

Progettazione meccatronica e risparmio energetico

Nella progettazione industriale è possibile risparmiare energia utilizzando concetti e strumenti forniti dalla meccatronica

Da alcuni anni il tema del risparmio energetico ha assunto un'importanza crescente. Ciò è abbastanza ovvio, se si pensa che l'aumento della popolazione mondiale e l'impetuoso sviluppo di alcuni Paesi ha imposto di ripensare all'intero modello economico, coniugandolo nell'ottica della sostenibilità. Secondo alcune previsioni, il fabbisogno di energia a livello mondiale raddoppierà nel periodo dal 2010 al 2035, cioè in soli 25 anni. È pertanto di fondamentale importanza ridurre gli sprechi ad ogni livello: se rivolgiamo la nostra attenzione al settore industriale, notevoli risparmi di energia possono essere ottenuti utilizzando concetti e strumenti forniti dalla meccatronica. La parola 'meccatronica' inizialmente designava semplicemente la combinazione di meccanica ed elettronica all'interno di macchine, in cui l'elettronica viene impiegata per il controllo del movimento di sistemi meccanici. In seguito, questo concetto di ibridazione si estese dal prodotto alle intere fasi di progettazione e di produzione: l'approccio meccatronico prevede infatti che tali fasi siano svolte in maniera sinergica e contemporanea, basandosi sull'interazione tra persone con competenze differenti (meccanica, elettronica, informatica, controllo), anziché secondo uno schema sequenziale a 'compartimenti stagni'.

Come risulta anche dalla figura 2, un principio fondamentale dell'approccio meccatronico, che si rivela di grande utilità nella progettazione orientata all'efficienza, è quello della virtualizzazione della fase progettuale, con particolare riguardo alla concezione e allo sviluppo del prototipo. La costruzione di un prototipo virtuale, in luogo di quello fisico, consente infatti notevoli risparmi in termini di tempi e costi. Ovviamente, la costruzione di un prototipo virtuale si basa sulla capacità dei progettisti di creare un modello del prodotto (o sistema) oggetto della progettazione. Per tale motivo caratteristica

fondamentale dell'approccio meccatronico è quella di essere model-based.

L'approccio meccatronico

Vediamo ora come la meccatronica, in virtù del suo approccio sistemico, può essere utilizzata per il raggiungimento di obiettivi di efficienza energetica. Il primo passo da compiere consiste nella rappresentazione dei flussi energetici del sistema complessivo.

È conveniente, a questo scopo, utilizzare uno schema a blocchi che metta in evidenza le caratteristiche energetiche di ogni singolo elemento del sistema. Il parametro fondamentale di efficienza è il rendimento η , definito come il rapporto tra la potenza uscente dal componente e la potenza entrante:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

La potenza persa da ogni componente è pertanto $(1 - \eta)$ volte la potenza in ingresso:

$$P_{persa} = (1 - \eta) P_{in}$$

Si consideri ora, come esempio, la figura 3, in cui è rappresentato un sistema produttivo composto da: un motore, una trasmissione e un utilizzatore, aventi rendimento rispettivamente

$$\eta_1, \eta_2, \eta_3.$$

Il rendimento complessivo del sistema è dato dal prodotto dei rendimenti dei singoli componenti:

