

Il sistema di protezione costituisce una delle parti essenziali di un impianto elettrico, poiché salvaguarda la sua integrità, quella dei carichi ad esso collegati e quella delle persone

FUSIBILI PER MEDIA TENSIONE

di Massimo Salmoiraghi

62

Proteggere significa ridurre al minimo la probabilità che si producano danni nel momento in cui si verificano anomalie nel sistema elettrico, causate da eventi di origine esterna o interna al sistema stesso. Gli effetti di tali anomalie si possono tradurre in alterazioni dei valori delle correnti e delle tensioni previste per il normale esercizio.

I fusibili sono dispositivi di protezione contro le sovracorrenti (sovraccarichi e cortocircuiti), il cui principio di funzionamento è basato sull'effetto Joule, cioè sul riscaldamento di un filo elettrico conduttore quando è attraversato dalla corrente. Il loro scopo è quello di identificare ed isolare nel più breve tempo possibile la parte di circuito interessata da un cortocircuito o da un sovraccarico che potrebbe danneggiare il circuito stesso o i componenti connessi ad esso.

È opinione generale che i fusibili siano stati i primi dispositivi di protezione ad essere usati nei circuiti elettrici. Nel 1880, Thomas Alva Edison fece domanda per ottenere un brevetto con riferimento ad un cavo utilizzato come una sorta di dispositivo di sicurezza. Dopo più di cento anni dalla loro nascita, i fusibili sono ancora oggi usati anche per la protezione di circuiti vitali all'interno di strutture modernissime, come ad esempio lo Space Shuttle o la Stazione Spaziale Internazionale.

I pregi sono costituiti dall'assoluta affidabilità (l'intervento è pressoché infallibile), dal valore elevatissimo del potere d'interruzione e, soprattutto, dalla notevole capacità di limitare l'energia specifica passante ed il valore della corrente di picco durante il cortocircuito (caratteristiche essenziali per salvaguardare l'incolumità dei contattori, dei relè termici e delle altre apparecchiature poste a valle del fusibile stesso).

Se proprio si vuole trovare un difetto dei fusibili, questo può essere identificato nell'esigenza del ricambio dopo ogni intervento; oltre a ciò, non assicurano la contemporanea interruzione di tutte le fasi del circuito.

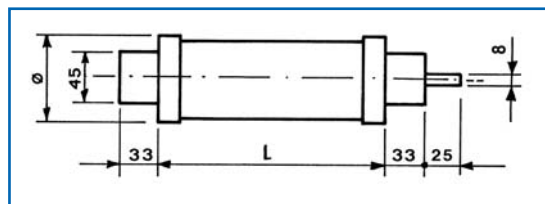
■ FUSIBILI PER MEDIA TENSIONE: QUADRO NORMATIVO

I fusibili per la protezione di apparecchiature operanti a tensione superiore a 1.000 V in corrente alternata sono un capitolo particolarmente intrigante del variegato mondo dei fusibili. Le normative di riferimento sono numerose e suddividono questa categoria di fusibili in due grandi famiglie: i fusibili limitatori di corrente ed i fusibili non limitatori di corrente.

Per quanto riguarda la seconda categoria basti dire che, a sua volta, comprende i fusibili ad espulsione (expulsion fuse links) ed i fusibili nei quali l'elemento di estinzione dell'arco è un liquido (liquid fuse links). Si segnala che i fusibili ad espulsione sono regolamentati dalla normativa IEC EN 60282-2 (CEI 32-14), mentre i fusibili "a liquido" non risultano regolamentati e vengono ormai utilizzati unicamente come sostituzione in impianti già esistenti.



