

Correnti d'albero nei moderni azionamenti in c.a.



1	Introduzione	5
	Generalità	5
	Come evitare le correnti portanti	5
2	Generazione di correnti d'albero	6
	Impulsi di corrente ad alta frequenza	6
	Commutazione più veloce	6
	Modalità di generazione delle correnti d'albero ad alta frequenza	7
	Corrente circolante	7
	Corrente di messa a terra dell'albero	7
	Corrente di scarica capacitiva	7
	Circuito del modo comune	7
	Capacitanze parassite	9
	Modalità di passaggio della corrente attraverso il sistema	10
	Cadute di tensione	10
	Trasformatore nel modo comune	11
	Divisore di tensione capacitivo	13
3	Prevenzione dei danni causati dalle correnti d'albero ad alta frequenza	15
	Tre modalità di approccio	15
	Cavi motore multipolari	15
	Percorso a bassa impedenza	16
	Collegamenti di fissaggio ad alta frequenza	17
	Seguire le istruzioni specifiche del prodotto	17
	Altre soluzioni	17
	Misurazione delle correnti d'albero ad alta frequenza	18
	Le misurazioni richiedono l'intervento di specialisti ...	19
4	Riferimenti	20
5	Indice analitico	21

Capitolo 1 - Introduzione

Generalità

Più succedere che sistemi di azionamento nuovi presentino guasti ai cuscinetti pochi mesi dopo l'avviamento. Questo problema può essere determinato da elevate correnti d'albero, ovvero correnti indotte nell'albero del motore e scaricate attraverso i cuscinetti.

Benché l'esistenza delle correnti d'albero sia nota sin dall'epoca dell'invenzione dei motori elettrici, negli ultimi anni si registra una maggiore incidenza dei guasti a esse correlati. Questo è attribuibile al fatto che i moderni azionamenti a velocità variabile, caratterizzati da rapidi impulsi di tensione di salita e da elevate frequenze di commutazione, possono generare impulsi di corrente attraverso i cuscinetti, la cui scarica ripetuta può progressivamente eroderne le piste.

Come evitare le correnti portanti

Per prevenire tale inconveniente, occorre configurare adeguati percorsi di messa a terra e consentire il ritorno delle correnti parassite al telaio dell'inverter senza che passino attraverso i cuscinetti. Per ridurre l'entità delle correnti si possono anche utilizzare cavi motore di tipo simmetrico, oppure installare un filtro in corrispondenza dell'uscita dell'inverter. Isolando i cuscinetti del motore è possibile interrompere i percorsi della corrente portante.

Capitolo 2 - Generazione di correnti d'albero

Impulsi di corrente ad alta frequenza

Esistono diversi tipi di correnti d'albero. Benché nei moderni metodi di progettazione e produzione dei motori le correnti d'albero a bassa frequenza indotte dall'asimmetria del motore siano state pressoché interamente eliminate, la rapida commutazione dei moderni azionamenti in c.a. può generare impulsi di corrente ad alta frequenza attraverso i cuscinetti. Se l'energia di questi impulsi è sufficientemente elevata, si verifica un trasferimento di metallo dalla sfera e dalle piste verso il lubrificante. Si tratta del fenomeno della cosiddetta "elettroerosione" (Electrical Discharge Machining). Se l'effetto di un impulso singolo è insignificante, anche una minima cavità EDM costituisce una discontinuità che, con l'arrivo di altri impulsi, può estendersi in una cavità EDM di dimensioni maggiori. La frequenza di commutazione dei moderni azionamenti in c.a. è molto elevata e il gran numero di impulsi può causare un rapido accumulo dei fenomeni erosivi. Di conseguenza può rendersi necessaria la sostituzione del cuscinetto dopo un breve periodo di utilizzo.

ABB si occupa delle correnti d'albero ad alta frequenza dal 1987. Negli ultimi anni è stata sottolineata l'importanza della progettazione dei sistemi. Tutti i componenti interessati (motore, trasmissione, regolatore dell'azionamento, ecc.) vengono fabbricati con l'ausilio di sofisticate tecniche di produzione e normalmente presentano un adeguato tempo medio di corretto funzionamento tra due guasti successivi (Mean Time Between Failures, MTBF). Ma è quando tali componenti vengono integrati e il sistema installato viene considerato nel suo complesso che si rende necessario adottare determinate contromisure.



Figura 1: Le correnti d'albero possono provocare nei cuscinetti la formazione di scanalature in sequenza regolare sulle piste dei cuscinetti.

Commutazione più veloce

L'attuale tecnologia degli azionamenti che utilizza componenti IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor, IGBT) determina eventi di commutazione con una rapidità 20 volte superiore alla tecnologia considerata lo standard dieci anni fa. Negli ultimi anni si è registrato un aumento dei guasti di tipo EDM intervenuti nei cuscinetti dei sistemi di azionamento poco tempo dopo l'avviamento (da uno a sei mesi). La portata di questo fenomeno dipende dall'architettura del sistema di azionamento e dalle tecniche di installazione utilizzate.