$$\eta_{tot} = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3$$

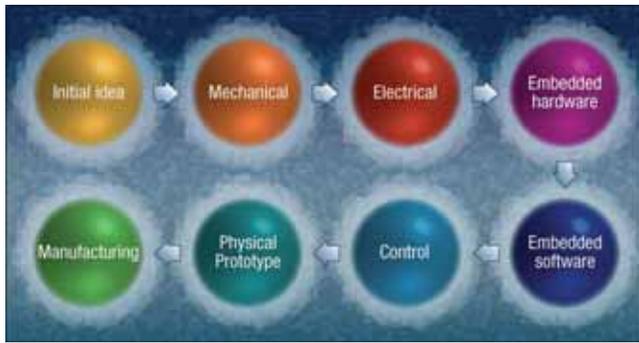


Fig. 1 - Programmazione tradizionale

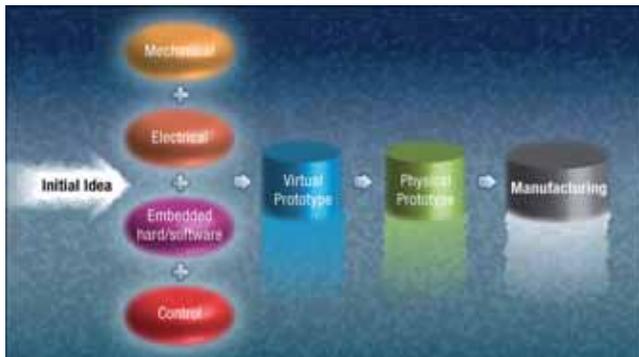


Fig. 2 - Programmazione mediante approccio meccatronico

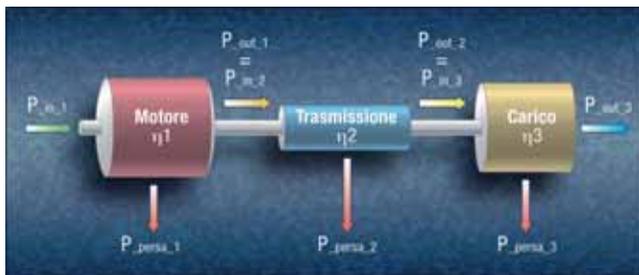


Fig. 3 - Flussi energetici in un sistema

Ciò comporta che se anche un solo componente del sistema è inefficiente (cioè ha rendimento basso), l'intero sistema risulta nel complesso inefficiente. Per ottimizzare il sistema, è quindi necessario intervenire sui componenti che hanno il rendimento più basso, analizzando quali sono le principali cause di perdite e apportando le correzioni necessarie.

Scelte oculate

Una prima causa di perdite è da imputarsi ai componenti meccanici, e in particolare alle trasmissioni. Dal punto di vista dell'efficienza energetica, è pertanto necessario effettuare una corretta scelta e dimensionamento della trasmissione, nonché prevedere una sua corretta e continua manutenzione e lubrificazione. Il dimensionamento della trasmissione va comunque effettuato contestualmente alla scelta del motore, che è un altro componente su cui si può intervenire proficuamente nell'ottica di un'ottimizzazione energetica.

Il 74% dell'energia consumata nell'industria italiana è attribuibile ai motori: da ciò si evince l'importanza di incrementare, anche di poco, l'efficienza di questi componenti. Anche un piccolo incremento di efficienza consentirebbe infatti dei notevolissimi risparmi: si consideri infatti che, all'interno del ciclo di vita

del motore, i costi di acquisto e manutenzione pesano in media solo per il 2-3%: il 97-98% del costo della vita complessiva del motore è dunque costituito dal costo dell'energia che esso consuma. La mecatronica fornisce, anche in questo caso, la strategia da utilizzare: è opportuno da un lato scegliere motori a elevata efficienza (evitando tuttavia sovradimensionamenti), dall'altro utilizzare sistemi elettronici che ne favoriscano la regolazione (tipicamente gli inverter). Si raccomanda, al posto dei classici motori in corrente continua, l'uso di motori in corrente alternata, e in particolare motori brushless a commutazione elettronica, soprattutto per applicazioni di bassa potenza installata (< 1 kW). L'elettronica di controllo del loro azionamento li rende infatti particolarmente efficaci nella regolazione di velocità, posizione e coppia.

Verso la massima efficienza

Il percorso verso la massima efficienza passa necessariamente per la definizione di un buon sistema di controllo, basato su un modello del sistema. Il buon progettista mecatronico dovrà considerare l'utilizzo del sistema nelle diverse condizioni di carico e ricavare un modello della dinamica del sistema, per le due fasi di funzionamento a regime e funzionamento in transitorio. Considerando la situazione di regime, è importante effettuare il cosiddetto adattamento statico del motore al carico. Tale procedura consente di scegliere il motore e il riduttore che consentono di ottimizzare le prestazioni, una volta fissato un determinato carico, evitando sprechi di potenza che si verificherebbero con l'utilizzo di un motore sovradimensionato. Spesso infatti vengono inopportuno scelti motori di potenza esuberante, quando invece una scelta adeguata del riduttore consentirebbe di utilizzare motori di taglia più piccola. Un'altra regola di base per ridurre gli sprechi di energia prevede poi di utilizzare vari motori di piccola taglia, anziché un unico motore di taglia grande. Notevoli risparmi energetici si possono inoltre avere ottimizzando il transitorio, effettuando il cosiddetto adattamento dinamico del motore al carico. Questa procedura consente di scegliere quel valore del riduttore che consente di ottenere le massime prestazioni dinamiche del sistema, ovvero l'accelerazione massima del carico, a parità di forze e coppie in gioco.

