

OTTIMIZZAZIONE INTEGRATA DEL CONSUMO ENERGETICO

NELLA FABBRICA “INTELLIGENTE”, LA MINIMIZZAZIONE DEI COSTI ENERGETICI RAPPRESENTA UN OBIETTIVO FONDAMENTALE IN CHIAVE ECONOMICA E AMBIENTALE, DA CONIUGARE CON FLESSIBILITÀ ED EFFICIENZA PRODUTTIVA. TECNOLOGIE DI NUOVA GENERAZIONE CONSENTONO SOLUZIONI CHE TENGONO CONTO ANCHE DELL'ANDAMENTO DEL MERCATO ELETTRICO.

Per mantenere la competitività dell'industria italiana nel mercato globale – caratterizzato da prodotti sempre più customizzati, mix produttivi eterogenei e repentine fluttuazioni della domanda – i processi produttivi moderni devono garantire elevati livelli di flessibilità. Contestualmente è fondamentale ottenere massima efficienza, limitando il consumo di risorse. La minimizzazione dei costi energetici rappresenta un target fondamentale da indirizzare, sia per contenere i costi operativi – con conseguente riduzione dell'impatto sul prezzo finale del prodotto – sia per soddisfare le direttive europee mirate alla riduzione dell'impatto ambientale. Tali obiettivi strategici devono essere perseguiti lungo l'intero ciclo di vita dei sistemi di produzione: dalla progettazione dei beni strumentali, alla loro configurazione e poi, una volta operativi, alla loro gestione. Massimizzare contestualmente gli obiettivi di flessibilità ed efficienza risulta oggi fortemente critico per le industrie. Per quanto riguarda la progettazione e configurazione, spesso mancano standard di riferimento per valutare l'impatto ambientale delle varie tipologie di macchinari. A livello di gestione, perseguire strategie di elevata flessibilità e riconfigurabilità richiede da un lato frequenti cambi di funzionamento del processo produttivo, con tempi transitori spesso caratterizzati da condizioni operative inefficienti dal punto di vista energetico. Dall'altro, le tecnologie oggi disponibili per automazione, controllo e gestione della fabbrica (es. MES, *Manufacturing Execution System*) sono sostanzialmente dedicate al raggiungimento degli obiettivi produttivi (es. *makespan* ecc.) mentre i consumi energetici vengono considerati separatamente mediante software dedicati come gli EMS (*Energy Management Systems*). Le performance energetiche sono quindi valutate *ex post* – come conseguenza delle politiche di gestione

		Machine tool functions					Mapping based on
		Machine tool operation (machining process, motion and control)	Process conditioning	Workpiece handling	Tool handling or die change	Recyclables and waste handling	
Machine tool components	Spindles and axis	80%		10%		10%	Typical operating times
	Monitoring module	100%					
	CNC components	100%					
	Chip conveyor					100%	
	Mist collector					100%	
	Hydraulic system			80%	20%		Typical activation of hydraulics
	Fluid conditioning system		50%			25%	25%
	Spindle cooling pump						100%
	Cooling fan						100%
	Fan energy recovery module						100%
	CNC air-conditioning						100%
	Air compressor		75%			25%	Typical use of pressurised air

TAB. 1 - MACCHINA UTENSILE
Associazione tra elementi costruttivi di una macchina utensile e le funzioni erogate (ISO 14955-2).

del processo orientate alla produttività – limitando i margini di manovra orientati alla massima efficienza.

Progettazione energy-aware dei beni strumentali

Per supportare la progettazione *energy-aware* di beni strumentali è necessario identificare i componenti dei macchinari che maggiormente influiscono sul consumo energetico, in funzione della tipologia di produzione effettuata e delle strategie di gestione adottate. Gli standard in fase di sviluppo (quale, per le macchine utensili, la ISO 14955 “*Environmental evaluation of machine tools*”) propongono di decomporre la complessità del problema, analizzando le macchine secondo un approccio modulare, che associa i principali componenti, con i relativi consumi, alle funzioni erogate per una

macchina utensile di tornitura (*figura 1*). Mentre i consumi vengono quantificati tramite opportune misure sperimentali e modelli di simulazione, per valutare l'efficienza energetica è necessario definire e quantificare anche il corrispondente output produttivo del macchinario. È quindi necessario studiare, per ogni tipologia di macchinario, scenari produttivi tipici, per i diversi settori industriali, a fronte dei quali stimare i consumi medi e la corrispondente efficienza. Ciò richiede la definizione di un nuovo linguaggio, condiviso a livello internazionale, per descrivere gli aspetti energeticamente rilevanti di una missione produttiva.