Modalità di generazione delle correnti d'albero ad alta frequenza

La sorgente delle correnti d'albero è la tensione indotta a livello del cuscinetto. In caso di correnti d'albero ad alta frequenza, tale tensione può essere generata in tre diversi modi. I fattori principali che definiscono la prevalenza di un meccanismo sono le dimensioni del motore e le modalità di messa a terra del telaio e dell'albero del motore. L'impianto elettrico, che comporta un tipo di cablaggio adeguato e un idoneo fissaggio dei conduttori positivi e della schermatura elettrica, svolge un ruolo determinante. Il livello delle correnti d'albero è influenzato dal rapporto Du/dt dei componenti dello stadio di potenza dell'azionamento in c.a. e dal livello di tensione del collegamento in c.c.

Corrente circolante

Nei motori di grandi dimensioni, la tensione ad alta frequenza è indotta tra le estremità dell'albero del motore dal flusso di alta frequenza che circola intorno allo statore. Tale flusso è determinato da una netta asimmetria della corrente capacitiva di dispersione che passa dall'avvolgimento al telaio dello statore lungo la circonferenza dello stesso. La tensione presente tra le estremità dell'albero agisce sui cuscinetti. Se è sufficientemente elevata da sovrastare l'impedenza del velo d'olio dei cuscinetti, nell'anello formato dall'albero, dai cuscinetti e dal telaio dello statore inizia a circolare una corrente che cerca di compensare il flusso netto all'interno dello statore. Tale corrente è una corrente d'albero ad alta frequenza di tipo circolante.

Corrente di messa a terra dell'albero

La dispersione di corrente verso il telaio dello statore deve tornare all'inverter, che ne è la sorgente. Qualsiasi percorso di ritorno è caratterizzato da una certa impedenza, e pertanto la tensione del telaio del motore è superiore al livello di messa a terra della sorgente. Se l'albero del motore è collegato a terra attraverso la macchina comandata, si riscontra un aumento di tensione del telaio del motore sopra i cuscinetti. Se la tensione è sufficientemente elevata da superare l'impedenza del velo d'olio del cuscinetto sul lato azionamento, parte della corrente può passare attraverso il cuscinetto del lato azionamento, l'albero e la macchina comandata, per tornare infine all'inverter. Questo tipo di corrente è una corrente ad alta frequenza di messa a terra dell'albero.

Corrente di scarica capacitiva

Nei motori di dimensioni minori, la divisione della tensione interna della tensione in modo comune sulle capacitance parassite interne del motore può determinare tensioni dell'albero sufficientemente elevate da determinare impulsi di corrente d'albero ad alta frequenza. Questo fenomeno può verificarsi quando l'albero non è collegato a terra attraverso la macchina comandata e il telaio del motore è collegato a terra secondo le modalità standard di protezione.

Circuito nel modo comune

Le correnti d'albero ad alta frequenza sono determinate dal passaggio della corrente nel circuito nel modo comune dell'azionamento in c.a.

In condizioni normali, una normale alimentazione sinusoidale trifase risulta bilanciata e simmetrica. Questo significa che la somma dei vettori delle tre fasi è sempre uguale a zero. E' quindi normale che il neutro corrisponda a 0 V, ma questo non

succede nel caso di alimentazione trifase PWM commutata, dove la tensione in c.c. viene convertita in tensione trifase. Sebbene i componenti della frequenza fondamentale delle tensioni in uscita siano simmetrici e bilanciati, è impossibile che la somma delle tre tensioni in uscita nello stesso tempo risulti uguale a zero con due possibili livelli di uscita. Il neutro che ne risulta non è uguale a zero. La tensione si può definire come sorgente della tensione nel modo comune. Essa è misurabile al punto zero di qualsiasi carico, ad esempio il punto di avviamento dell'avvolgimento del motore.

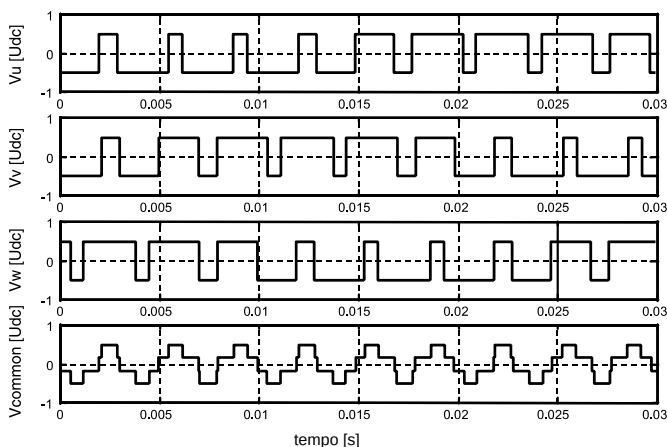


Figure 2: La figura mostra le 3 tensioni di fase di un'alimentazione trifase PWM e la media delle 3 tensioni o la tensione del punto neutro in c.a. nei moderni azionamenti in c.a.. La tensione neutra è ovviamente diversa da 0 e la sua presenza può essere definita come sorgente di tensione nel modo comune. La tensione è proporzionale alla tensione del bus in c.c. e presenta una frequenza pari a quella di commutazione dell'inverter.

