

L'IMPORTANZA DELL'INVERTER PER L'AUTOMAZIONE

L'inverter nell'ambito dell'automazione industriale è considerato una tecnologia vincente in grado di far ottenere un miglioramento dell'efficienza produttiva

Carlo Marchisio



I motori asincroni trifase possono essere considerati tra le macchine elettriche più affidabili; grazie alla loro semplicità costruttiva svolgono la loro funzione per molti anni con interventi di manutenzione assai ridotti e si adattano

a prestazioni diverse in base alle esigenze, coprendo sia applicazioni di produzione sia di servizio. Tenendo presente che il costo di un motore nella propria vita è dovuto per circa il 98% al consumo di energia e per il rimanente

2% alle spese di acquisto e manutenzione, si capisce, visto anche il massiccio impiego in ambito industriale, come possa essere importante un miglioramento dell'efficienza energetica attuando una riduzione dei consumi elettrici tramite il

ricorso, ad esempio, di azionamenti a velocità variabile (inverter). Il motore infatti, se collegato direttamente alla rete di alimentazione, ruota a una determinata velocità che dipende dalla frequenza della rete stessa e dal numero dei poli dell'avvolgimento statorico della macchina; in prima approssimazione la possiamo definire secondo la relazione:

$$n = 60 \times f/p, \text{ dove}$$

$$n = \text{giri/min}$$

$$f = \text{frequenza di alimentazione}$$

$$p = \text{n° di coppie polari del motore.}$$

Dalla formula possiamo vedere che, non essendo possibile andare a modificare il numero di coppie polari (tralasciamo il caso dell'utilizzo di motori a poli commutabili), l'unico parametro sul quale possiamo andare ad agire è la frequenza di alimentazione; per effettuare questo tipo di controllo è possibile avvalersi di convertitori DC/AC inverter, che permettono di modulare la frequenza di alimentazione del motore in funzione del carico. Con l'impiego degli inverter si può realizzare una variazione continua della velocità a coppia costante, da pochi giri al secondo fino alla velocità nominale del motore; per evitare correnti armoniche l'inverter deve produrre una tensione d'uscita essenzialmente sinusoidale, anche se i semiconduttori che lo costituiscono lavorano in regime di commutazione.

Inverter: tecnologie e classificazioni

La conversione statica dell'energia elettrica da una rete in alternata a frequenza fissa ad una rete in alternata a frequenza variabile può essere realizzata seguendo due alternative: conversione diretta mediante l'impiego di un cicloconvertitore, dove la tensione alternata alla frequenza di alimentazione è convertita direttamente in tensione alternata a frequenza diversa (ma di valore inferiore all'originale) senza alcuno stadio intermedio in corrente continua; conversione indiretta, dove la conversione si effettua ricorrendo all'inserimento di uno stadio intermedio in corrente continua, solitamente rappresentato da componenti semiconduttori controllati (IGBT, GTO) oppure da semplici ponti a diodi, e di un secondo stadio che compie la conversione continua/alternata a frequenza variabile tramite l'utilizzo di un inverter.

Gli inverter sono dei dispositivi a commutazione forzata che effettuano la conversione di una tensione (corrente) continua a tensioni (correnti) alternate propriamente sinusoidali, con ampiezza e frequenza regolabili. Le applicazioni sono molteplici, ma questi convertitori vengono principalmente utilizzati come alimentatori in c.a. in diverse applicazioni, tra le quali:

- stadi di isolamento per convertitori CC/AC basati sull'impiego di trasformatori ad alta frequenza;

- controllo di velocità e/o coppia per il pilotaggio di motori in corrente alternata;

- applicazioni riguardanti i pannelli fotovoltaici, che trasformano la tensione continua in tensione alternata da poter utilizzare in ambito domestico o immettere sulla rete di distribuzione;

- alimentatori in alternata, tipicamente alle frequenze di rete (gruppi di continuità UPS) che assicurano l'alimentazione del carico anche in caso di black-out.

Una prima classificazione degli inverter è fatta in base alla tipologia di accumulo esistente nello stadio in continua. Sono denominati inverter a tensione impressa o VSI (Voltage Source Inverter) quando al lato continua è presente una sorgente di tensione realizzata tramite un condensatore C (di grosse dimensioni) che ha la funzione di mantenere sostanzialmente costante la tensione di alimentazione nello stadio inverter, che a sua volta sarà in grado di generare una tensione di uscita controllabile. Sono invece denominati inverter a corrente impressa o CSI (Current Source Inverter) quando vi è una sorgente di corrente normalmente realizzata con un sistema di raddrizzamento da rete a tiristori con un grosso accumulo ener-

