

Relè ad alta tensione

Con basse tensioni si utilizzano normalmente i soppressori di arco per proteggere in contatti dei relè, ma con l'alta tensione non sono più sufficienti. In questo articolo verrà condotta un'analisi dettagliata di alcune tecniche utilizzate per interrompere circuiti con tensioni dell'ordine di grandezza del Kilovolt

Walter Giacone
Tyco Electronics

Interrompere circuiti a bassa tensione è relativamente semplice. Ma man mano che la tensione cresce, sopraggiungono le difficoltà. Interrompere circuiti con tensioni dell'ordine di grandezza del Kilovolt con interruttori o relè convenzionali diventa praticamente impossibile a causa dell'arco che si produce. Poiché la tensione è così alta, l'aria presente tra i contatti aperti del relè si ionizza rapidamente, creando un percorso conduttivo. Il percorso conduttivo si mantiene anche quando i contatti si allontanano tra loro. Una soluzione è quella di eliminare il gas che ionizza nell'area dei contatti. Ciò implica il fatto che le tensioni elevate si possono interrompere agevolmente sotto vuoto. Con un vuoto di 10-6 millimetri di mercurio, ad esempio, la rigidità dielettrica tra i contatti aperti raggiunge un valore di 2.000 volt per millimetro.

Il dielettrico sotto vuoto inoltre crea una atmosfera inerte che virtualmente elimina gli effetti di ossidazione e corrosione. Quando scocca un arco nel vuoto non compare dissociazione di aria o die-



Fig. 1 - Relè Kilovac per alta tensione

lettrico che possa creare elementi corrosivi. Inoltre durante l'interruzione del carico avviene una migrazione di materiale. Dato che il vuoto non è perfetto, esso contiene impurità.

Durante il breve periodo dell'arco, alcune di queste impurità si staccano dal vuoto e si attaccano alle superfici circostanti, migliorando la qualità del vuoto. Nel vuoto assoluto può avvenire la rot-

Fig. 2 - Relè Kilovac con alto potere di interruzione (1.800 VDC)

tura degli elettrodi. Gli elettroni prodotti durante l'arco, provengono dal materiale dei contatti stessi. Il punto in cui scocca l'arco, dipende dalla funzione di lavoro dei contatti. A causa di questa funzione di lavoro, molto sovente si utilizzano tungsteno e molibdeno come materiale per i contatti.

La funzione di lavoro dei contatti stabilisce inoltre il massimo campo elettrostatico che può essere isolato con una apertura dei contatti fissa. Si noti che nell'interruzione a caldo (con carico presente) l'arco viene attirato e il campo elettrostatico aumenta man mano che si riduce l'apertura tra i contatti.

In questo modo, a un certo punto della chiusura dei contatti, il campo elettrostatico sarà così grande da causare la rottura del dielettrico nello spazio restante.

Un arco nel vuoto rende a spegnersi, a meno che non sia particolarmente intenso. Lo spegnimento si verifica in quanto una area di vapori metallici in forte pressione è circondata da un'area di pressione estremamente bassa: il vuoto. Dato che non ci sono confini fisici tra le due aree, la pressione si egualizza e l'arco si riduce di intensità e si estingue rapidamente. Malgrado la sua corta vita, l'arco causa la corrosione dei contatti. Comunque questo non influenza la resistenza di contatto perché il metallo trasferito è puro.

Gas Dielettrico elettro negativo

Non tutti i relè per alte tensioni sono sotto vuoto. Nei sistemi per alte tensioni si utilizzano anche dielettrici composti da gas inerti.

Essi sono molto flessibili in quanto la tensione di rottura in un ambiente chiuso si può controllare tramite le varia-



ni della composizione o della pressione dei gas utilizzati. La caratteristica dello spegnimento dell'arco in un sistema pressurizzato è un'altra interessante caratteristica dato che il recupero avviene in pochi microsecondi. I relè in atmosfera gassosa sono utilizzati per l'interruzione di potenza in alta tensione e la funzione è di chiudere contatti normalmente aperti. Una ragione per questo è dovuta al fatto che la miscela dei gas e la pressione può essere regolata in modo da far scoccare l'arco proprio poco prima che i contatti si tocchino. Inoltre, se la tensione è sopra i 3.500 volt, l'arco è abbastanza stabile da mantenere il flusso di corrente anche quando i contatti rimbalzano. Questo fenomeno contribuisce alla lunga vita dei relè in atmosfera gassosa, dimostrata nei circuiti a scarica capacitiva.