Ogni volta che una delle tre uscite dell'inverter viene commutata da uno dei possibili potenziali a un altro, una corrente proporzionale a tale cambiamento di tensione è indotta a passare a terra attraverso le capacitance di terra di tutti i componenti del circuito di uscita. La corrente torna verso la sorgente attraverso il conduttore di terra e le capacitance parassite dell'inverter, che sono esterne al sistema trifase. Questo tipo di corrente, che passa attraverso il sistema in un anello chiuso all'esterno del sistema stesso viene normalmente definita corrente nel modo comune.

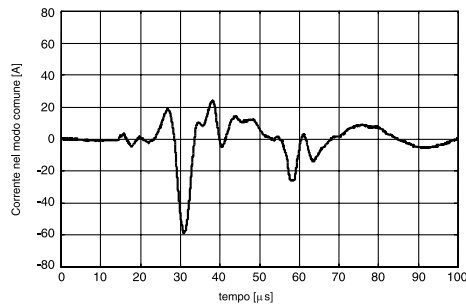


Figura 3: Un esempio di corrente nel modo comune all'uscita dell'inverter. L'impulso è dovuto alla sovrapposizione di diverse frequenze per la presenza di frequenze naturali diverse dei percorsi paralleli della corrente nel modo comune.

Capacitanze parassite

Si genera una capacitanza ogni qualvolta si separano due componenti conduttivi con un isolante. Per esempio, se la spira di un avvolgimento del motore è isolata dal telaio mediante verniciatura a smalto e l'isolamento delle cave, si genera una corrente capacitiva al telaio del motore. Le capacitanze interne a un cavo e specialmente interne al motore sono molto ridotte. Una capacitanza ridotta si traduce in una impedenza elevata alle basse frequenze, con conseguente blocco delle correnti parassite a bassa frequenza. Tuttavia, i rapidi impulsi di salita generati dagli alimentatori moderni contengono frequenze così elevate che anche capacitanze ridotte interne al motore configurano un percorso a bassa impedenza per il passaggio delle correnti.

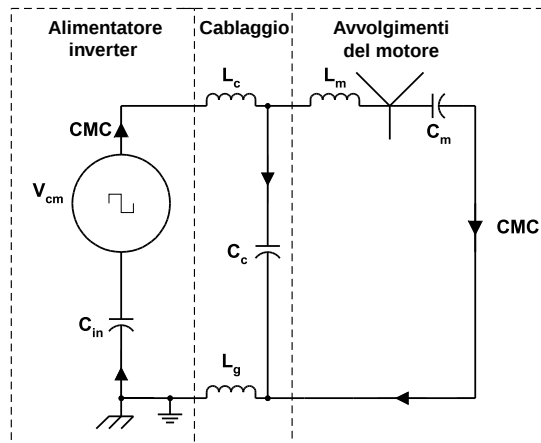


Figura 4: Anello nel modo comune semplificato di un inverter PWM e di un motore a induzione. L'alimentatore dell'inverter funge da sorgente di tensione nel modo comune (V_{cm}). La corrente nel modo comune passa attraverso le induttanze del motore e il cavo nel modo comune, L_c , L_m , e le capacitanze parassite tra gli avvolgimenti e il telaio del motore, riunite in C_m . Dal telaio del motore procede attraverso il circuito di messa a terra

dello stabilimento con induttanza L_g . L_g è inoltre una corrente nel modo comune alimentata dalla capacitanza parassita del cavo C_c . Il telaio dell'inverter è collegato alla terra dello stabilimento e collega a sua volta, mediante l'inverter di dispersione, le correnti di messa a terra della corrente nel modo comune alle correnti capacitive del telaio, riunite in C_{in} , di ritorno alla sorgente di tensione nel modo comune.

Modalità di passaggio della corrente attraverso il sistema

Il percorso di ritorno della corrente di dispersione dal telaio del motore al telaio dell'inverter è costituito dal telaio del motore, dalla schermatura dei cavi o dai conduttori equipotenziali e talvolta da componenti in acciaio o alluminio presenti nella struttura dello stabilimento. Tutti questi elementi contengono induttanza. Il passaggio della corrente nel modo comune attraverso tale induttanza determina un calo di tensione che eleva il potenziale del telaio del motore a un livello superiore a quello del potenziale di messa a terra della sorgente in corrispondenza del telaio dell'inverter. Tale tensione del telaio del motore costituisce una parte della tensione nel modo comune dell'inverter. La corrente nel modo comune cerca il percorso caratterizzato dalla impedenza più ridotta. Se nei percorsi previsti è presente un'impedenza elevata, ad esempio nel collegamento equipotenziale del telaio del motore, la tensione del telaio del motore convoglierà una parte della corrente nel modo comune lungo un altro percorso attraverso l'edificio. Gli impianti migliori sono dotati di diversi percorsi paralleli. Quasi tutti hanno un effetto ridotto sul valore della corrente nel modo comune o delle correnti d'albero, ma può essere significativo in termini di conformità ai requisiti di compatibilità elettromagnetica.

Cadute di tensione

Se il valore dell'induttanza è sufficientemente elevato, la reattanza alle frequenze superiori della corrente nel modo comune tipica, da 50 kHz a 1 MHz, può sostenere cadute di tensione superiori ai 100 V tra il telaio del motore e il telaio dell'inverter. Se in un caso simile l'albero del motore è collegato mediante un accoppiamento metallico a un sistema di ingranaggi o a un'altra macchina comandata dotata di un'efficace messa a terra e caratterizzata da un potenziale di messa a terra analogo a quello del telaio dell'inverter, è possibile che una parte della corrente nel modo comune dell'inverter passi attraverso i cuscinetti del motore, l'albero e la macchina comandata per ritornare all'inverter.