IL PARERE DELL'ESPERTO

Azionamenti elettrici sensor-less per motori sincroni a magneti permanenti

Il controllo accurato della posizione e/o della velocità di rotazione di un motore elettrico, in particolare sincrono a magneti permanenti, richiede l'utilizzo di un trasduttore di posizione installato sull'albero, necessario principalmente per la regolazione ottima di coppia (es. controllo Field Oriented Control, FOC), e anche per la regolazione della posizione meccanica del rotore e della velocità. Tale elemento è relativamente costoso e delicato, e rappresenta spesso una fonte di riduzione dell'affidabilità complessiva dell'azionamento, legata anche alla necessità di un cablaggio dedicato. Per tali motivi una parte significativa della

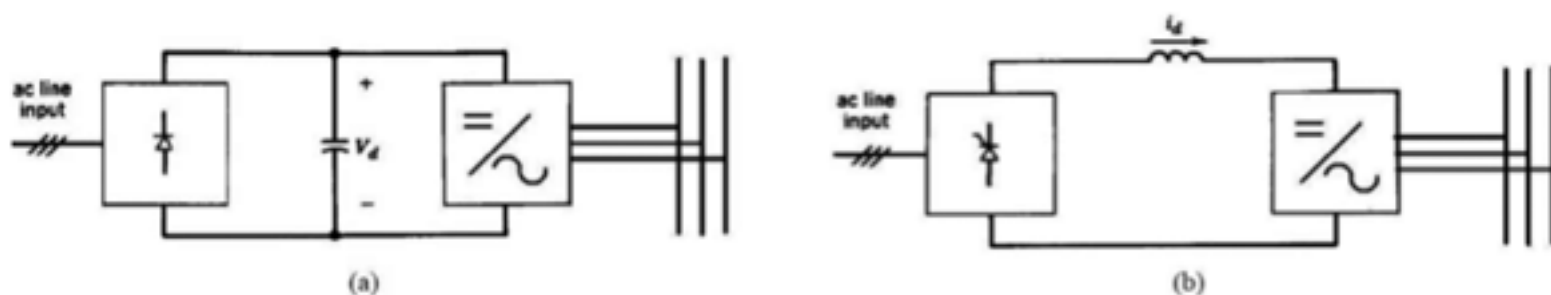


ricerca, sia in ambito accademico, sia industriale, è concentrata sullo studio di soluzioni che consentano di stimare la posizione istantanea e/o la velocità angolare attraverso algoritmi che utilizzano le normali misurazioni disponibili all'azionamento (es. le correnti di fase e la tensione del bus in

continua dell'inverter). Ovviamente le prestazioni ottenibili attraverso gli algoritmi di stima non sono confrontabili con quelle ottenute con una misurazione "diretta", sia dal punto di vista della precisione, sia della risposta dinamica. La classe degli azionamenti "sensor-less" è perciò ad oggi utilizzabile soltanto in quelle applicazioni in cui i requisiti di precisione e dinamica non siano esasperati. Molti costruttori hanno a catalogo azionamenti sensor-less di velocità per motori sincroni a magneti permanenti isotropi (nei quali cioè l'induttanza di fase è pressoché costante al variare



Ing. Roberto Petrella,
ricercatore e professore
aggregato di azionamenti
elettrici presso il
Dipartimento di Ingegneria
Elettrica, Gestionale
e Meccanica (DIEG)
dell'Università di Udine



Inverter a tensione impressa (a) e a corrente impressa (b)

getico di tipo induttivo; lo stadio intermedio è rappresentato da un'induttanza. L'inverter può quindi generare una corrente di uscita controllabile. Gli azionamenti con convertitori a corrente impressa, a differenza dei VSI, trovano un impiego limitato, tipicamente solo nel campo delle potenze medio-alte.

Azionamenti elettrici

I sistemi elettrici richiedono regolazioni per il normale funzionamento o per ottimizzare le prestazioni; una tipologia di regolazioni e controllo comprende il campo degli azionamenti di motori elettrici: sincroni, asincroni, a corrente continua, passo-passo ecc. L'azionamento elettrico è un sistema che converte l'energia elettrica che riceve in ingresso, in energia meccanica in uscita. Tale conversione avviene in genere mediante l'uso di elettronica di potenza e seguendo una particolare funzione, detta funzione di comando. In tal modo è possibile far seguire ad un motore elettrico un comportamento desiderato per uno scopo prefissato. Il sistema comprende quattro com-

ponenti principali: il convertitore di potenza, il motore elettrico, il sistema di controllo e i sensori. Nei casi più semplici il motore è collegato direttamente all'alimentazione elettrica senza uso di convertitore e sistema di controllo, in questo caso si realizzano azionamenti a velocità costante.