Gestione energy-aware della fabbrica

La digitalizzazione estensiva della fabbrica – tramite l'adozione di soluzioni

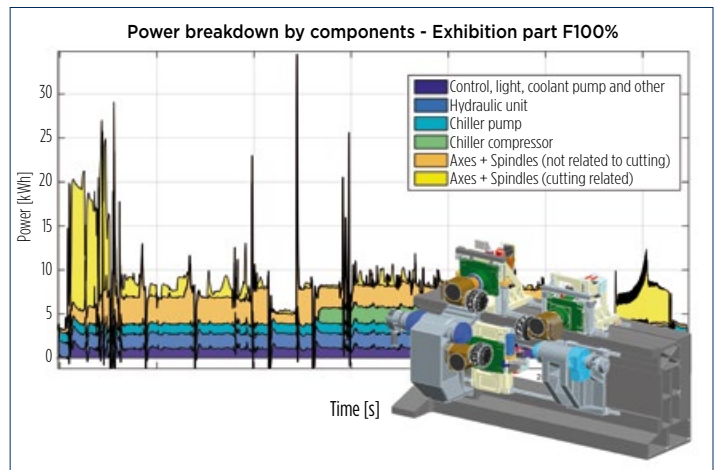
e tecnologie in chiave Industria 4.0 – supporta una visione integrata dell’asset produttivo mediante l’accesso/storicizzazione dei parametri operativi in tempo reale. Tuttavia, per massimizzare le performance complessive, è necessario trasformare gli enormi volumi di dati grezzi raccolti dal sistema produttivo in conoscenza (tramite modelli matematici) e in capacità decisionale (mediante adozione di algoritmi di ottimizzazione).

In particolare, l’evoluzione dall’attuale inefficiente gestione separata di produttività e consumi energetici richiede l’adozione di tecnologie di nuova generazione orientate alla gestione integrata dell’asset produttivo – perseguendo politiche di ottimizzazione multi-obiettivo “produttività/consumo energetico” – mediante algoritmiche avanzate (basate, per esempio, su Intelligenza artificiale) in grado di supportare l’identificazione in tempo reale della migliore strategia produttiva da perseguire.

Tali sistemi integrano una funzione strategica da ottimizzare, tipicamente composta da elementi dedicati alla valutazione delle performance produttive (per esempio, tempo ciclo prodotto), al consumo delle risorse (per esempio, energia elettrica, aria compressa ecc.) e opzionalmente all’utilizzo/consumo degli attuatori. In questo modo, è possibile considerare anche il ciclo di vita di quest’ultimi nel problema di ottimizzazione complessivo. In aggiunta, risulta possibile impostare valori differenti sui vincoli relativi alle variabili di processo durante il periodo di esecuzione in modo da considerare set-up specifici in fase di transitorio di attivazione/spengimento e in fase di esecuzione nominale. Ad esempio, è possibile impostare vincoli variabili atti alla minimizzazione dei picchi di consumo elettrico in fase di attivazione e/o cambio stato operativo di uno o più componenti

FIG. 1
CENTRO
DI TORNITURA

Rilievo delle potenze utilizzate dai componenti principali di centro di tornitura.



di sistema, ottenendo una soluzione di rimodulazione del carico elettrico. L’integrazione intelligente della fabbrica nella *smart grid*, rappresenta un ulteriore requisito fondamentale da indirizzare. A oggi, le fabbriche interagiscono con il sistema energetico sostanzialmente con una logica di consumo: la potenza viene assorbita in dipendenza alle necessità produttive e i costi vengono imputati – a seconda del contratto – tipicamente su prezzo fisso e/o fascia oraria. In prospettiva, i profili di consumo di processi energivori devono invece essere il più possibile orientati all’inseguimento della disponibilità della rete di fornitura, supportando nel contempo una crescente integrazione di fonti rinnovabili. I nuovi sistemi di automazione e gestione della fabbrica attualmente sviluppati in ambito di ricerca – ma già pronti per applicazioni industriali avanzate – permettono di supportare l’operatività nel mercato energetico, integrando il prezzo dell’energia all’interno della strategia di ottimizzazione multi-obiettivo da perseguire. Grazie a soluzioni di questo tipo è possibile estendere fortemente la flessibilità (e la conseguente disponibilità) rispetto agli attuali programmi di *Demand*

Response su carico prefissato, il quale deve ovviamente risultare molto basso per evitare di disturbare la produzione. A ciò si aggiunga che il profilo di potenza acquistato sul mercato energetico (per esempio, il giorno prima) può essere considerato come vincolo da rispettare, adattando opportunamente la strategia di controllo del processo al fine di evitare il più possibile scostamenti. Le fabbriche energivore potrebbero quindi migliorare i margini operativi riducendo i costi energetici, da un lato riconfigurando la produzione in base al prezzo orario (per esempio, mercato *day-ahead*), dall’altro contribuendo attivamente alla realizzazione di un mercato con costi ridotti. In aggiunta, è possibile implementare soluzioni per la gestione integrata delle utilities – quali ad esempio software di commitment/controllo ottimale in tempo reale di sistema di cogenerazione – considerando i profili di consumo termici/elettrici del processo produttivo, nonché opportunità di vendita/acquisto dell’energia sul mercato.

Alessandro Brusaferrì, Giacomo Bianchi
Cnr-Itia

FIG. 2
ASSET ENERGETICO

Gestione integrata dell’asset energetico.

