda la tensione nominale è costituito da un guasto di commutazione. È quindi necessario usare un fusibile con una tensione nominale AC pari ad almeno $1,8 \times 380 = 640V$ (consulta la sezione selezione dei fusibili per la protezione dei convertitori rigenerativi DC), in questo caso sceglieremo un fusibile da 690 volt.

La selezione del fusibile si basa inoltre sulle disposizioni di montaggio, sui vincoli fisici, sulle approvazioni necessarie, ecc.

Nota sul valore della tensione

Se il sistema del convertitore deve essere allineato alla tensione nominale standard internazionale (non ai vecchi valori) il convertitore deve essere impostato per un'alimentazione da 400Vac con la tensione DC mantenuta allo stesso livello da un controllo ad angolo di fase dei dispositivi ponte. In questo caso, l'uso di un fusibile da 690 volt non sarà adeguato e sarà necessario selezionare un fusibile con una tensione più elevata.

Appendice 1

Standard internazionali e gamma di prodotti della serie Bussmann di Eaton

Per molti anni non sono esistiti standard internazionali specifici per i fusibili extra-rapidi. Con il passare del tempo, dato che sempre più produttori hanno iniziato a occuparsi di questi fusibili, si sono diffuse una serie di disposizioni di dimensionamento comuni. I fusibili extra-rapidi stanno diventando un prodotto maturo e sono stati sviluppati degli standard internazionali per includere i metodi di prova e le dimensioni.

In Europa.

I requisiti di test previsti da BS88 Parte 4 (1976) erano gli stessi di IEC 60269-4, con dimensioni incluse per i fusibili extra-rapidi più diffusi nel Regno Unito. IEC 60269-4 trattava condizioni di test per i circuiti AC e DC più adatte ai fusibili extra-rapidi rispetto a quelle previste per i circuiti industriali. La specifica tedesca VDE 0623 Parte 23 era dedicata ai test dei fusibili extra-rapidi, le dimensioni erano incluse in DIN 43620 (la stessa dei fusibili industriali) e in DIN 43653 (fusibili a corpo squadrato europeo extra-rapidi). I fusibili cilindrici erano di solito dimensionati secondo la NF C63211 francese.

La versione più recente di EN60269-4 comprende le dimensioni di tutti i precedenti standard europei e statunitensi per i fusibili extra-rapidi e tratta anche test standardizzati per i fusibili utilizzati negli inverter a tensione (VSI). Questo standard sostituisce ora tutti gli standard precedenti.

Negli Stati Uniti

Le dimensioni comuni sono diventate una "norma industriale", ma fino all'inclusione di queste dimensioni comunemente usate in EN60269, nessuno standard pubblicato se ne occupava. I test venivano eseguiti secondo le specifiche del cliente o quando era richiesto il riconoscimento dei componenti UL, i test eseguiti erano simili a quelli previsti dalle varie specifiche UL.

Le specifiche ora definiscono le condizioni e i metodi di test. Sebbene queste condizioni siano simili, esistono lievi differenze che vanno oltre gli argomenti trattati in questa guida. La principale differenza tra le specifiche UL e IEC è costituita dai valori della tensione nominale. Questa differenza è diffusa in molte specifiche elettriche e nasce da una lunga tradizione storica. In breve, gli standard europei richiedono di testare la tensione con una tolleranza superiore alla tensione nominale dei componenti, fornendo così un margine di sicurezza. La pratica negli Stati Uniti richiede di effettuare i test al valore della tensione nominale. È quindi una pratica di progettazione comune utilizzare la tensione massima disponibile per il dimensionamento della tensione nominale dei componenti.

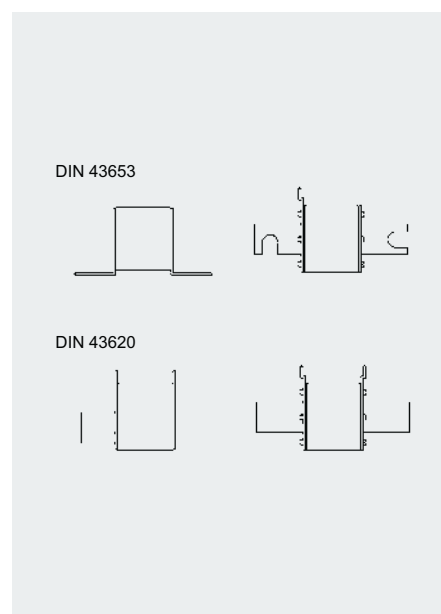
Gamma di prodotti della serie Bussmann di Eaton

Le diverse configurazioni dei fusibili derivano da diversi luoghi del mondo. Eaton produce fusibili extra-rapidi in Europa e negli Stati Uniti. Dalla fine degli anni '50, sono stati sviluppati standard nelle regioni summenzionate per i fusibili utilizzati nella protezione dei semiconduttori. Come risultato, i fusibili extra-rapidi della serie Bussmann di Eaton possono essere raggruppati in quattro categorie di standard mondiali:

- Standard Europeo — Corpo squadrato
- Standard Europeo — Corpo cilindrico BS88 (Standard del Regno Unito)
- Stile statunitense — Tipo a coltello e con contatto terminale a filo
- Fusibili a puntalino — Cilindrici

Standard europeo

In Europa, fuori dal Regno Unito, due tipi di montaggio hanno dimostrato di essere i preferiti nelle applicazioni che richiedono fusibili extra-rapidi: i fusibili a coltello e le versioni con contatto terminale a filo.



Fusibili a coltello

In Europa, due standard tedeschi per il montaggio dei fusibili affrontano la maggior parte degli stili normali per i fusibili extra-rapidi della serie Bussmann di Eaton. Sono:

- Lo stile DIN 43620 viene utilizzato per i fusibili gG (precedentemente definiti gL). Questo viene utilizzato anche per i fusibili extra-rapidi. Tuttavia, le parti dei fusibili extra-rapidi raggiungono generalmente temperature molto elevate durante il funzionamento continuo rispetto ai normali fusibili gG. Come risultato, i fusibili extra-rapidi in stile DIN 43620 non possono ottenere valori nominali sufficienti senza violare i limiti di temperatura del loro portafusibile. Per risolvere questo problema si utilizzano coltelli forati per il montaggio dei fusibili direttamente sulla sbarra di collegamento.
- Lo standard DIN 43653 è stato pubblicato nel 1973 e offriva la possibilità di montare i fusibili direttamente sulla sbarra di collegamento. Allo stesso tempo sono comparsi nuovi tipi di portafusibili. Per i valori di tensione più comuni, fusibili con coltelli conformi a DIN 43653 avranno sempre un fissaggio a centro verticale di 80 o 110 mm.