Componenti

La sezione di alimentazione comprende l'insieme delle apparecchiature e dei componenti che consentono l'accoppiamento tra la sorgente di alimentazione di potenza ed il convertitore. Questa sezione provvede all'eventuale adattamento tra tensione fornita dalla linea di alimentazione e quella richiesta dal convertitore. I dispositivi solitamente presenti sono: interruttore generale, dispositivi di protezione, eventuale trasformatore (o autotrasformatore). Il convertitore elettronico di potenza utilizzato negli azionamenti è scelto in base al tipo di motore e alla modalità di controllo che si vuole attuare.

Il sistema di controllo (controllore) è costituito

dall'insieme dei dispositivi che svolgono tutte le funzioni di controllo dell'azionamento, tra cui il pilotaggio delle valvole, la determinazione del comportamento statico e dinamico del motore e funzioni diagnostiche. Il sistema di controllo spesso è costituito da un sistema a microprocessore. Può ricevere informazioni sullo stato del motore dai sensori di retroazione. I trasduttori (o sensori) installati nell'azionamento compiono misure di controllo sul motore elettrico in modo da realizzare la retroazione. Tali componenti trasformano la grandezza misurata in una grandezza compatibile con il sistema di controllo. Le misure sono di tipo elettrico, a monte del motore, o meccaniche, a valle del motore. Generalmente viene misurata la tensione di alimentazione e la corrente assorbita dal motore, la velocità di rotazione e la posizione dell'albero del motore.

Da evidenziare come gli azionamenti ad "anello aperto" non necessitano dei trasduttori di retroazione. Il carico meccanico è la macchina o il dispositivo che si vuole movimentare, il quale può essere collegato al motore direttamente

della posizione angolare del rotore), cioè la stragrande maggioranza dei motori a magneti permanenti disponibili sul mercato. Sono dichiarate prestazioni nel controllo sensor-less di velocità che consentono il funzionamento fino a qualche percento (da 2 a 5%) della velocità nominale, con bande di controllo fino a circa 10Hz e precisione di qualche frazione di percento (es. 0.2%). Il controllo al di sotto di quella soglia e/o in regolazione di posizione, in cui è necessario un funzionamento attivo a velocità nulla, non è previsto (e non è possibile) in quanto la stima della posizione angolare del rotore non è normalmente "affidabile" in quell'intervallo di velocità e a rotore fermo. È però ammesso l'avviamento con algoritmi di tipo "ad anello aperto", che consentono di accelerare il motore fino ad una velocità tale per cui le stime siano affidabili e sia possibile pertanto il controllo in anello chiuso. La stima della posizione angolare istantanea del rotore per motori isotropi viene normalmente effettuata attraverso "osservatori" (di flusso concatenato e/o di tensione indotta), cioè sistemi dinamici (equazioni differenziali) opportunamente "risolte"

in tempo reale dal microcontrollore dell'azionamento. Al di sotto di una certa velocità questi modelli non riescono a fornire stime affidabili. Addirittura a velocità nulla il sistema fisico (cioè il motore) non è "osservabile", ossia non è possibile stimare la posizione angolare se non attraverso un'alimentazione supplementare rispetto a quella normalmente richiesta per far girare il motore.

Per venire incontro all'esigenza di funzionamento controllato a bassa velocità e/o a velocità nulla si propone (da quasi un paio di decenni a livello di ricerca, da pochissimi anni a livello commerciale) l'utilizzo di motori anisotropi. Esempi di motori magneticamente anisotropi sono quelli in cui i magneti sono "annegati" all'interno del rotore stesso e non disposti sulla sua periferia esterna (come avviene nel caso isotropo). In tal modo la riluttanza magnetica (e, quindi, l'induttanza) risulta diversa al variare della posizione angolare del rotore. I principali vantaggi di questa classe di motori sono:

- maggiore robustezza meccanica del rotore, che li rende

o tramite qualche dispositivo meccanico (un eventuale riduttore di velocità).

Il funzionamento

Il sistema di controllo retroazionato confronta il movimento desiderato del motore (il Set Point) con il suo movimento effettivo, misurato dal traduttore. Se il segnale di set point e quello di retroazione differiscono, il sistema di controllo elabora un'adeguata azione in modo da intervenire attraverso il convertitore sul funzionamento del motore ed ottenere il movimento desiderato.

Tipologie di controllo

Il controllo del moto nei sistemi automatici è realizzato in modi differenti in funzione delle esigenze in termini di precisione, prontezza, qualità del transitorio, ecc. Le specifiche sui moti che devono essere realizzati possono essere varie e sono determinate in fase progettuale, in funzione della specifica applicazione. È possibile classificare tre tipologie di controllo fondamentali, in ordine crescente di prestazioni richieste: variazione, regolazione, inseguimento.

• **Variazione.** Rappresenta la situazione in cui un parametro è normalmente costante e occasionalmente se ne vuole variare il valore, senza richiedere una notevole precisione in termini di assestamento (durata del transitorio) ed errore a regime (lo scostamento tra il valore desiderato e il valore effettivo della grandezza controllata). La variazione della grandezza controllata si ottiene normalmente con un controllo senza

retroazione, quindi ad anello aperto.