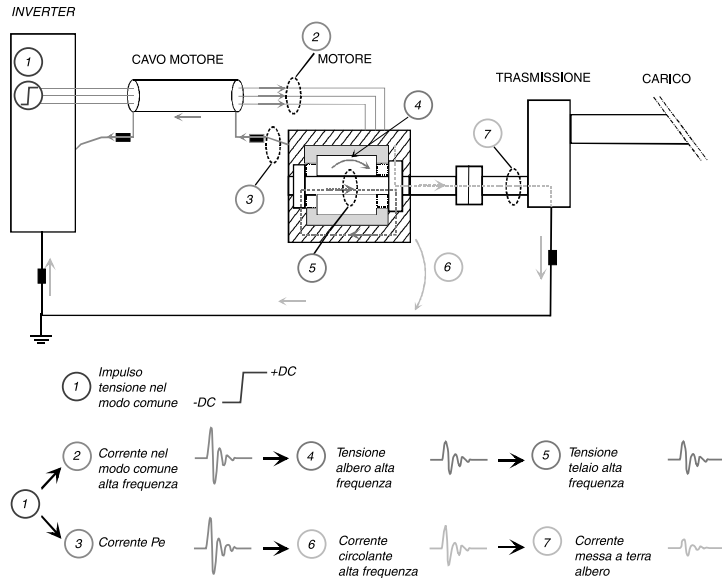


Figura 5: Il diagramma mostra la corrente circolante e la corrente di messa a terra dell'albero, dove la seconda è determinata da un'ele tensione del telaio motore con una messa a terra macchina di tipo superiore.

Se l'albero della macchina non è in contatto diretto con il terreno, la corrente può passare attraverso la trasmissione o i cuscinetti della macchina. Questi cuscinetti possono subire danni prima dei cuscinetti del motore.

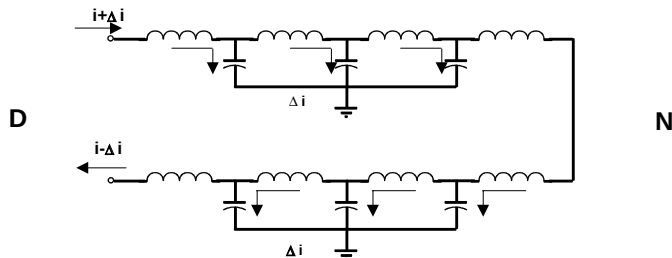


Figura 6: Sorgente della corrente d'albero circolante ad alta frequenza. La dispersione di corrente attraverso le capacitance distribuite dello statore determina una somma di corrente diversa da zero sulla circonferenza dello statore, con un effetto di magnetizzazione netta e passaggio intorno all'albero del motore.

Trasformatore nel modo comune

La maggior parte delle correnti capacitive del motore si forma tra gli avvolgimenti dello statore e il telaio del motore. Tale capacitanza è distribuita intorno alla circonferenza e per la lunghezza dello statore. Se è presente una dispersione di corrente nello statore lungo il magnete, il contenuto ad alta frequenza della corrente di ingresso nel magnete dello statore è superiore alla corrente residua.

Questa corrente netta determina un flusso magnetico ad alta frequenza che va a circolare nel pacco laminare dello statore, determinando una tensione assiale alle estremità dell'albero. Se la tensione è sufficientemente elevata, è possibile che si determini il passaggio di una corrente circolante ad alta frequenza, interna al motore, attraverso l'albero ed entrambi i cuscinetti. In questo caso il motore può essere considerato alla stregua di un trasformatore, nel quale la corrente nel modo comune che passa nel telaio dello statore funge da corrente del primario e induce il passaggio della corrente circolante nel circuito rotore o nel secondario. Tale corrente d'albero è considerata particolarmente dannosa con valori di picco tipici di 3-20 A in base alla potenza nominale del motore, al rapporto Du/dt dei componenti dello stadio di potenza dell'azionamento in c.a. e al livello di tensione del collegamento in c.c.

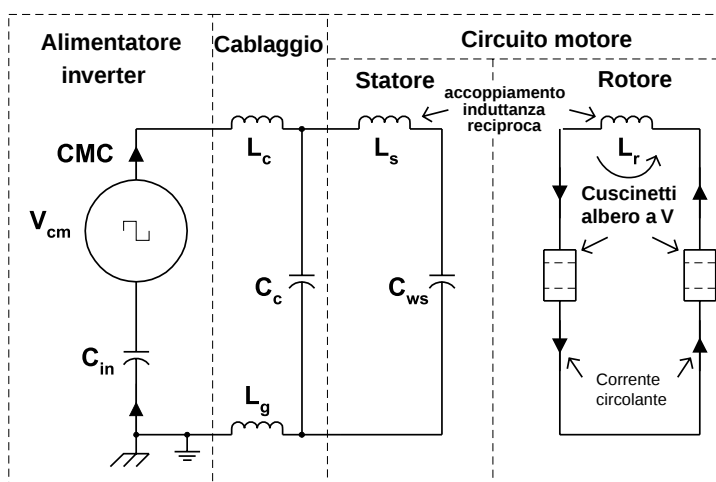


Figura 7: La tensione assiale dell'albero ad alta frequenza può essere considerata come il risultato di un effetto del trasformatore, in cui la corrente nel modo comune che transita nel telaio dello statore funge da primario, e induce una corrente circolante nel circuito del rotore o secondario.