Fusibili con contatto terminale a filo

Così come lo stile DIN 43653, così lo stile di fusibili con contatto terminale a filo ha dimostrato di essere un tipo di fusibile molto efficiente e popolare. Questo a causa della flessibilità nell'installazione. Questo stile viene spesso scelto in quanto caratterizzato dalla portata di corrente più efficiente tra tutti i tipi di fusibili. Si tratta ora di uno stile industriale standard compreso nella norma IEC 60269-4-1.



Standard British — BS88

Non sorprende che questo tipo di montaggio si sia diffuso soprattutto, ma non esclusivamente, nel Regno Unito e nei paesi del Commonwealth britannico. Inoltre, i produttori del Nord America hanno iniziato a specificare fusibili in stile British - in particolare per applicazioni come le apparecchiature UPS con tensioni pari o inferiori a 240V. Questo design offre diversi vantaggi: dimensioni, prestazioni e costo. Impiegare le dimensioni indicate nello standard BS88 per i fusibili extra-rapidi, che non sono fisicamente intercambiabili con i fusibili industriali dello stesso standard, ha dimostrato di essere una soluzione molto popolare e competitiva in termini di costi per le applicazioni dei fusibili extra-rapidi.



Stile US — Tipo a coltello e con contatto terminale a filo

Nel corso degli anni, il mercato nordamericano ha sviluppato un proprio stile di montaggio per i fusibili extra-rapidi. Sebbene non esista ancora uno standard pubblicato per questi, l'industria ha standardizzato i centri di montaggio che accettano i fusibili della serie Bussmann di Eaton.

I fusibili in stile US somigliano da molti punti di vista ai fusibili in stile europeo. Vengono entrambi prodotti in versioni a coltello o a contatto a filo, ma esistono due principali differenze: i fusibili in stile US sono realizzati con tubi in fibra minerale. I centri di montaggio dei fusibili in stile US variano in base alla tensione e alla corrente nominale del fusibile.



Fusibili cilindrici

Spesso definiti fusibili a puntalino, si tratta di un tipo di fusibili usati e accettati a livello internazionale. I fusibili prodotti da Eaton hanno nella maggior parte dei casi dimensioni conformi allo standard IEC 60269. Le dimensioni standard sono 10x38mm, 14x51mm, e 22x58mm, Eaton fornisce portafusibili modulari compatibili. Questi fusibili si sono dimostrati molto popolari per le applicazioni con valori nominali fino a 660V/100A, grazie alla loro facile installazione.



Appendice 2

Sistema di riferimento per i fusibili

A causa delle numerose varietà di fusibili extra-rapidi disponibili nella serie Bussmann di Eaton, il sistema di riferimento è complesso. L'uso di un particolare sistema di riferimento in Europa al di fuori del

Regno Unito, di un altro nel Regno Unito e di un terzo negli Stati Uniti è diventato un dato di fatto. In diverse occasioni si è parlato di modificare tutti i riferimenti e sostituirli con un sistema unico. Tuttavia, tutti i sistemi

sono in uso da lungo tempo e i riferimenti sono così ben conosciuti nei rispettivi mercati per particolari stili che si è deciso di conservare i sistemi esistenti.

Di seguito viene descritto il sistema di riferimento per i componenti della serie Bussmann - tipo per tipo.

Sistema di riferimento per i fusibili extra-rapidi europei

Un tipico fusibile della nostra gamma europea potrebbe avere un riferimento simile a 170M3473. Questo riferimento non fornisce tuttavia informazioni sulla valutazione o sul montaggio del fusibile. In questo caso, l'utente dovrà innanzitutto conoscere i valori nominali, tuttavia anche il tipo di montaggio è un argomento d'interesse. Utilizziamo quindi una descrizione del tipo per determinare lo stile del fusibile in questione. I fusibili conformi alla norma tedesca DIN 43620 sono sempre elencati per tipo. Ad esempio, DIN 3, DIN 00, etc. Per altri fusibili, in conformità a DIN 43653, ad esempio nel caso dei fusibili a filo o di tipo speciale, la descrizione rivelerà il tipo effettivo in questione. Per il riferimento di cui sopra, la denominazione del tipo sarà la seguente:

1*BKN/50

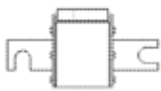
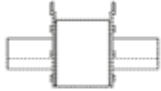
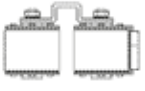

Abbiamo creato la seguente linea guida generale per interpretare questo codice identificativo del tipo, questa è valida per la maggior parte dei fusibili europei.

Primary Code Pos. 1	Optional Pos. 3	Indicator type Pos. 5	Centre distance Pos. 7
1*	B	K	N / 80
Pos. 2 Body size	Pos. 4 Mechanical fixing	Pos. 6 Indicator position	

Le tabelle seguenti mostrano le varie opzioni per tutti i caratteri contenuti nel codice identificativo del tipo:

Posizione 1 – Codice primario

Il codice primario può essere uno dei seguenti valori:

None	DIN 43653 or other style	3KN/110	
DIN	DIN 43620	DIN 3	
2//	Two fuses in parallel connected with fish joint	2//3BKN/100	
2	Two fuses in parallel integrated between plates	24BKN/85	


Posizione 2 – Dimensione del corpo fusibile

0000	17x17mm	0000U/80
000	21x36mm	000/80
00	30x47mm	DIN 00
0	35x45mm	0S/55
1*	45x45mm	1*BKN/90
1	53x53mm	DIN 1
2	61x61mm	2TN/110
3	76x76mm	2//3SBKN/55
4	105x105mm	4PKN/150
4+	115x115mm	24+BKN/55
5	159x159mm	5BKN/65

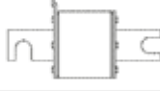
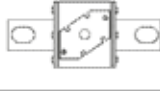
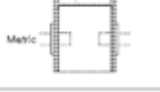
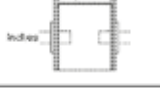


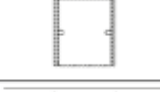



Posizione 3 – Opzionale

Nel corso degli anni, Eaton è diventata un fornitore in grado di adattarsi alle esigenze dei clienti. Pertanto, molti fusibili personalizzati e speciali fanno ora parte della nostra offerta. La posizione 3 nel codice del tipo potrebbe quindi essere una S per speciale. Per tutti i riferimenti di questo genere, si prega di contattare Eaton per ottenere un disegno meccanico se non già disponibile.