▲ Gamma fusibili



▲ Figura 1: Ingombro fusibile MT

Anche il panorama offerto dalla categoria dei fusibili "limitatori di corrente" è piuttosto complesso. Esso comprende, infatti, varie tipologie di prodotti: fusibili per uso in sezionatori in olio, fusibili per uso in aria, fusibili specifici per protezione motori MT (IEC EN 60644), fusibili particolari per protezione trasformatori MT, ecc. Ciascun tipo di prodotto presenta proprie normative specifiche. Come si può notare, le tipologie sono numerose e non sempre la normativa aiuta nella scelta del fusibile corretto. In questo articolo tenteremo di semplificare molto l'argomento. Ci occuperemo, infatti, solo dei fusibili limitatori di corrente che rispondono alla normativa EN 60282-1 e, a livello dimensionale, alla DIN 43625. Perché questa scelta? Semplicemente perché questa famiglia di fusibili corrisponde al 90% di quanto viene effettivamente utilizzato nelle applicazioni più comuni (e risulta, quindi, la categoria di interesse più generale).

■ TIPOLOGIE E GRANDEZZE CARATTERISTICHE (SECONDO LA NORMA EN 60282-1)

Dicevamo della normativa EN 60282-1. Tale normativa s'intitola: "Fusibili a tensione superiore a 1.000 V. Parte 1: fusibili limitatori di corrente", (classificazione italiana: CEI 32-3). La maggior parte dei produttori definisce questi fusibili come "Fusibili per Media Tensione" (da ora in poi, in questo articolo, definiti "Fusibili MT"). In effetti, la Norma CEI 64-8 definisce i sistemi elettrici a tensioni comprese tra 1.000 V e 30.000 V in alternata e tra 1.500 V e 30.000 V in corrente continua come sistemi di categoria II (comunemente definita "Media Tensione"). Alcuni produttori definiscono, però, questi prodotti con la dizione "Fusibili per Alta Tensione", in quanto la versione originale inglese della Norma s'intitola proprio "High Voltage fuses".

In ogni caso, la Norma EN 60282-1 suddivide i fusibili a tensione superiore a 1.000 V, limitatori di corrente, in tre classi:

- 1) *fusibili per uso generale* (general purpose fuses): si tratta di fusibili in grado di interrompere tutte le correnti, a partire dalla corrente che causa la fusione dell'elemento fusibile in un'ora o più, fino alla massima corrente d'interruzione nominale;
- 2) *fusibili per uso combinato* (back up fuses): interrompono tutte le correnti dalla minima corrente di interruzione nominale, fino alla massima corrente di interruzione nominale; questi fusibili sono generalmente associati ad un altro apparecchio per la protezione dai sovraccarichi;
- 3) *fusibili a interruzione integrale* (full range fuses): interrompono tutte le correnti che possono causare la fusione dell'elemento fusibile fino alla propria corrente nominale massima di interruzione.

Le tipiche grandezze (tabella 1) che caratterizzano un fusibile MT sono le seguenti (tra parentesi le rispettive unità di misura):

- tensione nominale (kV): definisce la massima tensione cui può essere sottoposto il fusibile;
- corrente nominale (A): è il valore di corrente che un fusibile può sopportare indefinitamente senza provocare né la fusione, né il riscaldamento eccessivo dei contatti e dell'elemento fusibile vero e proprio;
- lunghezza e diametro (mm) (figura 1): definiscono le dimensioni esterne dei fusibili (nel nostro articolo ci riferiamo a fusibili che rispondono ai requisiti dimensionali specificati dalla Norma DIN 43625);
- massima corrente d'interruzione nominale (kA): è il valore efficace della corrente presunta di cortocircuito che un fusibile è in grado di interrompere ad una tensione determinata ed in specifiche condizioni d'uso (anche detto "Potere di interruzione nominale");
- minima corrente d'interruzione (A): minimo valore della corrente che un fusibile è in grado di interrompere ad una determinata tensione ed in condizioni d'uso definite; questo dato riveste particolare importanza nel caso di fusibili del tipo "per uso combinato" (back up), in quanto al di sotto di tale valore il fusibile non interviene;
- valore di resistenza a freddo ($m\Omega$): valore della resistenza elettrica del fusibile misurata a freddo (cioè, senza che nel circuito circoli corrente);
- potenza dissipata (W): valore della potenza dissipata da un fusibile (il valore dato dai produttori si riferisce normalmente alla potenza dissipata da un fusibile percorso dalla propria corrente nominale);
- energia specifica passante di pre-arco e totale (A^2s): integrale del quadrato della corrente, esteso ad un determinato intervallo di tempo. Questo intervallo può corrispondere al tempo di pre-arco (tempo intercorso tra l'instaurarsi di una corrente sufficiente a provocare la fusione dell'elemento fusibile e l'istante in cui inizia la formazione dell'arco elettrico) oppure al tempo totale di funzionamento (definito come l'intervallo di tempo trascorso dall'inizio della fusione dell'elemento fusibile fino alla completa estinzione dell'arco elettrico).