Un'altra versione della corrente d'albero in circolo si determina quando la corrente, anziché circolare completamente all'interno del motore, passa attraverso l'albero e i cuscinetti della trasmissione o della macchina comandata e in un elemento strutturale esterno e comune sia al motore che alla macchina comandata. L'origine della corrente è la stessa di quella della corrente circolante all'interno del motore. La figura 8 mostra un esempio di questa corrente d'albero "vagante" in circolo.

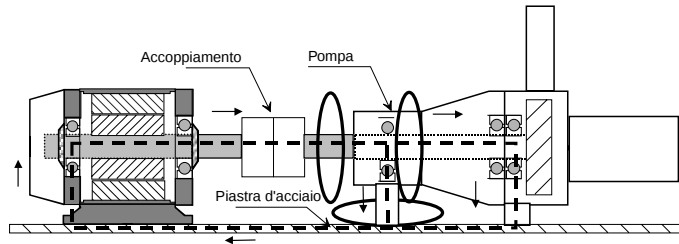


Figura 8: Corrente d'albero circolante, l'anello della corrente è esterno al motore.

Divisore di tensione capacitiva

Nel motore sono presenti anche altre capacitance parassite, ad esempio quella tra gli avvolgimenti dello statore e il rotore, oppure quella che si determina nel rilievo del motore tra il ferro dello statore e il rotore. Gli stessi cuscinetti possono presentare capacitance.

La presenza di una corrente capacitiva tra gli avvolgimenti dello statore e il rotore determina in modo efficace l'accoppiamento degli avvolgimenti dello statore al ferro del rotore, che è a sua volta collegato all'albero e alle piste interne del cuscinetto. Non solo un cambiamento repentino della corrente nel modo comune proveniente dall'inverter può determinare correnti nella capacitance intorno alla circonferenza e per la lunghezza del motore, ma anche tra gli avvolgimenti dello statore e il rotore verso i cuscinetti.

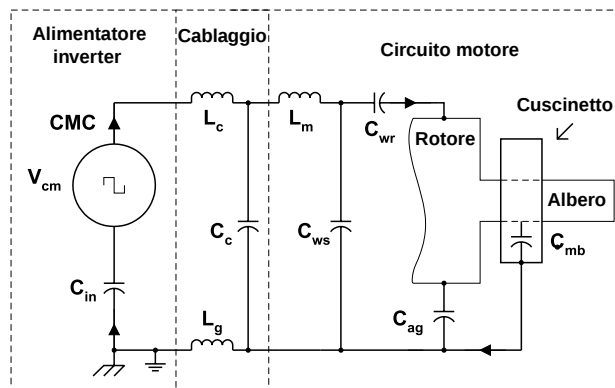


Figura 9: Anello nel modo comune dell'azionamento a velocità variabile, che mostra le capacitance parassite a livello dello statore, del rotore e del cuscinetto.

Il passaggio di corrente nei cuscinetti può variare rapidamente poiché dipende dallo stato fisico del cuscinetto in ogni momento. Per esempio, la presenza di corrente capacitiva nei cuscinetti permane solo finché le sfere dei cuscinetti risultano rivestite di olio o di grasso e non sono quindi conduttive. Questa corrente capacitiva, in corrispondenza della quale si verifica l'aumento della tensione indotta dell'albero, può essere cortocircuitata se la tensione dell'albero supera la soglia del rispettivo valore limite o se una sporgenza su una sfera interrompe la continuità del velo d'olio ed entra in contatto con le piste dei cuscinetti. A velocità molto bassa, il contatto metallico non viene meno poiché le sfere non salgono fino al velo d'olio.

Generalmente, il livello di tensione in corrispondenza del quale i cuscinetti risultano conduttivi dipende dall'impedenza dei cuscinetti. Tale impedenza è una funzione non lineare del carico, della temperatura e della velocità di rotazione del cuscinetto, nonché del lubrificante utilizzato. L'impedenza varia a seconda dei casi.

Capitolo 3 - Prevenzione dei danni causati dalle correnti d'albero ad alta frequenza

Tre modalità di approccio

Vi sono tre diversi modi per regolare le correnti d'albero ad alta frequenza: 1) un adeguato sistema di cablaggio e messa a terra, 2) l'interruzione degli anelli di corrente d'albero e 3) lo smorzamento della corrente ad alta frequenza nel modo comune. Tutti questi modi sono finalizzati a ridurre la tensione portante entro valori che non generino impulsi di corrente portante ad alta frequenza, né smorzino il valore degli impulsi a un livello che non influisca sulla durata dei cuscinetti. Le misure da adottare variano a seconda del tipo di corrente d'albero ad alta frequenza.