• **Regolazione.** Quando si vuole imporre un valore desiderato alla grandezza controllata, garantendo tempi di assestamento ed errori a regime sotto tolleranze definite in fase progettuale. Normalmente questo richiede un sistema retroazionato.

• **Inseguimento.** La situazione in cui l'azionamento deve seguire con precisione il movimento desiderato con un'elevata dinamica. Questi sistemi sono detti anche servosistemi. L'azionamento retroazionato deve garantire tempi di assestamento ed errori a regime (detti in questo caso errori di inseguimento) piccoli per permettere di seguire il più fedelmente e con prontezza il movimento desiderato. La grandezza da controllare può essere la velocità o la posizione. Si hanno anche controlli sulla coppia, che salvo rare occasioni non è utilizzata fine a se stessa, ma per un controllo di posizione o velocità per migliorare le prestazioni dinamiche dell'azionamento.

Controllo della velocità

L'impiego di azionamenti per il controllo della velocità di motori elettrici ha un largo campo di impiego; le applicazioni principali sono in periferiche di computer, macchine utensili e unità robotiche, banchi prova, ventilatori, pompe e compressori, la trazione elettrica e la propulsione navale.

L'incremento dell'uso di azionamenti elettrici in diversi campi ha diverse motivazioni, legate a vari vantaggi:

- Negli impianti di pompe, compressori o mac-



chine centrifughe che funzionano a velocità costante il flusso del fluido o del gas è regolato attraverso valvole di tiraggio o altri accorgimenti meccanico-idraulico.

L'uso di regolatori di velocità permette di adattare la velocità del motore elettrico al flusso richiesto escludendo regolazioni meccaniche; questo porta l'impianto a consumare globalmente minor energia elettrica.

- L'introduzione del controllo di velocità in alcuni processi industriali permette di rendere il funzionamento globale più efficiente.

- L'avviamento di motori elettrici alla tensione nominale o di rete porta a sforzare il sistema meccanico rotante per l'improvvisa applicazione della coppia d'avviamento, e l'impianto elettrico per l'elevata corrente di avviamento assorbita dal motore. L'uso dell'azionamento permette "avviamenti dolci" evitando questi sforzi.

maggiormente adatti ad un funzionamento ad alta velocità; presenza di una componente di coppia addizionale, legata all'anisotropia;

- possibilità di utilizzare metodi di stima di tipo "injection-based" per la stima della posizione angolare anche a rotore fermo.

Supponendo nota la relazione esistente tra la posizione angolare del rotore e il valore di induttanza, e di essere in grado di stimare/misurare istantaneamente l'induttanza, si riesce a calcolare la posizione del rotore. Il motore stesso viene perciò utilizzato come "sensore" di posizione. Da qui la definizione di "self-sensing", che alcune volte viene attribuita a queste metodologie. La stima di induttanza viene effettuata iniettando tensioni ad una frequenza sufficientemente alta (da qualche centinaio di Hz, a qualche kHz) tale da non influenzare la produzione di coppia ma, al contempo, tale da produrre correnti di entità misurabile da cui estrarre la stima di induttanza/posizione. L'implementazione del principio di base non consente però di realizzare azionamenti sensor-less di prestazioni particolarmente elevate. Vanno infatti considerati aspetti

addizionali (quali, ad esempio, gli effetti di saturazione magnetica e/o di cross-saturazione tipici dei motori a magneti permanenti annegati), che sono fortemente correlati a caratteristiche costruttive del motore stesso, principalmente il tipo di materiale magnetico utilizzato per i lamierini di statore e rotore e la "forma" del rotore (cioè il numero e la dimensione delle barriere di flusso, il numero e la dimensione dei magneti permanenti). Queste argomentazioni rappresentano, insieme alla limitata diffusione dei motori anisotropi e alle ridotte prestazioni ottenibili rispetto ad un azionamento con sensore, una dei principali motivi per cui gli azionamenti sensor-less di tipo "injection-based" sono ancora poco diffusi. Se non nelle applicazioni nelle quali il fornitore dell'azionamento ha la possibilità di studiare e "tarare" l'azionamento sull'effettivo motore che verrà poi utilizzato nell'applicazione. Per i motivi illustrati e in virtù degli importanti benefici legati ad un diffuso utilizzo di azionamenti sensor-less in ambito industriale, una gran parte della ricerca accademica e industriale a livello Internazionale è tuttora fortemente impegnata nello studio di questi argomenti.

La parola a...



Marco Filippis

Product Manager Servosystems, Robotics & Motion Control di Omron Electronics

Omron è uno dei maggiori produttori di sistemi di controllo, particolarmente attivo nello sviluppo e applicazione di nuove tecnologie: componenti di rilevamento e controllo per l'automazione industriale; è inoltre presente nel settore dei componenti per l'industria elettronica e nelle apparecchiature medicali

? Considerazioni e consigli agli installatori sulla sicurezza del macchinario per l'applicazione inverter.