S	Customised fuse	2SKN/210	
---	-----------------	----------	---

Posizione 4 – Fissaggio meccanico

None	Slotted blade type DIN 43653	2TN/110	
F	US or BS 88 blade style	1*EKE/78	
B	Flush-end version – metric thread	3BKN/50	
G	Flush-end version – US thread	1GKN/50	
D	Double bolt, flush-end version – metric	3DKN/65	
E	French style blades	1EKN/86	
P	Press pack	3PKN/85	
H	Blade, without slots (not DIN 43620)	3SHT	

Posizione 5 – Tipo di indicatore

Spesso i fusibili sono dotati di un qualche tipo di indicatore che mostra se il fusibile è intervenuto. Alcuni indicatori sono integrati e alcuni devono essere installati esternamente. Facoltativamente possono azionare microinterruttori per la segnalazione remota. Nella posizione 5 del riferimento, dedicata all'indicatore, sono disponibili le seguenti opzioni standard:

None	Standard visual indicator	1/80	
U	No indicator	2U/110	
K	Adaptor type indicator mounted on the fuse prepared for microswitch	3KN/100	
T	Tag-type indicator prepared for microswitch	2TN/110	

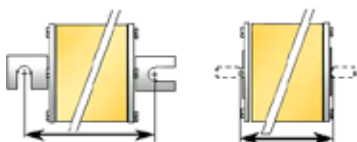
Posizione 6 – Posizione dell'indicatore

La posizione dell'indicatore può variare da fusibile a fusibile. Il montaggio standard è la cosiddetta posizione N (Nord) e le posizioni alternative sono E (Est), W (Ovest) e S (Sud):

(European Projection)			
N	North position (standard fixation)	2KN/110	
E	East position	1FKE/78	
W	West position	2KW/110	
S	South position	2SKS/110	

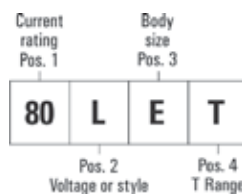
Posizione 7 – Distanza centro

Indica la distanza del centro per il montaggio o la lunghezza complessiva dei fusibili con contatti a filo in millimetri.



Sistema di riferimento per Ifusibili extra-rapidi BS88

Da quando i fusibili sono stati prodotti per la prima volta nelle dimensioni diventate standard in BS88 Parte 4, la tecnologia dei fusibili è migliorata. È ora possibile fabbricare fusibili con una varietà di caratteristiche di funzionamento. In queste dimensioni i fusibili extra-rapidi della serie Bussmann di Eaton sono disponibili con due velocità di intervento. La gamma T e la gamma F. I fusibili possono essere selezionati secondo i seguenti codici.



Gamma T

Posizione 1 – Corrente nominale

Il valore della corrente continua in ampere.

Posizione 2 – Tensione o stile

L	Voltage rating 240 volts. Fixings as BS 88 part 4	80LET	
A	Voltage rating 660 volts. Fixings 80mm	80AET	
C	Voltage rating 660 volts. Fixings 110mm	250CMT	
None	Voltage rating 660 volts. Fixings as BS 88 part 4	20CT	

Posizione 3 – Configurazione del corpo

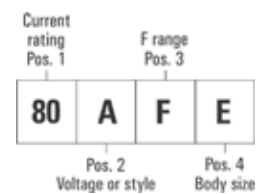
In BS88 Parte 4, i fusibili sono dotati di tre diametri. Eaton indica il diametro del fusibile con una lettera in posizione 3. Per ottenere valori di corrente supplementari per i fusibili, è possibile mettere due fusibili in parallelo. Eaton fornisce fusibili di questo tipo, per indicare che si tratta di fusibili a doppia canna, viene ripetuta la lettera che indica il diametro.

C	8.4mm	6CT	
E	18mm	35LET	
M	38mm	315LMT	
EE	2 x 18mm	140EET	
MM	2 x 38mm	710LMMT	

Posizione 4 – Gamma T

I fusibili della serie Bussmann di Eaton gamma T sono contrassegnati dalla lettera T in questa posizione. Alcuni fusibili per usi speciali in dimensioni "standard" o con disposizioni di fissaggio speciali possono essere contrassegnati da una lettera diversa in questa posizione. Contattare Eaton per ulteriori dettagli. Ad esempio, 80LET corrisponde ad un fusibile da 80 amp, 240 volt con un diametro di 18 mm. 160AET corrisponde ad un fusibile da 160 amp, 660 volt con due canne del diametro di 18mm e montature da 80mm.

Gamma F



Posizione 1 – Corrente nominale

Il valore della corrente continua in ampere.

Posizione 2 – Tensione o stile

A	Voltage rating 660 volts. Fixings 80mm	20AFE	
C	Voltage rating 660 volts. Fixings 110mm	250CFM	
No mark	Voltage rating 660 volts. Fixings as BS 88 part 4	80FE	

Posizione 3 – Gamma F

I fusibili della serie Bussmann di Eaton gamma F (più rapidi della gamma T) sono contrassegnati da una F in questa posizione.

Posizione 4 – Configurazione del corpo

In BS88 Parte 4, i fusibili sono dotati di tre diametri. Eaton indica il diametro del fusibile con una lettera in posizione 4. Per ottenere valori di corrente supplementari per i fusibili, è possibile mettere due fusibili in parallelo. Eaton fornisce fusibili di questo tipo, per indicare che si tratta di fusibili a doppia canna, viene ripetuta la lettera che indica il diametro.

C	8.4mm		
E	18mm	35FE	
M	38mm	200FM	
EE	2 x 18mm	180FEE	
MM	2 x 38mm	630FMM	

Ad esempio, 80FE corrisponde ad un fusibile da 80 amp, 660 volt con un diametro di 18 mm.

Sistema di riferimento USA per i fusibili extra-rapidi

Così come i fusibili a corpo squadrato o cilindrico europei, anche i fusibili USA sono dotati di codici di riferimento descrittivi. Mentre negli Stati Uniti non esiste uno standard riconosciuto per le dimensioni dei fusibili extra-rapidi, esistono degli standard industriali accettati che i fusibili della serie Bussmann di Eaton rispettano.

Le tabelle seguenti mostrano le varie opzioni per tutti i caratteri contenuti nel codice identificativo del tipo.