Alla base di tutti i metodi di controllo della corrente ad alta frequenza vi è un adeguato sistema di messa a terra. Le normali tecniche di messa a terra delle apparecchiature sono progettate principalmente per assicurare un collegamento caratterizzato da un'impedenza sufficientemente ridotta da garantire la sicurezza di macchine e personale in caso di guasti connessi alla frequenza del sistema. Un azionamento a velocità variabile può essere collegato a terra in maniera efficace alle elevate frequenze della corrente del modo comune, a condizione che l'installazione soddisfi i seguenti tre requisiti:

Cavi motore multipolari

Utilizzare esclusivamente cavi motore di tipo simmetrico e multipolare. La configurazione del conduttore di terra (massa di protezione, PE) nel cavo del motore deve essere di tipo simmetrico per evitare la formazione di correnti d'albero alla frequenza fondamentale. Per ottenere un conduttore PE di tipo simmetrico, si può collocare il conduttore attorno ai conduttori di fase oppure si può utilizzare un cavo con 3 conduttori di fase e 3 conduttori di terra disposti simmetricamente.

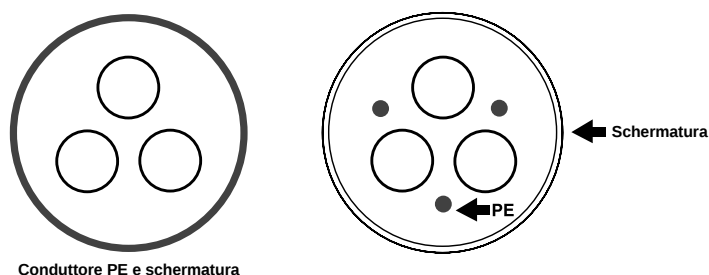


Figura 10: Cavo motore di tipo raccomandato con configurazione simmetrica dei conduttori.

Percorso a bassa impedenza

Configurare un percorso breve e a bassa impedenza per il ritorno della corrente del modo comune all'inverter. Il modo migliore e più semplice per farlo prevede l'impiego di cavi motore schermati. La schermatura dev'essere continua e realizzata con materiale perfettamente conduttivo (rame o alluminio), con collegamenti in corrispondenza delle 2 estremità realizzati mediante collegamento a 360°.

Le figure 11a e 11b mostrano i collegamenti a 360° relativi alle modalità di cablaggio in Europa e in America.

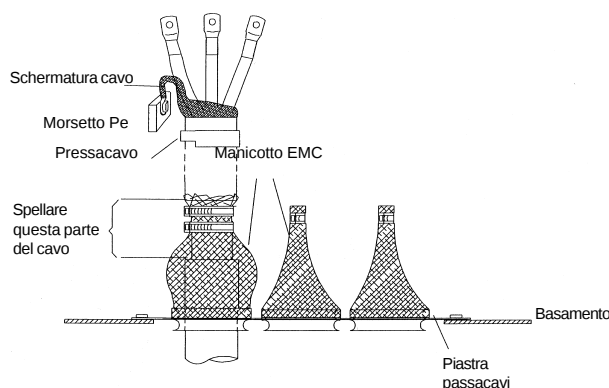


Figura 11 a: Collegamento a 360° conforme alle modalità di cablaggio europee. La schermatura è collegata al morsetto PE mediante un cavo a tortiglione il più corto possibile. L'isolamento esterno del cavo viene spellato per assicurare un collegamento ad alta frequenza a 360° tra il manicotto EMC e la schermatura del cavo.

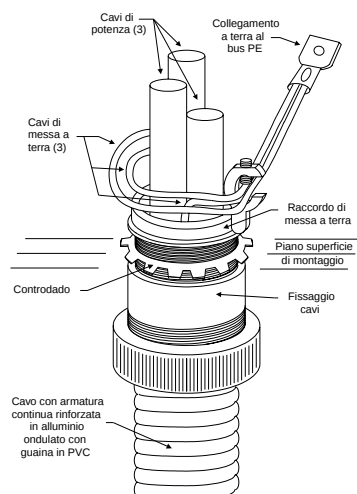


Figura 11 b: Collegamento a 360° conforme alle modalità di cablaggio americane. In corrispondenza delle estremità del motore è necessario utilizzare un raccordo di messa a terra per collegare in modo efficace i cavi di messa a terra all'armatura o al condotto.

**Collegamenti di
fissaggio ad alta
frequenza**

L'inserimento di collegamenti di fissaggio ad alta frequenza tra l'impianto e i punti di riferimento di terra noti per equalizzare il potenziale o gli elementi interessati, utilizzando bandelle di rame intrecciate 50 - 100 mm di larghezza; i conduttori piani assicurano un percorso di induttanza inferiore rispetto ai cavi rotondi. Il collegamento deve essere effettuato nei punti in cui si teme una discontinuità tra il livello di messa a terra dell'inverter e quello del motore. Talvolta è inoltre necessario equalizzare il potenziale tra i telai del motore e la macchina comandata al fine di ridurre il percorso della corrente attraverso il motore e i cuscinetti della macchina comandata.