È necessario anzitutto spiegare perché l'inverter introduce disturbi in rete. Lo stadio principale dell'inverter è quello di inversione realizzato da un ponte di IGBT, mediante il quale è ricostruito il segnale in uscita con tecnica PWM. Ciò comporta l'introduzione di armoniche di ordine superiore che si riversano sia sulla rete a monte sia sulla linea del carico a valle.

? Vostre indicazioni tecniche all'installatore per il problema disturbi: inserimento filtri ecc.? Tutte le apparecchiature elettroniche "soffrono" le onde elettromagnetiche. Nel caso degli inverter la problematica riguarda l'immissione in rete di disturbi EMC che possono influenzare il comportamento di altri apparecchi collegati alla stessa rete. Per ovviare a tale inconveniente, consigliamo di inserire dei filtri a monte dell'inverter che abbattano il contenuto armonico prodotto dall'inverter stesso. Per quanto riguarda l'utenza collegata all'inverter, è opportuno invece l'inserimento di toroidi. Esistono inverter, come ad esempio i modelli RX, che hanno il filtro già integrato al loro interno.

? Consigli agli installatori per la scelta prodotto in base alle normative internazionali (CSA, UL, CCC ecc.).

Per questi prodotti sono in vigore diverse normative che ne regolamentano la conformità nei diversi paesi di installazione. Sarebbe quindi opportuno che l'installatore tenesse conto del paese di destinazione della macchina in modo da scegliere il prodotto idoneo. Ad esempio, all'interno dell'Unione Europea si dovrà verificare che il prodotto scelto riporti il marchio di conformità CE; negli Stati Uniti e Canada, il marchio da verificare è CSA/UL e così via per le altre aree. È importante ribadire che la

conformità è relativa al paese di installazione e uso del prodotto e non di produzione.

? Risparmio energetico. Suoi suggerimenti sull'utilizzo dei regolatori di velocità.

L'impiego di inverter per regolare la velocità di motori comporta di per sé già un miglioramento delle prestazioni energetiche. Ciò è particolarmente evidente quando l'inverter si installa su macchine che movimentano fluidi (ventilatori, pompe centrifughe e compressori). Infatti, grazie alla legge di affinità, anche

piccole variazioni di velocità di rotazione inducono consistenti risparmi energetici. Vale quindi sempre la pena impiegare l'inverter per tali movimentazioni. Ulteriori benefici possono essere ottenuti con un'attenta gestione dei punti maggiormente energivori dell'impianto. Inoltre la misurazione costante dei consumi energetici consente di individuare le aree di intervento e di monitorare i benefici a seguito delle azioni intraprese. Abbiamo sviluppato un sistema per la gestione dell'energia che può aiutare le aziende a migliorare l'efficienza dei loro impianti.



RX è l'inverter ideale per svolgere qualsiasi lavoro, perché integra lo stesso elevato livello di qualità e prestazioni per cui Omron è nota. Il sistema offre, inoltre, numerose funzionalità applicative integrate e può essere personalizzato per soddisfare i requisiti specifici dell'utente.



Roberto Beccalli

Product Manager Servo, Inverter & LVS, Factory Automation Division- Mitsubishi Electric

Mitsubishi Electric è tra i leader mondiali nella produzione e nella commercializzazione di apparecchiature elettriche ed elettroniche per diverse applicazioni: informatica e telecomunicazioni, ricerca, spaziale e comunicazioni satellitari, elettronica di consumo, tecnologia per applicazioni industriali, energia, trasporti e costruzioni

? *Parametri importanti da fornire per definire il prodotto da applicare ai vari tipi di regolatori velocità per motori (vettoriali ecc.)?*

Prima di tutto bisogna aver dimensionato adeguatamente il motore e la relativa taglia. In seguito, si definisce la taglia corretta dell'inverter per la gestione del motore precedentemente selezionato. Si analizzano quindi le esigenze dell'applicazione. Si va dai semplici nastri trasportatori dove è necessario solo variare la velocità del nastro senza richiesta di funzioni particolari, fino ad arrivare alla gestione di carichi verticali che necessitano di alte performance, dove sarà quindi selezionato un inverter in grado di soddisfare applicazioni gravose. Ad ogni modo anche nelle applicazioni più semplici sono richieste dinamiche elevate, di conseguenza i convertitori a controllo vettoriale hanno quasi completamente rimpiazzato il classico controllo V/F. Una volta selezionato il tipo di inverter il vero elemento di differenziazione è l'affidabilità del prodotto scelto. L'inverter non deve essere causa di fermi macchina, che comportano costi importanti e rallentamenti di produzione. Il consiglio, quindi, è quello di considerare l'affidabilità del prodotto al pari delle performance. Altro parametro importante è la compatibilità con il passato. Quando si installa un prodotto di nuova generazione è fondamentale per l'utilizzatore che il cambio sia totalmente trasparente e rapido sia dal punto di vista del cablaggio che della programmazione.