Fusibili standard – Tipo FW

I fusibili possono essere selezionati usando i seguenti codici:

Primary Code Pos. 1		Current rating Pos. 3	Fixing style Pos. 5
FW	X -	1000	A H I
	Pos. 2 Voltage rating		Pos. 4 Technical revision
			Pos. 6 Indicator type

Posizione 1 – Codice primario

Tutti i fusibili extra-rapidi della serie Bussmann di Eaton stile USA nel programma standard sono contrassegnati dal prefisso FW.

Posizione 2 – Tensione nominale

La tensione nominale AC del fusibile.

L	130 o 150	FWA-80A
X	250	FWX-1A14F
H	500	FWH-175B
C	600	FWC-12A10F
P	700	FWP-15A14F
K	750	FWK-5A20F
J	1000	FWJ-20A14F
L	1250	FWL-20A20F
S	1500	FWS-15A20F

Posizione 3 – Corrente nominale

Nel caso dei fusibili extra-rapidi della serie Bussmann di Eaton, questa è generalmente la corrente nominale continua.

Posizione 4 – Revisione tecnica

Eaton si dedica al miglioramento dei suoi prodotti. La serie Bussmann di Eaton gamma FW rappresenta un consolidamento dopo diverse acquisizioni. Quando questo avviene, è necessario distinguere ciascuna revisione tecnica senza alterare i codici di riferimento esistenti. Come per il settore dei semiconduttori, Eaton utilizza un codice a lettere per questo scopo. Per ragioni tecniche, potrebbe essere necessario mantenere più di una di queste revisioni per alcune applicazioni, la maggior parte delle applicazioni dovrebbe tuttavia usare la versione più recente.

Nessuna marcatura	La prima versione del prodotto	
A, B, C ecc.	La versione più recente migliorata	FWP-10B

Posizione 5 – Stile del fissaggio

La maggior parte dei fusibili FW sono dotati di coltelli centrali con fori per il montaggio. Tuttavia, sono diffuse anche versioni con fissaggio a filo (spesso chiamate hockey puck) e tipi cilindrici o a puntalino.

Empty	Standard blade	FWX-90A	
H	Flush end fixings – UNC thread	FWX-1000AH	
BB	Flush end fixings – metric thread	FWA-2000ABB	
**F	Cylindrical bladeless (ferrule) where ** is the diameter in mm of the end cap	FWH-30A6F FWC-20A10F FWH-30A14F FWA-35A21F FWP-100A22F FWK-25A20F FWK-60A25F	

Nota: quando è presente una F in posizione 5, la prima versione del prodotto sarà designata da una A

Posizione 6 – Tipo di indicatore

In versione standard, i fusibili FW non sono dotati di indicatore visivo del funzionamento del fusibile.

Vuoto	Prodotto Standard
I	Tipo esterno aggiuntivo TI indicante un fusibile compatibile anche con microinterruttore di tipo MA (consulta accessori stile BS)
SI	Segnalazione tramite indicatore esterno compatibile anche con microinterruttore 170H0069

Fusibili speciali - Tipi SF e XL

Oltre ai fusibili standard FW, Eaton offre fusibili per usi speciali con versioni dotate di una maggiore velocità come alternativa ad alcuni fusibili della gamma FW. Questi fusibili possono essere selezionati usando i seguenti codici.

Primary code Pos. 1	Style Pos. 3	Technical revision Pos. 5	Indicator type Pos. 5
SF	75	X	1000
Pos. 2 Voltage rating	Pos. 4 Current rating	Pos. 6 Fixing style	

Posizione 1 – Codice primario

I fusibili extra-rapidi statunitensi per usi speciali della serie Bussmann di Eaton sono designati dai prefissi SF o XL.

Posizione 2 – Tensione nominale

Generalmente questa corrisponde a un decimo della tensione nominale AC del fusibile. Per i fusibili per usi speciali, si prega di controllare con il dipartimento per la progettazione delle applicazioni di Eaton bulehighspeedtechnical@eaton.com.

Posizione 3 – Stile

F	Prestazioni ad alta velocità. Questo significa anche ottime prestazioni per la tensione DC.
X	Velocità lenta, spesso per applicazioni di trazione

Questa è solo un'indicazione delle lettere usate, potrebbero comparirne altre.

Posizione 4 – Corrente nominale

Nei fusibili extra-rapidi questa è generalmente la corrente nominale continua. Per i tipi speciali, questa posizione potrebbe essere solo un'indicazione delle funzionalità, in quanto molte di queste designazioni sono concordate con gli OEM per applicazioni speciali.

Posizione 5 – Revisione tecnica

Eaton si dedica al miglioramento dei suoi prodotti. Quando questo avviene, è necessario distinguere ciascuna revisione tecnica senza alterare i codici di riferimento esistenti. In comune con il settore dei semiconduttori, Eaton usa un codice a lettere per questo scopo. Per ragioni tecniche, potrebbe essere necessario mantenere più di una di queste revisioni per alcune applicazioni, la maggior parte delle applicazioni dovrebbe tuttavia usare la versione più recente.

Nessuna marcatura	La prima versione del prodotto
A, B, C ecc.	La versione più recente migliorata

Posizione 6 – Stile del fissaggio

La maggior parte dei fusibili SF e XL sono dotati di coltelli centrali con fori per il montaggio.

Vuoto	Coltello standard
HP	Montaggio a filo — filettatura imperiale
BB	Montaggio a filo — filettatura metrica
altri	Concordato con gli OEM

Posizione 7 – Indicatore

Vuoto	Prodotto Standard
I	Tipo esterno aggiuntivo TI indicante un fusibile compatibile anche con microinterruttore di tipo MA (consulta accessori stile BS)
M	Microinterruttore integrato

Appendice 3

Installazione, assistenza, manutenzione, problemi ambientali e di stoccaggio

I fusibili extra-rapidi sono molto sofisticati e richiedono la dovuta attenzione per una corretta installazione e manutenzione. Questo assicurerà prestazioni affidabili per tutta la durata del fusibile. Questa sezione affronterà le seguenti questioni specifiche e generali:

- Coppia di serraggio e pressione di contatto.
- Allineamento di montaggio.
- Materiali della superficie dei contatti.
- Resistenza alle vibrazioni e agli shock
- Assistenza / manutenzione
- Questioni ambientali

Coppia di serraggio e pressione di contatto

I fusibili extra-rapidi sono dispositivi elettromeccanici. Il loro corretto funzionamento dipende dalla qualità dei contatti tra il fusibile e i cavi di collegamento / le sbarre di collegamento o tra il fusibile e il portafusibili. Questo non è solo importante per instaurare un corretto contatto elettrico, ma anche perché i fusibili extra-rapidi generano molto calore che viene parzialmente rimosso per conduzione dai collegamenti del fusibile. Un collegamento termico di cattiva qualità genererà un surriscaldamento del fusibile e ne ridurrà la durata. È quindi importante applicare la giusta coppia di serraggio durante il montaggio dei fusibili.