I grafici che definiscono il funzionamento di un fusibile MT sono sostanzialmente di due tipi:

- *grafico tempo/corrente* (time/current characteristic): indica il tempo d'intervento di un fusibile (normalmente espresso in secondi), in funzione del valore efficace della corrente presunta (normalmente espressa in ampere). Questo grafico (figura 2) è estremamente importante per la corretta scelta del fusibile; infatti, fornisce preziose indicazioni circa la tenuta del fusibile alle correnti transitorie di sovraccarico (inserzione di un trasformatore o avviamento di un motore) e circa il coordinamento con altri dispositivi di protezione associati (interruttori posti a monte, relè degli avviatori di motori, ecc.);

Caratteristiche elettriche standard

Tabella 1

Tensione nominale (kV)	Range di utilizzo (kV)	Corrente nominale (A)	Massima corrente d'interruzione (kA)	Minima corrente d'interruzione (A)	Diametro (mm)	Lunghezza L (mm)	Resistenza a freddo (mΩ)	Potenza dissipata (W)				
7,2	3/7,2	6	50	25	53	192	200	10				
		10		46			55	6,6				
		16		60			37	11,8				
		20		80			31	15,3				
		25		105			24,5	22,1				
		32		130			18,2	30,1				
		40		178	13,2		36,9					
		50		220	8,5		25,9					
		63		270	7		42,8					
		80		360	5,2		50,3					
		100		540	4,6		66,4					
		125		610	3,4		101					
		160		810	2,7		135					
		12		6/12	6		50	25	53	292	309	15,4
10	46		87		10,4							
16	60		61		19,4							
20	80		47		23,2							
25	105		37		33,5							
32	130		27,5		45,6							
40	178		20		55,9							
50	220		14,3		43,6							
63	270		10,6		64,8							
80	360		8		77,3							
100	540		7,2		104							
125	610		5,1		152							
160	810		4		200							
17,5	10/17,5		6		50	25		53	367		445	23,4
		10	46	131		15,6						
		16	60	82,6		26,4						
		20	80	68,6		37,9						
		25	105	54,3		49,2						
		32	130	38,9		65,7						
		40	178	29,5		78,1						
		50	220	19,8		65,2						
		63	270	15,8		101						
		80	360	12		122						
		100	540	9,8		166						
		125	610	7,2		219						
		160	810	6,1		339						
		24	10/24	6		50	25	53		442	550	28,9
10	46			162	19,2							
16	60			102	32,6							
20	80			85	46,9							
25	105			67	60,7							
32	130			48	81,1							
40	178			36,4	96,4							
50	220			24,5	80,5							
63	270			19,5	125							
80	360			14,8	151							
100	540			13,5	228							
125	610			9,9	301							
36	20/36			6	40		25	53	537		770	40,5
				10			46				226	26,9
		16	60	142		45,6						
		20	80	119		65,7						
		25	105	93,8		84,9						
		32	130	67,2		113						
		40	178	50,9		134						
		50	220	34,3		112						
		63	270	27,3		175						

(fonte: fusibili Italtel)

■ **grafico della corrente limitata** (cut-off characteristic) (figura 3): indica di quanto il fusibile limita la corrente di picco in funzione del valore efficace della corrente presunta (anche i dati presenti in questo grafico rivestono particolare importanza, in quanto definiscono la capacità di un fusibile di limitare la corrente di picco che potrebbe essere raggiunta durante il cortocircuito).