Le leggi del moto

Risulta poi di fondamentale importanza definire le leggi del moto ottime per il motore, tenuto conto delle caratteristiche dell'intero sistema motore-utilizzatore. La pianificazione della legge del moto è un aspetto fondamentale della progettazione di sistemi mecatronici. Anche in questo caso, è decisamente opportuno basarsi su un modello dell'intero sistema motore-utilizzatore: in alcuni casi ci si può accontentare di un semplice modello cinematico, ma per ottenere migliori prestazioni sarebbe opportuno utilizzare un modello dinamico, che tenga quindi conto dell'inerzia del motore, della trasmissione e del carico. Basandosi su tale modello, il progettista mecatronico può determinare la legge di moto ottimale per il sistema, compatibilmente con gli eventuali vincoli di progetto. Se ad esempio è imposta una legge di velocità trapezoidale, sarà necessario determinare i valori ottimi delle rampe di accelerazione, non-



Fonte: <http://www.itea2.org>

ché la durata del tratto a velocità costante. Spesso poi è conveniente esplorare altre leggi del moto (polinomiali, armoniche) che potrebbero permettere di raggiungere migliori prestazioni dinamiche. È inoltre di fondamentale importanza poter controllare il motore avendo la possibilità di applicare effettivamente la legge progettata.

Sistemi di controllo elettronici

La disponibilità di sistemi di controllo elettronici è fondamentale a questo riguardo: ecco perché una tendenza ineludibile, nell'ottica di una maggiore efficienza energetica, è quella dell'utilizzo di attuatori elettrici in sostituzione di attuatori di altro tipo (in particolare oleodinamici), i quali non possono essere controllati in maniera altrettanto precisa ed efficiente. Inoltre, con riferimento a quest'ultimo aspetto, è opportuno sottolineare come gli attuatori elettrici siano più intrinsecamente performanti da un punto di vista energetico, in quanto gli attuatori oleodinamici presentano notevoli perdite di carico nei tubi di trasporto del fluido. L'elettronica, con i suoi continui sviluppi, offre poi molteplici possibilità per il controllo efficiente degli attuatori. Ad esempio, l'utilizzo della modulazione PWM, con un duty-cycle opportuno, permette di evitare sprechi di energia, ottimizzando le prestazioni del sistema durante il transitorio. Inoltre, fondamentale ai fini dell'efficienza energetica può rivelarsi l'utilizzo di sensori, che danno al sistema di controllo la possibilità di monitorare la situazione delle variabili di interesse (posizione, velocità, accelerazione, coppia ecc.) durante il movimento del sistema, ed eventualmente di intervenire con azioni di regolazione finalizzate alla riduzione degli sprechi. Infine, un altro punto fondamentale nella strategia di risparmio energetico è costituito dalla caratteristica di reversibilità tipica dei motori elettrici, che consente di recuperare energia quando il motore funziona da carico, cioè in fase di frenatura. Ancora una volta, l'utilizzo di attuatori elettrici, opportunamente controllati dal loro azionamento, è pertanto preferibile, in quanto consente un vantaggio energetico che gli altri tipi di attuatori non presentano. In conclusione, risulta del tutto evidente che, per incrementare le prestazioni di un sistema dal punto di vista dell'efficienza energetica, l'uso di un approccio 'try and error', che spesso viene impiegato in ambienti di progettazione meno evoluti, non risulta adeguato. La metodologia che dà i risultati migliori è senz'altro l'approccio mecatronico che, essendo basato da un lato su una visione integrata del sistema, dall'altro sul principio della prototipazione virtuale model-based, permette di individuare le inefficienze energetiche del sistema e di correggerle implementando strategie verificabili su un prototipo virtuale.

* Comitato tecnico di Automazione Oggi