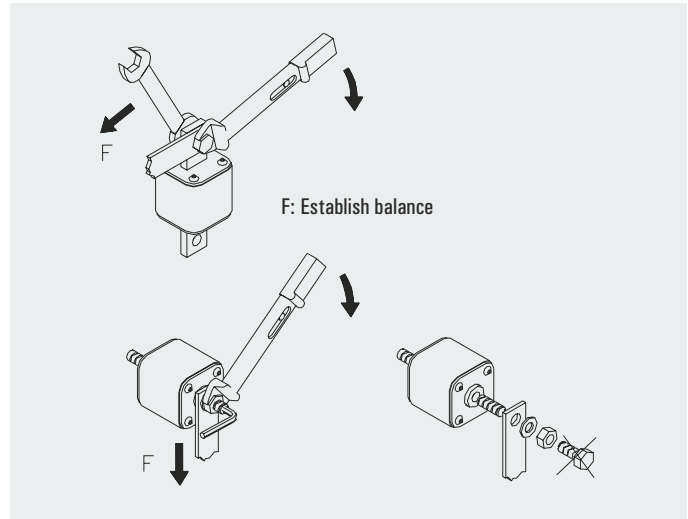
Fusibili con contatti terminali a filo

Per tutti i tipi di fusibili a filo Eaton raccomanda viti a bussola in acciaio di grado 8.8 conformi a IS 4026/DIN 913 o ISO 4029/ DIN 916. I perni devono essere stretti con attenzione applicando una coppia di 5-8Nm. Di regola, la coppia dei dadi si riferisce alla dimensione del foro filettato nel contatto del fusibile. La Eaton raccomanda una chiave dinamometrica calibrata con una tolleranza massima del $\pm 4\%$. La seguente tabella fornisce le coppie di serraggio per raccomandate per i dadi:

Dimensione / Tipo	Foro filettato		Coppia	
	mm	pollici	N•m*	N•m**
00B	M8		20	10
1*B – 1*G	M8	$\frac{5}{16}$	20	10
1B – 1G	M8	$\frac{5}{16}$	20	10
2B – 2G	M10	$\frac{3}{8}$	40	20
3B – 3G	M12	$\frac{1}{2}$	50	40
23B – 23G	2 × M10	2 × $\frac{3}{8}$	40	20
4B – 4G	4 × M10	4 × $\frac{3}{8}$	40	20
24B – 24G	3 × M12	3 × $\frac{1}{2}$	50	40
5B – 5G	5 × M12	5 × $\frac{1}{2}$	50	40
FWX, FWA, KBC		$\frac{3}{8}$	40	20

* Filettatura non lubrificata.

** Filettature lubrificate (con Rhodorsil Paste 4, ecc.)



Tipi speciali con contatti terminali a filo

I tipi speciali quali 4SB o 24SB hanno normalmente fori filettati con solo un'estremità e una flangia sull'altro per il montaggio su sbarre di collegamento raffreddate ad acqua. In questi casi, i perni delle viti e i bulloni dei fori filettati usano i valori contenuti nella tabella sulle coppie di serraggio mentre nel caso in cui la flangia sia montata su sbarre di collegamento, si utilizza una coppia pari a 50N•m.

Fusibili con coltelli a contatto

Generalmente questo tipo di fusibili derivano da due gruppi principali. I fusibili con coltelli scanalati come previsto da DIN 43653 per il montaggio diretto su sbarre di collegamento o in speciali portafusibili e fusibili con coltelli solidi come previsto da DIN 43653 per il montaggio su portafusibili a molla.

DIN 43653 – su sbarre

I fusibili per il montaggio su sbarre devono essere stretti con i bulloni/ perni, dadi e rondelle più grandi possibile. Si raccomanda di utilizzare le rondelle. I bulloni/perni devono essere stretti con una coppia adatta alla loro dimensione e alla resistenza alla trazione. Per esempio, M8 Tipo 8.8 30Nm (con lubrificante) o 50Nm (senza lubrificante).

DIN 43653 — nei porta fusibili

I fusibili montati su portafusibili realizzati specificamente devono essere stretti secondo la specifica del produttore.

La coppia di serraggio massima per alcuni portafusibili della serie Busmann di Eaton è fornita di seguito:

Riferimento	Coppia N•m*	
	Bulloni per portafusibili	Bulloni per cavi / fusibili
170H1007	4 (M6)	
170H3003 – 170H3006**	10 (M8)	
	Coppia lb-in	
	Vite di fermo del conduttore	Bullone per il montaggio del fusibile
1BS101	120	70
1BS102	275	120
1BS103	275	170
1BS104	375	170
BH-1,2,3	-	-

$$1 \text{ lb-in} \times 0,11298 = 1 \text{ N}\bullet\text{m}$$

* Filettatura lubrificata con Rhodorsil Paste 4 (Rhône- Poulenc), ecc.

** Per i portafusibili 170Hxxxx i valori sopracitati possono essere incrementati del 25 per cento se non ci sono parti in plastica soggette a pressione.

DIN 43620

Questo tipo di portafusibili è dotato di una o più molle per fornire la corretta pressione di contatto quando il fusibile è installato. Non vengono indicate raccomandazioni per il serraggio. Quando si installa il portafusibili 170H3040-47 della serie Busmann di Eaton, utilizzare una coppia di serraggio massima pari a 10Nm per montarlo sull'attrezzatura.

Fusibili compatti

Alcuni dei semiconduttori più comuni possono essere montati impilati con una forza di serraggio applicata. È disponibile una gamma di fusibili compatti con corpo di tipo 3P e 4P che permette all'utente di ridurre il numero di componenti necessari. Questo è possibile fissando il semiconduttore e il fusibile insieme in un quadro con raffreddamento ad acqua in una disposizione di montaggio singola. La forza di serraggio massima che un fusibile può sostenere dipende da molti fattori quali:

- La lunghezza e l'area di sezione trasversale del corpo del fusibile
- Gradiente di temperatura tra i contatti del fusibile
- Condizioni del carico elettrico

Quando si fissa un fusibile in un'applicazione, è necessario considerare tre requisiti.