Tenendo conto del loro fondamentale compito di salvaguardia e protezione di macchine ed apparecchiature delicate e costose, per poter soddisfare a tutti i requisiti richiesti dalle normative internazionali, i fusibili devono sopportare numerose prove di tipo:

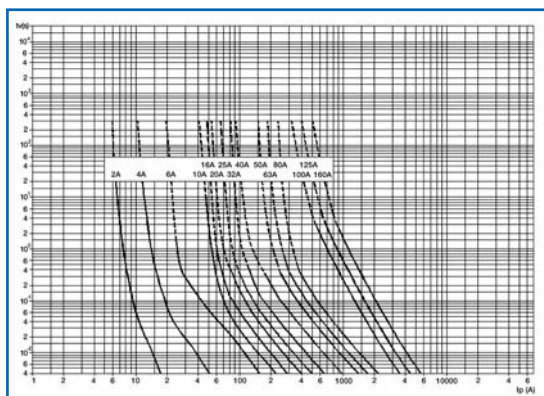
- prove di tipo dielettrico;
- prove di sovratemperatura e misura della potenza dissipata;
- prove d'interruzione (vengono verificati i valori della corrente minima d'interruzione e della massima corrente d'interruzione);
- prove relative alla verifica delle caratteristiche tempo/corrente;
- prove dei percussori.

Si segnala, inoltre, che la normativa internazionale prevede che sul fusibile siano riportati in modo indelebile i principali dati di targa. In particolare, debbono essere indicati: il nome del costruttore od il marchio di fabbrica, la designazione univoca indicata dal costruttore (il codice del prodotto), la tensione e la corrente nominale, la corrente massima d'interruzione nominale, la minima corrente d'interruzione nominale (solo per i fusibili per uso combinato), il tipo di percussore e la sua posizione.

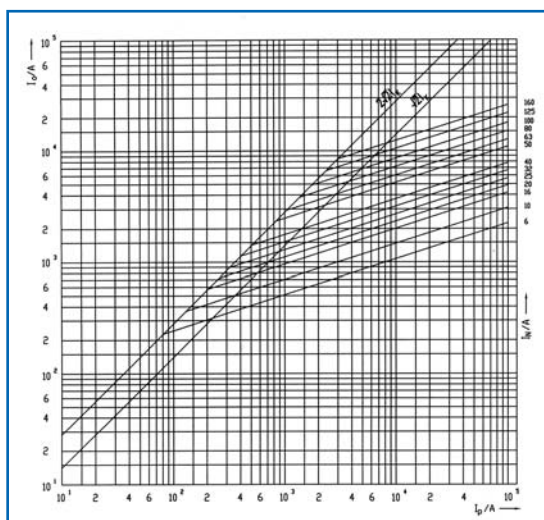
■ COMPONENTI E CRITERI COSTRUTTIVI

Un fusibile MT è un sistema molto più complesso di quanto a prima vista potrebbe sembrare. Normalmente è composto almeno dai seguenti componenti (figura 4 e 5):

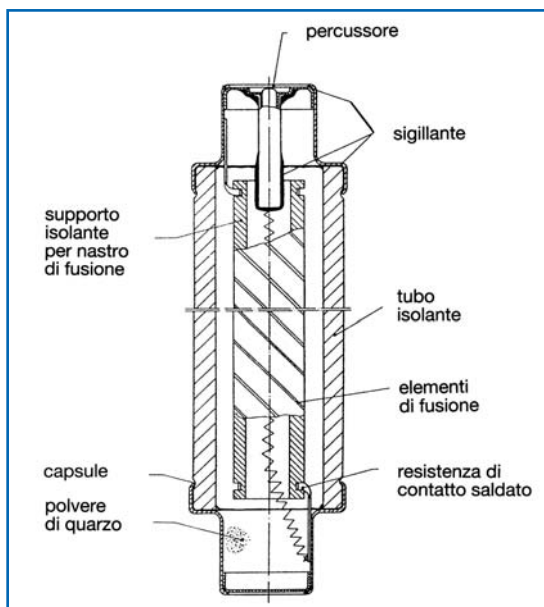
- **corpo esterno in ceramica**: deve essere solido e robusto, poiché è destinato a sopportare sollecitazioni termiche ed elettrodinamiche molto elevate al momento dell'intervento;
- **elemento fusibile** (normalmente in argento puro): è l'elemento chiave per il corretto funzionamento di un fusibile, la sua scelta definisce, infatti, la corrente nominale, il tempo d'intervento ed il potere d'interruzione. Esso viene dimensionato in modo tale da portare permanentemente la corrente nominale e fondere in un certo tempo quando la corrente che lo attraversa supera determinati valori (sovracorrenti);
- **supporto interno in ceramica** (sul quale viene avvolto l'elemento fusibile);
- **capsule metalliche esterne**: assicurano il collegamento elettrico del fusibile con la relativa base e fungono, quindi, da interfaccia con il circuito da proteggere; una buona qualità del contatto fusibile/base portafusibile evita surriscaldamenti. Sono normalmente realizzate in rame e argentate (o nichelate) in mo-