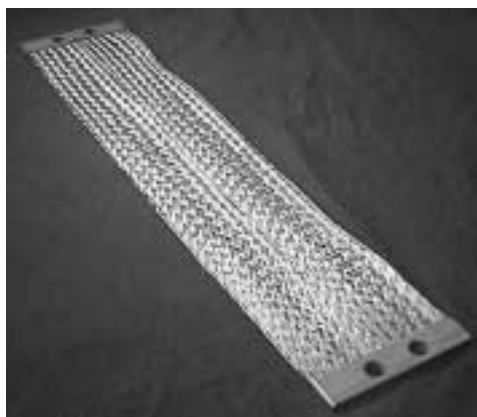


Figura 12: Bandella di fissaggio HF.

**Seguire le
istruzioni
specifiche del
prodotto**

Sebbene i principi di base dell'installazione siano gli stessi, ciascun prodotto può richiedere pratiche di installazione diverse. E' pertanto importante seguire con attenzione le istruzioni per l'installazione fornite nei manuali specifici dei singoli prodotti.

Altre soluzioni

E' possibile la rottura degli anelli di corrente d'albero mediante l'isolamento della struttura del cuscinetto. La corrente ad alta frequenza nel modo comune può essere smorzata utilizzando filtri dedicati. ABB, fornitore sia di inverter che di motori, è in grado di offrire la soluzione più idonea ai singoli casi oltre a istruzioni dettagliate sulle pratiche più idonee di cablaggio e di messa a terra.

Misurazione delle correnti d'albero ad alta frequenza

Il monitoraggio delle condizioni dei cuscinetti può essere effettuato mediante adeguate misure delle vibrazioni degli stessi.

E' impossibile misurare le correnti d'albero direttamente da un motore standard. Ma se si sospetta la presenza di correnti d'albero, si possono effettuare misurazioni sul campo per verificare se sono effettivamente presenti anelli di corrente. Gli strumenti di misurazione devono avere una larghezza di banda (minimo 10 kHz - 2 MHz) in grado di rilevare la presenza di valori di picco minimi di 150 - 200 A e di valori RMS minimi di 10 mA. Il fattore di cresta dei segnali misurati è raramente inferiore a 20. La corrente può utilizzare percorsi insoliti, ad esempio gli alberi in rotazione. Occorrono quindi apparecchiature speciali e personale qualificato.

ABB utilizza un sensore di corrente di tipo Rogowski, flessibile, con nucleo in aria e con accessori di tipo dedicato. Il sensore è stato utilizzato con successo per la misurazione di oltre un migliaio di azionamenti in tutto il mondo sulle più svariate applicazioni.

I punti di misurazione più importanti sono situati all'interno del motore. Durante le misurazioni, la velocità minima del motore deve essere pari al 10% di quella nominale perché i cuscinetti riescano a salire fino al velo d'olio. Ad esempio, la figura 13 mostra alcune misurazioni di base. La figura 14 mostra esempi di forme d'onda della corrente misurata. Gli inverter GTO venivano utilizzati prevalentemente negli anni '80, mentre attualmente sono più diffusi gli inverter IGBT. Si noti la differenza di scale nei diversi grafici.

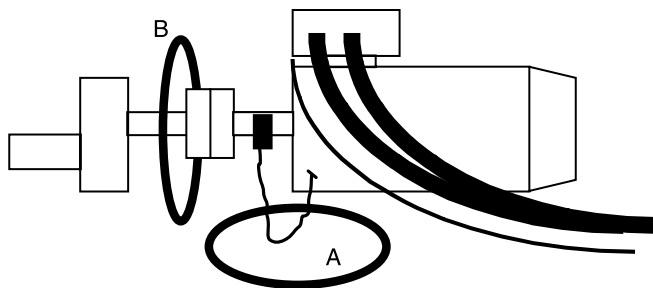
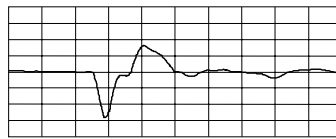
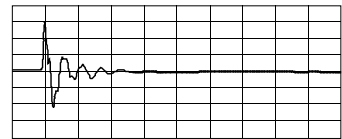


Figura 13: Misurazione di base: A) corrente circolante misurata mediante un ponticello, B) corrente di messa a terra dell'albero.

A) Corrente circolante

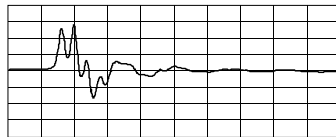


Inverter GTO, con divisioni da 5 μ s, 2A

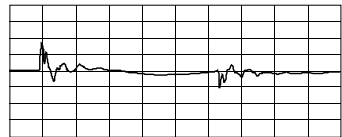


Inverter IGBT, con divisioni da 5 μ s, 2A

B) Corrente di messa a terra dell'albero



Inverter GTO, con divisioni da 2 μ s, 10A



Inverter IGBT, con divisioni da 5 μ s, 500mA

Figura 14: Esempi di forme d'onda della corrente nei punti di misurazione mostrati nella Figura 13.

Le misurazioni richiedono l'intervento di specialisti

Poiché non sono in commercio dispositivi di misurazione idonei e poiché è richiesta un'esperienza specialistica per effettuare le misurazioni e interpretarne i risultati, si raccomanda di fare effettuare le misurazioni delle correnti d'albero solo da personale specializzato.