La ionizzazione non aiuta quando si interrompe corrente. Infatti prolunga l'arco e intensifica l'erosione dei contatti. I test effettuati dimostrano che i relè sotto vuoto sono molto indicati per l'interruzione di potenze elevate perché limitano il sostenimento dell'arco. Lo spegnimento dell'arco riduce l'erosione e prolunga la vita dei contatti.

Nei relè convenzionali la resistenza di contatto varia da ciclo a ciclo mentre nei relè sotto vuoto la resistenza è bassa e stabile per tutta la vita del relè e si mantiene attorno a valori di 0,015 tipici. Questo perché i contatti si puliscono uniformemente, non esiste ossidazione o contaminazione e a causa dell'uso di metalli pure nell'area di contatto. Dato che l'area dei contatti è sigillata dal contenitore sotto vuoto, questi relè possono essere utilizzati in ambienti esplosivi o corrosivi.

Nei relè in atmosfera gassosa la resistenza di contatto è generalmente bassa, ma non così bassa o stabile come nei relè sotto vuoto. La resistenza inoltre varia molto in funzione del tipo di test adottato. Con volumi elevati e circuiti di misura con correnti elevate si traducono in una resistenza di contatto più bassa. La doratura dei contatti aumenta la stabilità e abbassa la resistenza di contatto nei relè in atmosfera gassosa.

Applicazioni in radiofrequenza

Buone capacità di isolamento e resistenza di contatto bassa e stabile sono due buone ragioni per usare relè sotto vuoto

per alte tensioni quando si deve interrompere la radiofrequenza. In ogni caso un relè che opera in radio frequenza è sottoposto ad alcune limitazioni.

L' "effetto pelle", che causa la migrazione della corrente dal centro alla superficie del conduttore e che si accentua man mano che la frequenza cresce è una delle limitazioni in quanto, all'aumentare della frequenza, la sezione utile al transito della corrente diminuisce sempre più forzando più corrente in meno conduttore. Il risultato è un surriscaldamento della superficie del conduttore. Le alte temperature possono compromettere la tenuta stagna del relè.

Quando un relè è usato come un isolatore, una tensione di radio frequenza è presente tra i contatti aperti e tra i contatti e massa. Per tutti gli aspetti pratici, il relè presenta in alta tensione una capacità da uno a due picofarad. La corrente di fuga che fluisce attraverso questa capacità surriscalda gli elementi degli isolatori e per questo la tensione radio frequenza applicabile è limitata.

Le limitazioni di corrente e tensione rendono necessario un ridimensionamento delle portate massime in tensione e corrente quando si deve commutare una radio frequenza. Esse limitano le operazioni al di sotto dei 32 Mhz. Queste limitazioni vanno considerate quando si sceglie un particolare tipo di relè.

Interruzioni di potenza

Con i termini "interruzione di potenza" e "interruzione a caldo" si intende l'interruzione o l'alimentazione di un carico tramite un relè. Quando un relè commuta una potenza importante, si forma un arco durante la chiusura iniziale e i successivi rimbalzi. L'arco causa l'erosione dei contatti e se non si prendono precauzioni si può arrivare alla saldatura dei contatti. In ogni caso il tutto si traduce in un danno ai contatti. Ovviamente la durata dell'arco, il livello di corrente e di tensione contribuiscono a determinare la vita e l'affidabilità del relè.

I relè di potenza per alte tensioni normalmente utilizzano contatti in Tungsteno o Molibdeno in quanto molto duri e con temperature di fusione molto elevate che aiutano a mantenere gli effetti dell'arco senza causare incollamenti dei contatti. Alcuni relè per alte tensioni e per correnti sull'ordine dei milliampere utilizzano contatti in rame ma solo per il mantenimento della potenza, non per l'interruzione.

I tipi di carico sono fondamentali per la corretta scelta del relè adeguato. Normalmente i carichi si suddividono in capacitive, induttivi o resistivi.