▲ **Figura 2:** Caratteristiche di intervento tempo/corrente



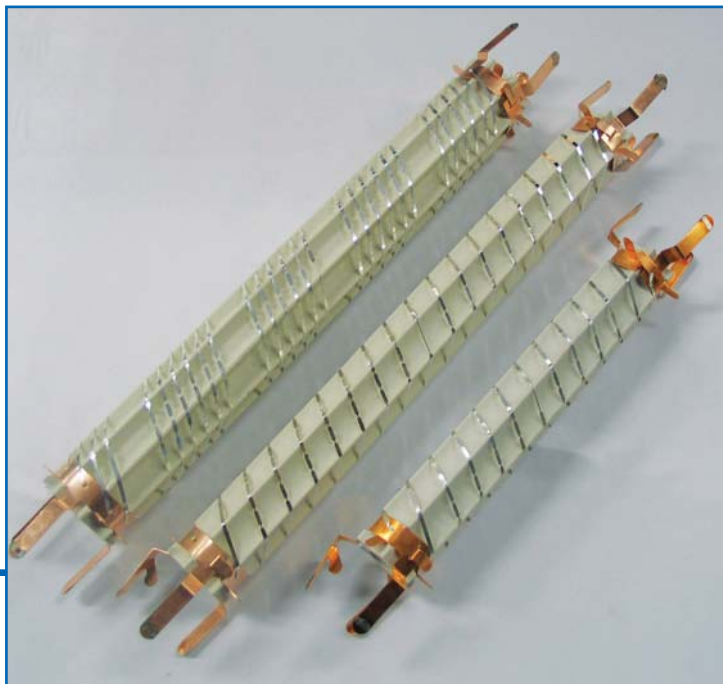
▲ **Figura 3:** Caratteristiche di limitazione



▲ **Figura 4:** Sezione fusibile MT



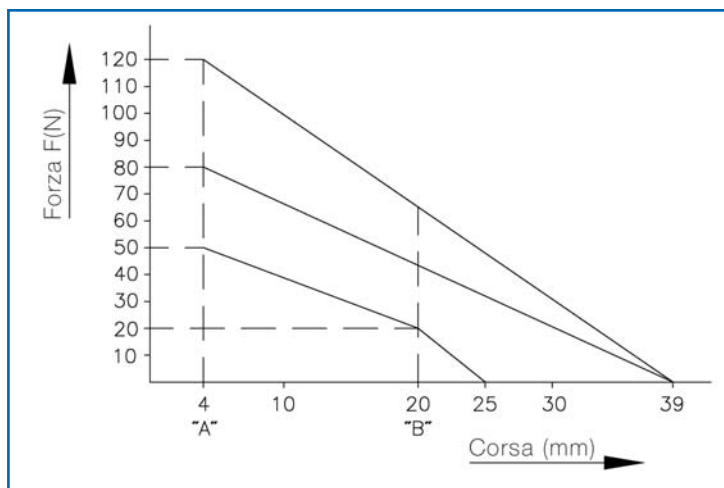
▲ **Figura 5:** Elementi costitutivi



▲ Figura 6: "Star core" con elemento fusibile



▲ Figura 7: Elementi del percussore



▲ Figura 8: Diagramma forza-corsa del percussore

do da evitare la possibile formazione di strati non conduttivi;