1. La forza di serraggio massima per un fusibile compatto non deve superare il valore indicato (si prega di consultare la tabella riportata di seguito) in quanto questo può danneggiare il corpo in ceramica,
2. Per assicurare un contatto elettrico e termico sicuro tra il contatto del fusibile e il quadro con raffreddamento ad acqua o la sbarra di collegamento, è necessario applicare una forza minima pari a 2N/mm²all'area di contatto del fusibile.
3. Una forza massima pari a 15N/mm² può essere applicata all'area di contatto minima del fusibile, al fine di garantire una pressione sicura del contatto termico. (Si prega di notare che la pressione totale non deve superare i valori indicati nella tabella sottostante).

I valori esemplificativi della forza di serraggio massima sono riportati nella tabella sottostante.

Grandezza	Raffreddamento da un lato kN	Raffreddamento da due lati kN
3P/55	22	30
4P/60	40	50
3P/80	30	40
4P/80	50	60

Note: Una forza di serraggio superiore può essere ammissibile e applicata ad alcuni fusibili compatti, si prega di consultare il team per la progettazione delle applicazioni di Eaton: bulehighspeedtechnical@eaton.com.

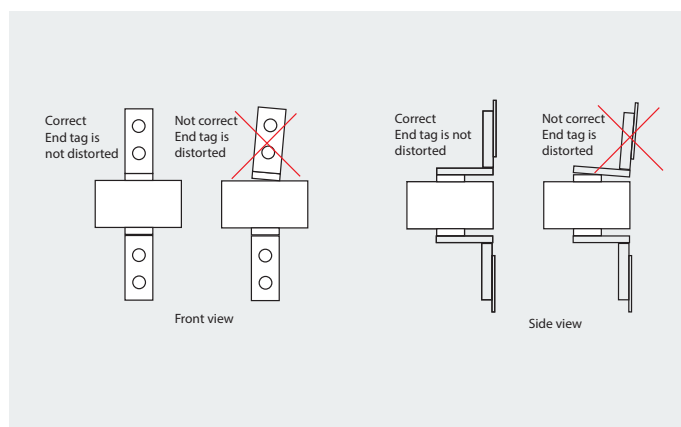
Se un fusibile compatto è raffreddato ad acqua ad una delle sue estremità e non all'altra, ci sarà una differenza tra le temperature alle estremità di contatto. Se la differenza tra le temperature è superiore a 55K, i valori di serraggio elencati nella tabella precedente non sono validi. Per i fusibili con raffreddamento ad acqua ad entrambe le estremità, la differenza di temperatura tra i contatti del fusibile è trascurabile e i valori elencati nella tabella precedente sono validi.

Eaton produce anche fusibili compatti con doppio corpo (24B e 24+B). Si prega di contattare il team Eaton per la progettazione delle applicazioni (bulehighspeedtechnical@eaton.com) quando si utilizza questo tipo di fusibile nella propria applicazione.

Allineamento di montaggio

I fusibili extra-rapidi della serie Bussmann di Eaton sono generalmente forniti pronti per l'installazione.

I fusibili non devono essere usati come isolatori di montaggio. Bisogna evitare tensioni, compressioni e coppie eccessive dovute al disallineamento tra fusibile e sbarre di collegamento (vedi esempio sotto). Se possibile, il montaggio dovrebbe iniziare con il fusibile seguito dalla necessaria regolazione e dall'utilizzo della tolleranza dei componenti delle sbarre.



Materiale della superficie

Le parti in metallo conduttore dei fusibili extra-rapidi della serie Bussmann di Eaton sono generalmente placcate per conservare condizioni superficiali accettabili. Lo stagno è il materiale più comune utilizzato oggi nei contatti dei fusibili.

Contatti placcati in stagno

	Concentrazione - Durata PPM - h	Conforme agli standard
H ₂ O	12,5ppm - 96h	IEC 68-2-43 Kd
SO ₂	25ppm - 504h	IEC 68-2-42 Kd

La maggior parte delle superfici di contatto dei fusibili della serie Bussmann di Eaton sono dotate di elettroplaccatura con uno strato di stagno da 5µm. Questa placcatura fornisce un'eccellente interfaccia elettrica e termica con portafusibili o cavi/barre di rame puro o rame/alluminio placcato con stagno/nichel o argento.

Molti test e più di 30 anni di esperienza hanno dimostrato che una superficie placcata in stagno, nichel o argento è meccanicamente ed elettricamente stabile lungo l'intera gamma di temperatura dei fusibili extra-rapidi (aumento di temperatura massimo tipico pari a 130°C).

Resistenza alle vibrazioni e alle scosse

I fusibili extra-rapidi non devono essere sottoposti ad eccessive vibrazioni. Tuttavia, i fusibili extra-rapidi standard sono in grado di sopportare vibrazioni pari a un massimo di 5g per un periodo di tempo lungo e di 7 g per periodi brevi (scosse). Prima di adottare i fusibili in applicazioni in cui sono presenti vibrazioni più forti, si prega di consultare gli specialisti Eaton per la progettazione delle applicazioni: bulehighspeedtechnical@eaton.com

Assistenza e manutenzione

I punti elencati di seguito devono essere osservati e controllati durante la manutenzione degli armadi e dei quadri elettrici.

1. Controllare le coppie di serraggio ed esaminare i corpi in ceramica dei fusibili per individuare eventuali crepe visibili. Stringere o sostituire a seconda delle necessità.
2. Controllare gli indicatori dei fusibili. In caso dell'intervento di un fusibile, sostituire tutti i fusibili aperti E non aperti che sono stati soggetti alla stessa corrente di guasto o a parte di essa. Anche la resistenza (W) dei fusibili non aperti è inalterata, i fusibili potrebbero essere stati danneggiati dalla corrente di guasto e devono essere sostituiti per evitare falsi interventi.

Questioni ambientali

Generalmente, i fusibili extra-rapidi sono realizzati nei seguenti materiali di base:

- Ceramica
- Fibra di vetro
- Argento
- Rame
- Ottone
- Acciaio
- Sabbia di silice

Gli accessori come i microinterruttori e i portafusibili sono in parte realizzati in diversi materiali plastici. Per ulteriori informazioni sui materiali di costruzione dei fusibili si prega di contattare il team di Eaton per la progettazione delle applicazioni: bulehighspeedtechnical@eaton.com.

Stoccaggio

I fusibili devono essere conservati nelle loro confezioni originali in condizioni di magazzino adatte ai prodotti elettromeccanici (assenza di sporco e polvere). Le condizioni di stoccaggio prevedono un'umidità non superiore al 70 per cento e una temperatura compresa tra -40°C e +85°C.

Appendice 4

Glossario

I²t di arco

Il valore di I²t durante il tempo di arco in condizioni specifiche.