Carichi resistivi - L'interruzione di carichi resistivi in corrente continua causa l'innesco dell'arco durante la separazione dei contatti e dura sino a quando i contatti non sono ulteriormente aperti. In certe condizioni di tensione e di corrente la durata dell'arco è determinata dalla velocità con cui i contatti si separano dal metodo di raffreddamento e demonizzazione con l'inevitabile induttanza e capacità distri-

buite. Un carico in corrente alternata è relativamente più semplice da interrompere di un carico in continua a parità di tensione perché la corrente alternata si interrompe da sola ogni semi onda (Passaggio per lo zero). Inoltre il cambiamento di polarità previene la migrazione di materiale dei contatti nella stessa direzione, condizione spesso causa di prematuri danni ai contatti nei carichi in continua.

Carico induttivo - L'interruzione di carichi induttivi in corrente continua è molto più difficile dell'interruzione di carichi resistivi. L'energia immagazzinata ($1/2 LI^2$) nell'induttanza induce una tensione ($-L(di/dt)$) che tende a mantenere la corrente. Questo avviene sino a quando l'energia nell'induttanza non si esaurisce. Se non si utilizzano speciali contatti ad apertura veloce o altri accorgimenti per interrompere l'arco, la sua persistenza dipende dalla costante di tempo (L/R) del carico in modo diretto. L'interruzione di carichi in corrente alternata non crea gli stessi problemi dell'interruzione dei carichi in continua perché l'inversione della polarità a ogni semiciclo forza la corrente a zero. Inoltre la corrente è sfasata rispetto alla tensione e durante l'ultima parte del semiciclo della corrente, la tensione applicata è opposta alla tensione di auto induzione

Carico capacitivo - La chiusura dei contatti in corrente continua e su un carico capacitivo causa una forte corrente di punta. Gli effetti sui contatti dipendono dall'ampiezza del picco iniziale di corrente e dalla costante di tempo del circuito. Situazioni simili con carichi in alternata non sono comuni. Per risultati ottimali, il relè dovrebbe essere posto sul lato a terra del carico. Se questo non è fatto, un arco si accende fra i contatti e il contenitore del relè bypassando il carico. L'alimentatore è l'unico limite a questa corrente.

Nelle applicazioni pratiche, si possono incontrare tutti e tre i suddetti carichi, ma i circuiti con una importante prevalenza della capacità o dell'induttanza

sono molto più complessi da interrompere a causa dell'energia immagazzinata. A complicare ulteriormente la situazione, alcuni circuiti hanno una corrente di spunto molto elevata. In queste condizioni i relè tendono a interrompere il carico proprio durante la fase di rimbalzo dei contatti, creando un arco molto importante che può portare alla fusione del metallo dei contatti. Sovente il tutto si traduce nella saldatura dei contatti tra di loro. La situazione peggiore la ritroviamo con carichi sinusoidali in quanto la tensione di picco dell'alternata è più grande del 41% dell'equivalente corrente continua per la stessa tensione di lavoro. I relè per alta tensione sono usati anche in altre applicazioni. Consideriamo ad esempio la distribuzione della potenza in applicazioni aerospaziali. Studi recenti hanno dimostrato che con tensioni in corrente continua di 270 volt offrono significativi miglioramenti nell'affidabilità, manutenzione, peso e ciclo di vita dei tradizionali sistemi di distribuzione a 14/200 volt 400 hz in alternata.

I sistemi di interruzione a 28 volt dc o 110/200 volt ac, 400 Hz attualmente utilizzati richiedono importanti modifiche per raggiungere l'affidabilità dei circuiti a 270 volt dc. Le modifiche si traducono in apparati grandi e pesanti, rendendoli inutilizzabili per gli usi previsti nel mondo aerospaziale. L'uso dei relè sotto vuoto per isolare i 270 volt dc contribuisce a migliorare sensibilmente l'affidabilità e prestazioni senza aumentare pesi e dimensioni. La giusta ricerca di un relè in alta tensione non è immediata come quella necessaria per un relè tradizionale. Per una corretta ricerca, il progettista deve attentamente considerare le condizioni del circuito e le caratteristiche fisiche, elettriche e meccaniche del relè. Il progettista deve essere a conoscenza delle caratteristiche di lavoro e che la terminologia dei relè è un linguaggio specifico con significati del tutto particolari.

Tyco Electronics
readerservice.it n. 22