- *sabbia di quarzo*: il suo compito è di soffocare e raffreddare l'arco elettrico che si manifesta durante l'interruzione delle sovracorrenti; deve essere totalmente priva di impurità e la sua granulometria varia in funzione dei diver-

si tipi di fusibili (se, ad esempio, la sabbia fosse troppo fine, i gas provocati dalla fusione dell'elemento fusibile non potrebbero espandersi, con conseguente rischio di un'esplosione; se, viceversa, i granuli fossero troppo grossi, la superficie di raffreddamento sarebbe minore, con la conseguenza che il fusibile potrebbe invecchiare anzitempo oppure che l'arco elettrico potrebbe non riuscire ad essere estinto nei tempi previsti);

- *guarnizione isolante* (garantisce adeguata protezione per l'uso in ambiente esterno);
- *percussore* (con la relativa molla di tenuta);
- *diaframma di copertura delle capsule metalliche esterne*.

La costruzione di un fusibile di Media Tensione avviene secondo un procedimento ormai consolidato. Si parte dalla preparazione del tubo di protezione esterno in ceramica e dell'elemento fusibile in argento puro (la purezza arriva fino al 99,97%). Esso deve presentare apposite "strozzature" in modo da creare delle restrizioni nell'elemento stesso, in prossimità delle quali avverrà la fusione dell'elemento. Per interrompere un cortocircuito a tensioni superiori a 1.000 V è necessario un elemento fusibile molto più lungo della lunghezza totale del fusibile stesso. Per questo motivo l'elemento fusibile viene avvolto attorno ad un supporto ceramico interno (detto anche "star core" - figura 6), creando in tal modo una serie di canali in parallelo che, all'atto del cortocircuito, generano più interruzioni in serie (ciò facilita lo spegnimento dei conseguenti archi elettrici). Occorre anche evitare che le differenti spire nelle quali è stato avvolto l'elemento fusibile siano troppo vicine tra loro. Ogni spira viene poi saldata ai contatti.

Successivamente, i contatti vengono a loro volta saldati a due capsule metalliche (che fungeranno da interfaccia con il circuito protetto), fissate a pressione alle due estremità del tubo ceramico. All'interno di una delle due capsule viene anche inserito il sistema di segnalazione dell'intervento (percussore). L'intero tubo viene, infine, riempito di sabbia di quarzo e definitivamente chiuso mediante appositi diaframmi.

L'ultima fase prevede il controllo (normalmente effettuato su tutti i fusibili prodotti) della resistenza interna (che non deve superare determinati valori). Da segnalare che i produttori più evoluti marcano ogni singolo fusibile con un codice univoco d'identificazione, garantendo in tal modo il massimo grado possibile di identificazione e rintracciabilità.

■ IL SISTEMA DI SEGNALIZIONE DELL'INTERVENTO

Un aspetto interessante (e fondamentale) di un fusibile MT è il sistema di segnalazione dell'intervento. Questo avviene normalmente mediante la fuoriuscita, ad un'estremità del fusibile (evidenziata da apposita indicazione sull'etichetta apposta normalmente sul corpo), di un percussore (figura 7). Quest'ultimo può essere utilizza-

to come semplice segnalatore di avvenuto intervento, oppure agire come dispositivo di sgancio dell'applicazione protetta.

I percussori sono classificati mediante il valore dell'energia che forniscono al dispositivo meccanico di sgancio dell'applicazione protetta (figura 8). Ovviamente la forza e la rapidità di fuoriuscita di questo elemento devono essere valori ben definiti e forniti dai singoli produttori (anche in condizioni di bassi valori di corrente e tensione). I percussori standard sono quelli definiti di tipo "medio". Le forze standard di fuoriuscita sono di 50 N, 80 N e 120 N (misurate ad una distanza di 4 mm dalla superficie del fusibile).