? *Conoscenza tecnica sulla scelta dell'inverter corretto per l'impianto. È utile una preparazione specifica?*

Gli inverter necessitano sicuramente di una preparazione specifica sia per l'installazione che per la programmazione. Sono di diverso tipo i comandi che possono essere utilizzati, oltre al classico run/stop. Il riferimento di velocità può essere di tipo digitale o analogico e sono disponibili ingressi di regolazione PID. Il cablaggio deve quindi essere assolutamente effettuato da personale qualificato. Ovviamente anche la programmazione richiede competenze adeguate in quanto gli inverter oggi integrano moltissime funzioni in grado di ottimizzare il controllo del motore. Funzioni che devono perciò essere impostate in modo corretto per poter ottenere i risultati previsti. Ovviamente le aziende produttrici devono proporre prodotti che rendano rapido il setup del sistema rendendo la programmazione più chiara e semplice. Sono quindi importanti i software di interfaccia che rendono intuitivo il setup, ma anche facilitano la diagnosi dell'intero sistema.

? *Collegamento ai bus di campo degli inverter. Ci saranno futuri sviluppi?*

Il collegamento degli inverter ai bus di campo è ormai una realtà consolidata. I regolatori fanno parte di un sistema integrato moderno che prevede il collegamento in rete per lo scambio dati. Gli inverter vengono

anche integrati nei Motion Bus ad alta velocità, permettendo la gestione degli inverter stessi da parte dei motion controller ed entrando così a far parte dei sistemi di posizionamento. Siamo certi che quest'ultima possibilità in futuro diventerà sempre più importante in quanto le tecnologie sui motori sono in costante sviluppo avvicinandosi molto alle dinamiche dei servomotori brushless.

? *Implementazione sui regolatori di velocità di sistemi di controllo per gestire gli input/output della macchina. Le sue considerazioni?*

Di fatto sono già disponibili regolatori "intelligenti" che integrano di serie funzioni PLC. Funzioni molto utili nel caso della gestione di sequenze, si pensi agli impianti di trattamento acque o impianti d'irrigazione dove le pompe devono essere attivate secondo una particolare sequenza, in questo caso le funzioni PLC all'interno dell'inverter controllano alla perfezione il sistema evitando di inserire un ulteriore PLC per il controllo. Funzioni PLC comunque utili su regolatori installati in prossimità del motore e tipicamente con grado di protezione almeno IP54. In questo caso anche se fosse disponibile un PLC esterno per la gestione degli I/O, si potrebbe decentralizzare la sequenza degli I/O relativi al controllo del motore evitando costosi ed intricati collegamenti tra il PLC esterno ed il regolatore snellendo così l'intero sistema. Esistono per gli inverter anche firmware speciali dedicati alla specifica applicazione (si pensi sempre al trattamento acque, agli ascensori o sollevamento in generale, ecc.) con l'obiettivo di integrare tutto il controllo in un unico componente con risparmio di tempi e costi per il cablaggio e la programmazione.

La famiglia di inverter FR-F700-EC con le funzioni "pre-chargefunction", il PLC integrato, l'espansione e l'unità di calcolo per il controllo PID, è adatta al mercato del trattamento acque e applicazioni di pompaggio. Queste innovazioni permettono di aumentare le potenzialità e la flessibilità dell'inverter, di migliorare il controllo del sistema e di ridurre i costi di installazione, semplificando le operazioni di installazione.





Dario Rudellin

Business Developer Industry Danfoss Drives

“Dedizione” è la parola chiave dal 1968, anno in cui Danfoss introdusse il primo convertitore di frequenza a velocità variabile prodotto in serie, per motori AC, denominato VLT®: prodotti tecnologicamente avanzati, facili da utilizzare, affidabili, pensati per soddisfare le esigenze sempre più sofisticate dei clienti

? Consigli agli installatori per il cablaggio degli inverter (cavi schermati ecc.)?

