

Estratto del lavoro

Il lavoro sperimentale contenuto nella presente tesi è stato realizzato presso lo “SPEED Laboratory” della University of Glasgow, sotto la supervisione del professor David Dorrell.

In questo lavoro è stato analizzato il fenomeno delle correnti tra barre in rotor di tipo “pressofuso” con barre in rame per motori asincroni.

Sono stati eseguiti diversi test sperimentali su rotor aventi la stessa inclinazione delle barre in diverse situazioni: rotore sano, rotore con una barra rotta e rotore con tutte le barre rotte.

Il lavoro è stato suddiviso in due parti principali a seconda dei test eseguiti: test in corrente continua e test a rotore bloccato.

I test in corrente continua sono descritti nei capitoli 3 e 5.

Il rotore è stato suddiviso in cinque sezioni di ugual lunghezza e i test sono stati eseguiti iniettando corrente continua nel rotore attraverso apposite piastre di rame e misurando la caduta di tensione nelle cinque sezioni di ogni barra.

La caduta di tensione sulla barra del rotore sano ha evidenziato un andamento pressoché convesso.

L'andamento non costante nella prima e nell'ultima sezione viene giustificato dalla posizione dei rispettivi punti di misura, situati in corrispondenza degli anelli, la cui sezione è molto maggiore di quella delle barre, perciò la caduta di tensione in quelle sezioni risulta minore a causa della minore resistenza incontrata dalla corrente.

La caduta di tensione riscontrata nel rotore avente una barra rotta mostra invece differenti andamenti: andamento non uniforme lungo la barra soggetta a rottura, andamento costante nelle barre adiacenti ad essa, andamento concavo nelle barre situate a circa 90 gradi dalla barra rotta, andamento convesso nelle barre opposte. In particolare, la caduta di tensione sulla barra rotta è costante nelle prime due sezioni, aumenta nella sezione centrale, diminuisce nella quarta sezione per poi aumentare nuovamente nell'ultima sezione, dove la barra è rotta.

Inoltre la caduta di tensione totale è differente in ogni barra; in particolare è massima nelle barre situate a circa 90 gradi dalla barra rotta e minima nella barra opposta.

Questo può essere dovuto alla redistribuzione delle correnti nelle barre dopo il guasto: la parte sana del rotore compensa quella guasta.

Si può quindi affermare che, nel rotore con una barra rotta, le barre sono affette in modo differente dal guasto; solo le barre lontane dalla barra rotta hanno un comportamento simile a quello riscontrato nel rotore sano.

Tutti questi fenomeni possono essere giustificati dalla presenza delle correnti tra barre, ma i soli test in corrente continua non sono sufficienti per determinare la via principale della corrente nel nucleo, poiché essa dipende dallo stretto contatto tra rame ed il nucleo magnetico rotorico, il quale dipende dai processi produttivi industriali.

Future indagini su tale fenomeno potranno essere svolte utilizzando programmi di simulazione, i quali potrebbero essere in grado di offrire maggiori informazioni sull'effettivo comportamento delle correnti tra barre e, in particolare, sul percorso che queste correnti compiono nel nucleo.

Effettuando lo stesso test su un rotore totalmente guasto (ossia, con tutte le barre rotte), gli andamenti delle cadute di tensione sulle barre mostrano tutti il medesimo comportamento; in particolare, si è riscontrato un andamento concavo delle cadute di tensione in ogni sezione, il quale rappresenta esattamente l'andamento opposto a quello riscontrato nel rotore totalmente integro (andamento convesso).

La caduta di tensione è maggiore nella prima e nell'ultima sezione di ogni barra.

Nell'ultima sezione questo potrebbe essere dovuto dall'effettiva maggior resistenza causata dal buco sulla barra.

Per quanto riguarda la prima sezione, invece, questo valore della caduta di tensione potrebbe essere causato dalla presenza dei buchi nelle barre adiacenti.

Ciò significa che, quando tutte le barre sono rotte, ogni barra influenza l'altra, perciò in questo caso ogni barra è affetta nello stesso modo dal fenomeno della corrente tra barre.

Nel capitolo 4 è riportata una lunga trattazione inerente al test a rotore bloccato, il quale mette in luce l'effetto di un guasto di rotore all'avviamento.