Alcuni produttori hanno inserito recentemente all'interno dei loro fusibili anche un sistema di sgancio basato sulla temperatura (non solo, quindi, basato sulla corrente circolante). In sostanza, all'interno del sistema di rilascio del percussore, vi è un elemento termosensibile che, nel momento in cui la temperatura raggiunta dal fusibile (nel punto dove è stato posto l'elemento) risultasse superiore ad una certa soglia, provoca lo sgancio del percussore ed il conseguente blocco dell'applicazione protetta. Ciò risulta particolarmente utile nell'uso all'interno di trasformatori in SF₆ o, comunque, in ambienti chiusi. Va ovviamente precisato che, se il fusibile è stato correttamente scelto ed installato, non vi è possibilità di un surriscaldamento dello stesso durante il normale funzionamento; l'intervento della protezione termica avviene, quindi, solo nel caso di una scelta non corretta del fusibile o nel caso di un suo pericoloso surriscaldamento dovuto a guasti o dissipazioni anomale di calore da parte di qualche componente.

■ CRITERI DI SCELTA ED UTILIZZO

I fusibili per Media Tensione sono progettati per la protezione di impianti di Media Tensione (linee elettriche, trasformatori, motori, condensatori, interruttori) contro gli effetti termici e dinamici causati da una corrente che supera il valore tollerato per grandezza e durata. Grazie al costo limitato, alla sostanziale assenza di manuten-

zione ed alle dimensioni decisamente ridotte, i fusibili costituiscono spesso la soluzione migliore per la protezione di apparecchiature ed impianti di Media Tensione. Normalmente, infatti, l'utilizzo di altri sistemi di protezione comporta costi eccessivi rispetto al valore dell'apparecchiatura da proteggere.

L'impiego di questo tipo di fusibili porta all'utilizzatore i seguenti vantaggi: garanzia d'intervento con corrente minima; bassi valori di potenza dissipata (ne permettono l'utilizzo anche in ambienti chiusi); assoluta affidabilità del sistema di sgancio (percussore); elementi di fusione di alta qualità; fusibili utilizzabili in ambienti indoor e outdoor; elevati valori del potere d'interruzione; alta capacità di limitare la corrente.

Scelta della tensione nominale

La tensione nominale dei fusibili MT deve essere uguale o superiore alla tensione di fase del sistema protetto. Normalmente, i produttori prescrivono un campo di tensioni all'interno del quale il fusibile può essere correttamente utilizzato. Va però detto che, durante la fase di arco, possono generarsi tensioni d'arco anche molto elevate (superiori all'isolamento nominale dei fusibili). Le Norme internazionali prevedono valori massimi che i fusibili non debbono mai superare. Bisogna, quindi, assicurarsi che la massima tensione d'arco durante l'interruzione non superi il livello d'isolamento generale del circuito nel quale il fusibile è inserito.

Scelta della corrente nominale

La scelta della corrente nominale della cartuccia deve essere eseguita tenendo conto dei seguenti parametri:

- 1) corrente in servizio ordinario del circuito nel quale il fusibile è inserito;
- 2) fenomeni transitori nel circuito (ad esempio, nel caso d'inserzione e distacco di trasformatori, motori o batterie di condensatori);
- 3) coordinamento con altri dispositivi di protezione.