Quando parliamo di inverter dobbiamo sempre ricordare i benefici energetici e di controllo legati alla sua installazione, ma dobbiamo conoscere anche delle interferenze elettromagnetiche che un dispositivo come l'inverter introduce nell'ambiente circostante. Noi forniamo tutti i convertitori di frequenza con il filtro EMC integrato. Il filtro EMC potrà essere definito al momento della scelta dell'inverter secondo le caratteristiche dell'ambiente in cui verrà installato ed in funzione della lunghezza dei cavi motore. Infatti utilizzando dei cavi fra inverter e motore schermati, possiamo raggiungere senza problemi anche una distanza 150 m. Nel caso di distanze superiori, si necessita l'uso di filtri dv/dt oppure filtri sinusoidali sempre forniti dal costruttore che ne garantisce la piena compatibilità. Lo schermo del cavo motore dovrà essere messo a terra in entrambi i lati utilizzando delle basette metalliche in dotazione (per il lato inverter) ed eliminando le classiche terminazioni di schermatura a coda di topo tipiche di una cattiva installazione elettromagnetica. Riguardo all'ambiente in cui l'inverter è installato, dobbiamo sempre fare attenzione alla temperatura di lavoro che dovrà essere inferiore o uguale alla temperatura ambiente dichiarata dal costruttore.

? Importanza della gestione parametri software per l'utilizzo di un regolatore di velocità.

La parametrizzazione dell'inverter è una fase delicata e importante della messa in servizio. Essa di norma può essere effettuata in azienda con collegamenti ottimali e in assenza di disturbi oppure nel luogo di installazione e quindi in presenza di grossi generatori di disturbi elettromagnetici. Sugeriamo di utilizzare, se possibile, la porta RS 485 in quanto è un componente industriale che isola elettricamente il PC all'inverter. Inoltre è possibile utilizzare anche la programmazione tramite USB, sicuramente più facile e di semplice uso (ma non industriale e meno immune ai disturbi) rispetto alla 485. Attraverso il software di programmazione, che

offriamo ai clienti, è possibile programmare, tarare, visualizzare ogni singolo elemento dell'inverter. Una semplice ma efficiente funzione di autoregolazione (sia da software sia da tastierino), permette di calcolare tutti i parametri equivalenti relativi al motore collegato con una riduzione sensibile del tempo di installazione dell'inverter. Altre funzioni di regolazione automatica tarano in modo semplice anche complessi controlli PID (fino a 4 integrati) affinché si raggiunga il setpoint desiderato nel minore tempo possibile evitando pendolamenti (utile in applicazioni come il controllo di pressione o di temperatura o di flusso).

? Le applicazioni del futuro. I settori industriali dove i regolatori avranno maggior utilizzo?

Crediamo che l'evoluzione delle macchine sia naturale. In futuro ogni singola macchina che utilizzerà un motore asincrono IE2, verrà installata con inverter. Tale obbligo, porta in sé una grossa opportunità di risparmio energetico globale. Adattando la velocità della macchina al ciclo di lavoro effettivo, l'end user vedrà un conto energetico notevolmente ridimensionato al ribasso con i medesimi valori produzione. Un'opportuna scelta del carico di lavoro del motore ed inverter collegato, potrebbe coprire anche futuri e plausibili

aumenti di produzione delle macchine. L'integrazione dell'inverter all'interno della macchina sarà basilare. L'inverter dovrà essere in grado di lavorare con i più noti bus di comunicazione industriale, rendersi accessibile e di facile gestione da dispositivi di controllo e supervisione. Inoltre non bisognerà dimenticare dell'evoluzione dell'utilizzo dei motori PM. L'inverter ha al suo interno algoritmi, autoregolazione e capacità di calcolo tali da supportare questo cambiamento.

? Nelle applicazioni con prestazioni spinte tipo motion control, vi saranno applicazioni particolari?

Le macchine e le applicazioni che inizialmente dovevano essere veloci, performanti ed efficienti, oggi devono essere anche sicure. Integrare la sicurezza all'interno di macchine anche molto complesse non è mai semplice, e deve essere accurata e affidata a degli esperti. La richiesta di funzioni safety avanzate anche nelle realtà di motion andrà sempre ad aumentare. L'integrazione dell'inverter a monte verso un bus di comunicazione deterministico come Ethercat o Powerlink, con le funzioni di sicurezza avanzata, e la capacità di gestire motori asincroni, sincroni e a magneti permanenti, offre al cliente una flessibilità difficilmente vista in passato.



Per facilitare ulteriormente l'utilizzo di inverter ad alta potenza, Danfoss ha realizzato delle nuove versioni di inverter ad alta potenza con dimensioni ancora più compatte, i nuovi "D Frames". Gli stadi di potenza sono stati interamente riprogettati consentendo di ridurre il volume dei contenitori, che risultano del 68% rispetto alle versioni precedenti. Ne risulta un prodotto che si pone tra i più compatti della categoria nella gamma di potenza da 90 a 315 kW. Disponibili con gradi di protezione IP20, IP21 e IP 54, i nuovi D Frames, nonostante le dimensioni estremamente compatte, integrano di serie il filtro RFI e le induttanze sul circuito intermedio.