Capitolo 4 - Riferimenti

1. *Grounding and Cabling of the Drive System*,
ABB Industry Oy, 3AFY 61201998 R0125
2. *A New Reason for Bearing Current Damage in Variable Speed AC Drives*
di J. Ollila, T. Hammar, J. Iisakkala, H. Tuusa. EPE 97, 7th European Conference on Power Electronics and Applications, 8-10 Settembre 1997. Trondheim, Norvegia.
3. *On the Bearing Currents in Medium Power Variable Speed AC Drives*
di J. Ollila, T. Hammar, J. Iisakkala, H. Tuusa. Verbali della IEEE IEDMC di Milwaukee, Maggio 1997.
4. *Minimizing Electrical Bearing Currents in Adjustable Speed Drive Systems*
di Patrick Link. IEEE IAS Pulp & Paper Conference Portland, ME, USA. Giugno 1998.
5. *Instruction on Measuring Bearing Currents with a Rogowski Coil*, ABB Industry Oy, 3BFA 61363602.EN.
6. *Laakerivirta ja sen minimoiminen säädettyjen vaihtovirtakäyttöjen moottoreissa*,
I. Erkkilä, Automaatio 1999, 16.9.1999, Helsinki, Finlandia. (In finlandese).
7. *High Frequency Bearing Currents in Low Voltage Asynchronous Motors*,
ABB Motors Oy and ABB Industry Oy, 00018323.doc.
8. *Bearing Currents in AC Drives*
di ABB Industry Oy and ABB Motors Oy. Serie di diapositive nel database LN "Document Directory Intranet" su ABB_FI01_SPK08/FI01/ABB
9. *The Motor Guide*
GB 98-12.

Fare riferimento anche ai manuali di installazione dei singoli prodotti.

Capitolo 5 - Indice analitico

A

ABB 17, 18
accoppiamento metallico 10
albero 7, 12, 13
albero del motore 5, 7, 10
alimentazione dell'inverter 9
alimentazione trifase 7, 8
anelli di corrente d'albero 15, 17
anello nel modo comune 9, 13
armatura 16
avvolgimenti del motore 10
avvolgimenti dello statore 11, 13
avvolgimento 7, 8, 9, 10, 11, 13
azionamento a velocità variabile 5, 13, 15
azionamento in c.a. 6, 7, 8

C

caduta di tensione 10
capacitanza parassita 7, 8, 10, 11, 13, 14
capacitanza del cavo 10
cavi motore di tipo simmetrico 5, 15
cavità EDM 6
cavo 15
cavo motore 15, 16
cavo nel modo comune 10
circuito del rotore 12
circuito nel modo comune 7
collegamenti di fissaggio 17
collegamento a 360° 16
condotto 16
conduttori piani 17
controllo della corrente ad alta frequenza 15
corente circolante 12
corrente circolante ad alta frequenza 12
corrente nel modo comune 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17
correnti d'albero 5, 6, 7, 12, 15, 18, 19
correnti d'albero a bassa frequenza 6
correnti d'albero ad alta frequenza 6, 7
correnti parassite 5
cuscinetti 5, 6, 7, 12, 13, 14
cuscinetti del motore 5

D

divisione della tensione interna 7

E

elettroerosione (EDM) 6
elevate frequenze di commutazione 5
estremità dell'albero 12

F

fascette intrecciate 17
fattore di cresta 18
filtri dedicati 17
filtro in corrispondenza dell'uscita dell'inverter 5
flusso ad alta frequenza 7
flusso magnetico 12
formazione di scanalature 6
frequenza di commutazione dell'inverter 8

I

IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistors) 6
impulsi di corrente 5
impulsi di tensione 5
inverter 7, 8, 9, 10, 13, 16, 17
inverter GTO 18
inverter IGBT 18

M

macchina comandata 7, 10, 12, 17
Mean Time Between Failure (MTBF) 6
misurazioni sul campo 18
motore 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 18
motori elettrici 5

N

neutro 8

P

pacco laminare di statore 12
percorsi della corrente d'albero 5
percorsi di messa a terra 5
piste 6, 14
piste dei cuscinetti 5
primario 12
PWM 7, 9

R

regolatore dell'azionamento 6
rotore 12, 13

S

schermatura 16
schermatura del cavo 16
schermatura elettrica 7
secondario 12
sensore di corrente di tipo Rogowski 18
sfera 14
sistema di ingranaggi 6, 10, 12
statore 7, 11, 13

T

telaio 17
telaio del motore 7, 9, 10, 11
telaio dell'inverter 5, 10
telaio dello statore 7, 11, 12
tensione assiale 12
tensione assiale dell'albero 12, 13

tensione bus in c.c. 8
tensione dell'albero 14
tensione dell'albero ad alta
frequenza 7
tensione indotta dell'albero 14
tensione nel modo comune 7,
8, 10
tensioni dell'albero 7
trasformatore 12
V
velo d'olio 7, 18



ABB Industria S.p.A.

Viale Edison 50

20099 Sesto S. Giovanni (Mi)

Tel: 02 - 26 23 27 32

Fax: 02 - 26 23 29 79

Internet: abb.industria@it.abb.com



Copyright © ABB Automation Group Ltd, 2000 3BFE 64319434 R0104 Specifiche suscettibili di modifiche senza preavviso.

IT 3.3.2000