Come nel test in corrente continua, sono stati testati due rotori, uno totalmente integro e l'altro guasto, inizialmente con una sola barra rotta e successivamente con tutte le barre rotte.

Durante questi test sono state misurate, in differenti posizioni del rotore (ogni 1,33 gradi meccanici, per un totale di 30 gradi), la coppia allo spunto e, nel caso di rotori guasti, la caduta di tensione in ogni sezione di una barra rotta.

Rispetto a test analoghi svolti in passato nello stesso laboratorio, in questo caso è stato introdotto un nuovo sistema di raffreddamento della macchina, il quale ha permesso di svolgere fino a sette prove

giornaliere rispetto alle due precedenti, preservando il motore da problemi termici che non erano assolutamente trascurabili durante i test.

Il primo tipo di misure svolte sul rotore con una barra rotta mostra che la caduta di tensione è sempre maggiore nell'ultima sezione (dove la barra è rotta); la caduta di tensione nella prima sezione è leggermente superiore rispetto alla caduta di tensione nelle tre sezioni centrali ed il periodo di tutte le curve trovate è il medesimo ed uguale all'angolo meccanico tra le cave di statore. Lo stesso tipo di misure è stato effettuato sul rotore avente tutte le barre rotte. I risultati mostrano che solo le curve appartenenti alle sezioni centrali presentano un comportamento alternato.

La caduta di tensione in ogni sezione vicina agli anelli, la quale contiene il guasto (foro) oppure è in prossimità di esso, è quasi costante. Inoltre, i valori medi di queste curve sono sostanzialmente gli stessi della curva associata alla sezione centrale.

Sembra quindi che i buchi posizionati in modo alternato nelle barre producano una simmetrica redistribuzione delle correnti in altre parti del nucleo magnetico di rotore in direzione degli anelli, perciò la caduta di tensione in queste sezioni (prima e ultima) non è influenzata né dall'angolo meccanico delle cave di statore, né dalla presenza del buco stesso.

I test a rotore bloccato hanno richiesto molti mesi di lavoro poiché si è posta attenzione al fenomeno dell'attrito statico, ovvero si è verificato se la presenza di attriti durante l'avviamento potesse in qualche modo influenzare le misure realizzate ed in particolar modo il valore della coppia.

Per accertare il fenomeno dell'attrito statico, i test a rotore bloccato sono stati svolti sia con collegamento diretto delle fasi ("forward"), sia con collegamento inverso ("backward"), per entrambi i versi di avanzamento dell'angolo di rotore, quindi sia in verso orario che antiorario.

Se l'attrito è trascurabile durante le misure, le forme d'onda della coppia, con la medesima configurazione delle fasi e versi di avanzamento opposti, dovranno risultare coincidenti.

Nel caso di rotore totalmente integro, si è verificato che la connessione delle fasi ("forward" o "backward") non influenza il valore della coppia.

Nel caso di rotore avente una barra rotta, la coppia d'avviamento dipende dalla connessione delle fasi. Infatti, è stato verificato un differente valore della coppia per ogni posizione angolare del rotore e si è evidenziata una forma d'onda totalmente opposta e di valore medio differente a seconda della connessione delle fasi scelta.

Nel caso di rotore avente tutte le barre rotte, l'andamento della coppia a seconda della connessione delle fasi scelta è ancora opposto, ma la differenza riscontrata tra i valori medi risulta minore

rispetto al caso precedente; questo potrebbe essere dovuto al ripristino della simmetria elettrica del rotore.

Si può affermare che questi andamenti opposti in caso di rotore guasto non sono causati dalla presenza di attriti durante l'avviamento, poiché nel rotore totalmente integro gli andamenti della coppia in configurazione diretta ("forward") e inversa ("backward") sono invece perfettamente coincidenti.

È quindi lecito supporre che la causa di tali andamenti riscontrati nei rotor guasti sia la presenza delle correnti tra barre.

Infine, per entrambi i rotor testati, le prove a rotore bloccato hanno messo in evidenza che l'inclinazione delle barre non rimuove totalmente la dipendenza della coppia d'avviamento dalla posizione del rotore; questo risultato sperimentale si discosta da quanto generalmente accettato in teoria, ossia che questo accorgimento costruttivo ("skew") non solo riduca le vibrazioni e il rumore provocati dal passaggio delle cave, ma anche mantenga la coppia costante all'avviamento in ogni posizione del rotore.