I fusibili devono comunque essere scelti in modo



◀ Fusibili e accessori

Tabella 2

Protezione trasformatori																
Potenza trasformatore (kVA)	6/7,2 kV				10/12 kV				20/24 kV				30/36 kV			
	Corrente primario trasformatore (A)		Corrente nominale fusibile (A)		Corrente primario trasformatore (A)		Corrente nominale fusibile (A)		Corrente primario trasformatore (A)		Corrente nominale fusibile (A)		Corrente primario trasformatore (A)		Corrente nominale fusibile (A)	
	6 kV	7,2 kV	I_{Min}	I_{Max}	10 kV	12 kV	I_{Min}	I_{Max}	20 kV	24 kV	I_{Min}	I_{Max}	30 kV	36 kV	I_{Min}	I_{Max}
50	4,8	4,1	10	16	2,9	2,4	6	10	1,5	1,2	4	6	0,96	0,8	2	4
75	7,2	6,2	16	20	4,3	3,6	10	16	2,2	1,8	4	6	1,4	1,2	4	6
100	9,6	8,2	25	32	5,8	4,8	10	16	2,9	2,4	6	10	1,9	1,6	6	10
125	12,1	10,3	32	40	7,2	6	16	20	3,6	3	6	10	2,4	2	6	10
160	15,4	13,2	40	50	9,2	7,7	20	25	4,6	3,8	10	16	3,1	2,6	6	10
200	19,2	16,4	40	50	11,5	9,6	25	32	5,8	4,8	10	16	3,8	3,2	10	16
250	24,1	20,6	50	63	14,4	12	32	40	7,2	6	16	20	4,8	4	10	16
315	30,3	26	50	63	18,2	15,2	40	50	9,1	7,6	20	25	6,1	5,1	16	20
400	38,5	33	63	80	23	19,2	50	63	11,5	9,6	25	32	7,7	6,4	20	25
500	48,1	41,2	80	100	28,8	24	50	63	14,4	12	32	40	9,6	8	20	25
630	60,6	51,9	100	125	36,4	30,3	63	80	18,1	15,2	40	50	12,1	10,1	25	32
800	76,9	66	100	125	46,2	38,5	80	100	23,1	19,2	50	63	15,4	12,8	40	50
1.000	96,2	82,5	125	160	57,7	48,1	100	125	28,8	24,1	50	63	19,2	16	50	63

(fonte: Italtelweber)

che la massima corrente di carico non superi il valore della corrente nominale del fusibile e che il valore della minima corrente d'interruzione sia appropriato alla particolare applicazione (tenendo, quindi, conto di eventuali sovraccarichi funzionali).

Per quanto riguarda la protezione di motori MT, la Norma EN 60282-1 viene integrata dalla Norma EN 60644. Normalmente i produttori forniscono indicazioni sui corretti criteri di scelta da seguire. In generale, si può comunque affermare che la corrente minima d'interruzione dovrebbe essere abbastanza bassa da garantire un corretto coordinamento con il relè di sovracorrente del dispositivo di manovra. Per la protezione di motori vengono in genere utilizzati i fusibili per uso combinato (back up).

La protezione dei trasformatori viene di solito effettuata sulla base di opportune tabelle che i produttori mettono a disposizione degli utilizzatori (tabella 2).

Si ricorda che la normativa *raccomanda* di sostituire tutti e tre i fusibili anche quando sia intervenuto solo un fusibile di un sistema trifase (a meno di essere assolutamente certi che nessuna sovracorrente sia passata attraverso i fusibili non intervenuti).

■ ACCESSORI PER FUSIBILI MT

Un breve cenno relativo agli accessori non può che partire dalle basi portafusibili. Normalmente tali basi (normalizzate dalla Norma DIN 43624) si distinguono in basi per uso interno e basi per uso esterno. La differenza sostanziale è costituita dai materiali con i quali sono realizzati i

sostegni isolanti: resina epossidica per le basi per uso interno e porcellana per quelle per uso esterno. Le basi portafusibili possono, inoltre, essere corredate di un microinterruttore per la segnalazione a distanza dell'avvenuto intervento del fusibile (che deve essere ovviamente dotato del percussore).

Alcuni produttori mettono poi a disposizione appositi adattatori per poter utilizzare fusibili aventi una certa tensione nominale in applicazioni a tensione nominale maggiore, ma utilizzati alla stessa tensione del fusibile. Ad esempio, può capitare di dover utilizzare ad una tensione di servizio di 12 kV un trasformatore con tensione nominale di 24 kV; in questo caso occorre inserire a protezione un fusibile da 12 kV, quindi molto più corto del necessario. L'adattatore serve proprio per "allungare" la dimensione del fusibile da 12 kV per poterlo rendere adatto all'utilizzo in un alloggiamento predisposto per contenere un fusibile da 24 kV.

Per l'estrazione e l'innesto di fusibili MT, i produttori mettono a disposizione appositi fioretti isolanti. Sono completi di una morsa in vetroresina e di un dispositivo dinamometrico in grado di limitare la coppia di serraggio e garantire, quindi, una presa sicura, ma che non danneggi il fusibile.

■ AUTORE

ing. Massimo Salmoiraghi
Italtelweber