Amp (Ampere)

La misura dell'intensità del tasso di flusso di elettroni in un circuito elettrico. Un ampere è la quantità di corrente che passerà attraverso una resistenza di un ohm ad una pressione di un volt.

Amperaggio nominale

La portata di corrente di un fusibile Viene fornita in ampere RMS (corrente efficace, definita anche valore effettivo)

I²t , Amp al quadrato secondi

La misura dell'energia termica sviluppata in un circuito durante il funzionamento del fusibile. I sta per corrente passante effettiva (RMS), al quadrato e t sta per tempo di apertura, in secondi. Può essere espressa come I²t, di fusione, I²t di arco o come la loro somma: I²t di intervento.

Tempo di arco

La quantità di tempo dall'istante in cui il fusibile si è fuso fino a quando la sovracorrente è interrotta in modo sicuro (eliminata).

Tensione di arco

Questa è la tensione che si verifica tra i terminali di un fusibile durante il funzionamento. La dimensione della tensione dell'arco per un dato fusibile dipende dalla tensione dell'alimentazione.

Potere di intervento / Range dell'intervento / Capacità di intervento

Il valore massimo della corrente presunta, della RMS simmetrica che un fusibile è in grado di interrompere nelle condizioni indicate.

Classi di fusibili

Gli standard nazionali e internazionali hanno sviluppato specifiche fisiche di base e requisiti per le prestazioni elettriche per i fusibili con valori di tensione che riguardano paesi specifici.

La classe dei fusibili fa riferimento alle caratteristiche di intervento progettate del fusibile. La seguente classe dei fusibili rintracciabile in IEC 60269 si applica ai fusibili extra-rapidi.

- aR - Capacità d'interruzione parziale (solo protezione da cortocircuito) per la protezione dei semiconduttori di potenza (categoria d'uso IEC).

Altre classi sono:

- gG (gL) — Capacità di interruzione completa (protezione da sovraccarico e cortocircuito) per applicazioni generali (categoria di utilizzo IEC).
- gM — Capacità d'interruzione completa (protezione da sovraccarico e cortocircuito) per la protezione dei circuiti motore (categoria d'utilizzo IEC).
- aM — Capacità d'interruzione parziale (protezione solo da cortocircuito) per la protezione dei circuiti motore (categoria d'utilizzo IEC).
- gR — Capacità d'interruzione completa (protezione da sovraccarico e cortocircuito) per la protezione dei semiconduttori di potenza (in fase di regolamentazione)
- gPV — gPV – Capacità d'interruzione completa (protezione da sovraccarico e cortocircuito) per la protezione dei sistemi fotovoltaici (PV) " sotto la classe gR.

Tempo (totale) d'intervento

Il tempo totale tra l'inizio della sovracorrente e l'apertura finale del circuito alla tensione di sistema. Il tempo di intervento corrisponde alla somma del tempo di fusione e del tempo di arco.

Limitazione di corrente

Operazione del fusibile legata solo ai corto circuiti. Quando un fusibile funziona nella gamma di limitazione della corrente, interromperà un corto circuito prima che si raggiunga il primo picco di corrente. Inoltre, limiterà il picco istantaneo della corrente passante ad un valore sostanzialmente inferiore a quello ricavabile nello stesso circuito nel caso in cui il fusibile fosse sostituito con un conduttore solido della stessa impedenza.

Corrente di "taglio / Picco di corrente passante

Il valore massimo raggiunto dalla corrente di guasto durante l'operazione di interruzione di un fusibile. In molti casi il fusibile limiterà la corrente.

Carico elettrico

Quella parte del sistema elettrico che utilizza effettivamente l'energia o fa il lavoro richiesto.

Fusibili ad azione rapida (extra-rapidi)

Un fusibile che si apre molto rapidamente in caso di sovraccarico e cortocircuiti. Questo tipo di fusibile non è progettato per resistere a correnti di sovraccarico temporanee associate ad alcuni carichi elettrici, quando è dimensionato vicino alla corrente di pieno carico del circuito.

Fusibile

Un dispositivo di protezione da sovracorrente con una cartuccia che interviene e interrompe il circuito in condizioni di sovracorrente.

Fusibili extra-rapidi

Fusibili privi di ritardi intenzionali nella gamma di sovraccarico e progettati per intervenire il più velocemente possibile in una gamma di corto circuito. Questi fusibili sono spesso utilizzati per proteggere i dispositivi a stato solido.

IEC

IEC sta per International Electrotechnical Commission È un'organizzazione internazionale non-profit non governativa che si occupa della preparazione e pubblicazione di standard internazionali per tutte le tecnologie elettriche, elettroniche e affini - collettivamente note come "eletrotecnologia".

Carico induttivo

Un carico con proprietà induttive. Forme comuni sono i motori, trasformatori, quadri di comando. Questo tipo di carichi assorbono una grande quantità di energia all'avvio.

Capacità di interruzione

Fa riferimento alla capacità di intervento.

Valore nominale di interruzione

Fa riferimento alla capacità di interruzione.

Tempo di fusione

La quantità di tempo necessaria per la fusione dell'elemento fusibile in presenza di una speciale sovracorrente. (Confrontare con tempo di arco e tempo di intervento)

Ohm

L'unità di misura della resistenza elettrica. Un ohm è la quantità di resistenza che permetterà ad un ampere di passare attraverso ad una pressione di un volt.

Sovraccarico

Si tratta di una condizione in cui una sovracorrente supera la normale corrente di pieno carico di un circuito altrimenti in buone condizioni.

Picco di corrente passante

Il valore istantaneo del picco della corrente fatta passare da un fusibile limitatore di corrente quando è in funzione nella sua gamma di limitazione della corrente.

Fattore di potenza

Il rapporto tra la potenza attiva (kW) e la potenza apparente (kVA) assorbita da un carico. Corrisponde al coseno dell'angolo di fase tra la tensione e la corrente (cos).

Perdite di potenza / perdite di watt

L'energia rilasciata in un fusibile quando caricato secondo le condizioni indicate.

Corrente di corto circuito presunta

Si tratta della corrente che scorrerebbe in un circuito guasto se il fusibile venisse sostituito da un collegamento con un'impedenza estremamente bassa. Generalmente viene fornito come valore simmetrico RMS, chiamato anche I_p .

Tensione di ripristino

Questa è la tensione che può essere misurata nei collegamenti del fusibile dopo l'intervento.

Carico resistivo

Un carico elettrico caratterizzato dalla mancanza di componenti induttivi o capacitivi. Quando un carico resistivo viene messo sotto tensione, la corrente sale immediatamente al suo valore stazionario, senza salire ad un valore più elevato.