Paolo Pitzurra

Channel e marketing manager presso ABB Italia per la Business Unit Drives and Controls

ABB è tra i leader nelle tecnologie per l'energia e l'automazione che consentono alle utility e alle industrie di migliorare le loro performance, riducendo al contempo l'impatto ambientale. La divisione Discrete Automation and Motion fornisce prodotti, soluzioni e servizi che migliorano la produttività industriale e l'efficienza energetica

Consigli e indicazioni per la definizione della tipologia di inverter da utilizzare sull'impianto.

È comune selezionare l'inverter partendo dai dati di targa del motore elettrico. Questo però non è sempre sufficiente. Infatti, le esigenze impiantistiche sono differenti per ciascuna tipologia di applicazione. Per semplificare la scelta del convertitore di frequenza ABB ha predisposto due specifiche offerte agli installatori elettrici in modo da garantire la scelta migliore.

La prima soluzione riguarda i microdrive, ovvero inverter fino a 22kW per applicazioni sia a coppia quadratica che costante. Sono sempre dimensionati ad uso gravoso in modo da garantire un sovraccarico del 150%, anche ripetitivo, un minuto ogni dieci minuti. Questo consente all'installatore di selezionare più velocemente il drive considerando la potenza nominale del motore elettrico e quindi non correre il rischio di un sottodimensionamento del drive. Incorporano di standard il filtro industriale per far fronte alle problematiche EMC, il safe torque off in modo da allinearsi alla nuova direttiva macchine e il chopper di frenatura dimensionato al 100% della potenza nominale che consente di gestire qualsiasi frenatura. Inoltre, l'aspetto dimensionale è fondamentale per facilitare l'installazione elettrica, infatti i microdrive mantengono sempre stessa altezza e profondità in tutto il range di potenza agevolando gli installatori nel percorso cavi all'interno del quadro elettrico.

La seconda soluzione riguarda gli standard drive, ovvero inverter, configurabili anche in versione a muro IP54, che consentono di rispondere alle applicazioni in ambiente civile. Infatti gli standard drive incorporano di standard il filtro civile e consentono di essere conformi all'attuale standard sulle armoniche EN 61000-3-12 grazie all'induttanza a saturazione variabile integrata di serie che produce fino al 25% in meno di armoniche anche ai carichi parziali rispetto ad un convertitore equipaggiato con una reattanza tradizionale delle stesse dimensioni.

Un giudizio sulla tecnologia attuale per la teleassistenza sui regolatori di velocità.

Frutto dell'esperienza e dell'ingegneria ABB sono i quadri pre-ingegnerizzati basati sulla tecnologia PLC i quali sono pronti per un'installazione rapida anche da installatori non provenienti dal campo dell'automazione industriale. Infatti l'installatore deve solo scegliere la configurazione adatta fra le opzioni standard possibili e collegare il quadro all'impianto. L'architettura PLC rileva e interagisce con i parametri analogici e digitali provenienti dal sistema. Grazie a un modem dati interno dotato di SIM con traffico incluso e a un portale Web su server è possibile accedere da remoto a tutti gli impianti, visualizzandone, attraverso un PC, uno Smartphone o un Tablet dotato di browser e connessione Internet, lo stato e i parametri della singola installazione.

Nuova Direttiva Macchine: i regolatori di velocità hanno subito miglioramenti tecnologici?

La nostra offerta si è aggiornata rapidamente alla nuova direttiva macchine, infatti abbiamo implementato su quasi la totalità dell'offerta la prevenzione contro l'avviamento accidentale (Safetorque-off, STO) in modo da garantire che una macchina rimanga in stato di fermo quando sono presenti persone in un'area di pericolo. Implementando in modo efficace la funzionalità di prevenzione dell'avviamento accidentale, l'arresto avviene in modo sicuro, perché viene interrotta soltanto l'alimentazione del motore, mentre i circuiti di controllo del convertitore di frequenza principale restano attivi. In questo modo si eviterà che il motore possa generare una coppia sull'albero. Questa funzione corrisponde all'arresto non controllato previsto dalla Categoria 0 di arresto della norma EN 60204-1. Per rispondere proattivamente alla normativa abbiamo introdotto nel nuovo industrial drive l'innovativo modulo FSO-11. Il modulo delle funzioni di sicurezza FSO-11 prevede varie funzioni di sicurezza tra cui l'autodiagnostica e, in un solo modulo compatto, soddisfa gli attuali requisiti e standard di sicurezza. Rispetto all'uso di componenti di sicurezza esterni, il modulo FSO-11 è una soluzione economicamente conveniente, che condensa in un solo modulo diverse funzioni di sicurezza e assicura un'operatività in sicurezza del convertitore di frequenza.



Gli azionamenti di ABB migliorano l'efficienza, aumentano la produttività e riducono i consumi energetici. Il portafoglio dei convertitori di frequenza in bassa tensione copre ad ampio spettro le necessità dei clienti con potenze a partire da 0,37kW fino a 5600kW.