

# SOMMARIO

Il presente elaborato di tesi, svolto presso l'azienda Ansaldo Sistemi Industriali di Milano, si pone come obiettivi sia lo studio delle sovratensioni nei motori a induzione causate dalle riflessioni d'onda, sia l'analisi delle correnti di modo comune nei sistemi gestiti da inverter con modulazione PWM.

Per quanto concerne il problema delle sovratensioni, l'attività è stata condotta sviluppando modelli circuitali in grado di interpretare il fenomeno, focalizzando l'attenzione su alcuni parametri caratteristici della linea di alimentazione, quali la natura dell'impulso generato dall'inverter, le caratteristiche elettriche del cavo (resistenza, induttanza e capacità), la sua lunghezza e l'impedenza caratteristica del motore.

Nella seconda parte del lavoro sono stati analizzati i percorsi delle correnti di modo comune negli impianti comandati da inverter con l'intento di trovare metodi efficaci per contrastare o ridurre i disturbi generati dal passaggio della corrente stessa nell'impianto.

Inoltre è stata condotta una ricerca inerente alle correnti di cuscinetto e al loro effetto sul motore in quanto connesse alla tipologia del sistema in esame.

Il lavoro di ricerca di materiale bibliografico, la creazione dei modelli e le misure sono state fatte in collaborazione al collega Ivano Monza.

Personalmente mi sono occupato della prima parte dell'elaborato e quindi dello studio delle sovratensioni ai morsetti del motore causate dall'onda riflessa.

Per analizzare il problema abbiamo simulato il fenomeno con motori di differente potenza: 18,5 kW, 75 kW e 300 kW.

Si è passati quindi a definire l'impedenza caratteristica di ogni motore e successivamente sono stati ottenuti i coefficienti di riflessione in relazione al cavo di alimentazione adottato.

Per ogni motore sono stati simulati due diversi "rise-time" dell'impulso, in modo da caratterizzare due diversi dispositivi di commutazione con differenti prestazioni: IGBT veloci (0,1  $\mu$ s) e IGBT lenti o BJT (0,4  $\mu$ s).

Per ciascun rise-time e potenza del motore, sono state definite quattro lunghezze della linea da simulare in funzione della lunghezza critica: estremamente corta, corta, uguale e maggiore.

Si sono svolte quindi otto simulazioni per ogni motore.

Lo studio del problema è stato affrontato seguendo la teoria delle linee di trasmissione.

La linea è stata simulata con due modelli differenti: uno complesso fornito dal programma di simulazione, che tiene conto dell'equazione dei telegrafisti, ed uno semplificato basato su una divisione della linea in celle con parametri concentrati.

Lo scopo di queste simulazioni è sia di analizzare la tensione ai morsetti del motore in funzione della lunghezza della linea, sia di osservare la dinamica di smorzamento della sovratensione dovuta alla riflessione multipla, che porterà alla fine del transitorio a un valore di regime pari all'ampiezza dell'impulso inviato.

Oltre alle simulazioni, sono state condotte delle prove in laboratorio variando l'assetto del sistema, in particolare aumentando la lunghezza dei cavi e introducendo una reattanza in uscita dall'inverter.

Dal lavoro sono emerse alcune considerazioni, tra le quali:

- per valori di lunghezza critica, si osserva sempre lo sviluppo della sovratensione massima, come previsto dalla teoria;
- oltre la lunghezza critica, la sovratensione è indipendente dalla lunghezza del cavo;
- al crescere della potenza del motore, diminuisce il coefficiente di riflessione e di conseguenza il valore di sovratensione massima riscontrato;
- la pendenza del fronte di salita ( $dv/dt$ ) ai capi del motore nelle simulazioni risulta maggiore rispetto a quello dell'impulso generato dall'inverter, in contrapposizione ai dati sperimentali ottenuti nelle prove di laboratorio;
- nella maggior parte dei casi, il modello della linea costituito da venti sezioni R-L-C fornisce risultati molto simili rispetto a quello completo.

Su banco di prova è stato verificato come l'introduzione di una reattanza in linea sia in grado di ridurre l'ampiezza della sovratensione e la pendenza del fronte di salita ai capi del motore.