Corrente RMS

Nota anche come valore effettivo, corrisponde al valore del picco istantaneo di un'onda sinusoidale divisa per la radice quadrata di due. Il valore RMS di una corrente alternata è equivalente al valore della corrente continua che produrrebbe la stessa quantità di calore o potenza.

Fusibili a semiconduttore

Fusibili usati per proteggere dispositivi allo stato solido. Fusibili extra-rapidi

Corrente di cortocircuito

Può essere classificata come una sovracorrente che supera la normale corrente di carico totale di un circuito con un fattore elevato.

Corrente nominale di cortocircuito (SCCR)

La corrente di corto circuito massima che un componente elettrico è in grado di sopportare senza che si verifichino eccessivi danni quando protetto da un dispositivo di protezione da sovracorrente.

Corrente di soglia

La corrente RMS disponibile alla soglia della gamma di limitazione della corrente, quando i fusibili iniziano a limitare la corrente durante un test per gli standard del settore. Questo valore può essere letto da un grafico dei picchi di corrente passante in cui la curva del fusibile interseca la linea A-B. Il rapporto di soglia è il rapporto tra la corrente di soglia e la corrente nominale continua del fusibile. Questa corrente è usata durante i test per le specifiche specificazione UL

Fusibili ad azione ritardata

Un fusibile con un ritardo integrato che permette il passaggio di correnti di spunto temporanee e innocue senza che questo intervenga, ma progettato anche per aprirsi in caso di sovraccarichi sostenuti o corto circuiti.

Tempo virtuale di fusione

Si tratta di un metodo per presentare i tempi di fusione in maniera indipendente dalla forma d'onda della corrente. È il tempo che una corrente DC pari a I_p impiegherebbe per generare la corrente di fusione I^2t . La definizione è:

I^2t totale di intervento

Il valore della I^2t totale di intervento consiste nella somma dei valori I^2t di prearco e di arco in condizioni specificate.

UL

UL sta per Underwriters Laboratories Inc., un'organizzazione indipendente, no-profit e non governativa che si concentra sulla sicurezza dei prodotti. UL pubblica standard e fornisce test indipendenti principalmente per i mercati degli Stati Uniti.

Tensione nominale

La tensione massima RMS a circuito aperto a cui un fusibile può essere usato, essendo in grado di interrompere una sovracorrente. Il superamento della tensione nominale di un fusibile compromette la sua capacità di interrompere un sovraccarico o un cortocircuito in maniera sicura.

Valore nominale supportato

La corrente massima che un componente elettrico non protetto può sostenere per un determinato periodo di tempo senza che si verifichi un danno esteso. Confronta i valori nominali della corrente di corto circuito (SCCR).

Questo catalogo ha lo scopo di presentare in modo chiaro i dati completi sui prodotti e fornire informazioni tecniche che aiutino l'utente finale nella progettazione dell'applicazione Eaton si riserva il diritto di cambiare la progettazione o la struttura di qualsiasi prodotto.

Eaton si riserva inoltre il diritto di modificare o aggiornare, senza preavviso, qualsiasi informazione tecnica contenuta in questa informativa.

Una volta che un prodotto è stato selezionato correttamente, deve essere testato dall'utente in tutte le applicazioni possibili.

Contatti

Team "Customer care"

Il team "Customer care" di Eaton è disponibile per rispondere alle domande sui prodotti serie Bussmann di Eaton.

Le linee europee possono essere raggiunte nei seguenti orari:

Da lunedì a giovedì	7.30 a.m. - 5.30 p.m. GMT
venerdì	7.30 a.m. - 5.00 p.m. GMT

Il team "Customer care" può essere contattato tramite:

Telefono: +33 476 00 66 66

Fax: 00 44 (0) 1509 882 786

Email: bulesales@eaton.com

C3 customer center

Il portale C3 supporta le seguenti linee prodotti: B-Line series, Bussmann series, Crouse-Hinds series, Lighting solutions, Cooper Power series and Wiring devices.

Inizia oggi su www.my.eaton.com facendo click su 'Richiedi uno User ID e Password'.

- Di facile navigazione
- Facile da usare
- Dati in tempo reale

Risorse Online

Visita www.eaton.com/bussmannseries per accedere alle seguenti risorse:

- Tabella di conversione prodotti
- Profili prodotti
- Cataloghi online per i più recenti cataloghi US ed europei.

Progettazione delle applicazioni

L'assistenza alla progettazione delle applicazioni è disponibile per tutti i clienti. Il team di progettazione delle applicazioni è composto da ingegneri elettronici laureati che sono a disposizione per fornire assistenza tecnica relativa alle applicazioni.

Le linee europee possono essere raggiunte nei seguenti orari:

Da lunedì a giovedì	8.30 a.m. - 4.30 p.m. GMT
venerdì	8.30 a.m. - 4.00 p.m. GMT

Il dipartimento per la progettazione delle applicazioni può essere contattato a:

Telefono: 00 44 (0) 1509 882 699

Fax: 00 44 (0) 1509 882 794

E-mail:

- Europa: bulehighspeedtechnical@eaton.com
- India: technicalhelpindia@eaton.com
- America: fusetech@eaton.com

Eaton raccoglie la sfida: dare energia ad un mondo che chiede di più. Con oltre un secolo di esperienza nella gestione dell'energia elettrica, abbiamo le competenze necessarie per guardare oltre il presente. Da prodotti innovativi a design chiavi in mano e servizi di ingegneria, i settori più importanti dell'industria in tutto il mondo contano su Eaton.

Forniamo energia alle imprese grazie a soluzioni di gestione dell'energia elettrica affidabili, efficienti e sicure. Con un attento servizio al cliente, un'assistenza tecnica puntuale e lo spirito audace che ci contraddistingue, rispondiamo oggi alle esigenze di domani. Segui Eaton. Visita eaton.com/electrical.

Contatta il tuo ufficio Eaton locale

Settore Electrical
Eaton
Melton Road
Burton-on-the-Wolds
LE12 5TH
Leicestershire
United Kingdom
bulesales@eaton.com
www.eaton.com/bussmannseries

Eaton
Sede centrale EMEA
Route de la Longeraie 7
1110 Morges, Svizzera
Eaton.eu

© 2022 Eaton
Tutti i diritti riservati
Stampato in Italia
Pubblicazione n. BR132015IT
Marzo 2022

Eaton è un marchio registrato.

Tutti gli altri marchi commerciali sono di proprietà delle rispettive aziende.