

# Magnetismo ad alta velocità

Un gruppo di ricerca sta conducendo esperienze innovative che hanno lo scopo di portare in produzione una famiglia di cuscinetti a levitazione magnetica per rotazioni superveloci. Il programma, finanziato dal Mesap, sta portando a interessanti e concrete applicazioni

ROBERTO GRASSI



La ricerca scientifica dà sempre buoni frutti ma non sempre questi possono essere raccolti e messi in tavola in un tempo breve. Come ogni frutto necessitano di giungere a maturazione prima che se ne possano assaporare le succose polpe. In alcuni casi però, la combinazione di ricerca scientifica e sviluppo industriale porta alla concezione di prodotti innovativi che sbocciano immediatamente sul mercato.

I cuscinetti magnetici sviluppati da un gruppo di ricerca torinese che comprende università e aziende avranno sicuramente questo glorioso destino perché risolvono in un modo semplice una serie di problemi nel campo dei rotori ad alta velocità.

Stiamo parlando del progetto Apmd, un programma di ricerca che coinvolge il Politecnico di Torino nella

persona del prof. Tonoli e dei suoi collaboratori appartenenti al laboratorio di meccatronica e alcune aziende dell'area torinese quali la Meccanica Bicchi, la Neohm e la Almet.

Finanziato dal Mesap, una struttura figlia dell'Unione Industriali di Torino, il gruppo sta conducendo ricerche innovative che hanno lo scopo di portare in produzione una famiglia di cuscinetti a levitazione magnetica per alte velocità di rotazione.

Il programma è arrivato al compimento della sua prima annua-

rità fornendo ottimi risultati, due tipologie di cuscinetti vengono studiate e per ognuna sono stati realizzati prototipi funzionanti. Non tarderà molto l'era in cui alberi ruoteranno a velocità di decine di migliaia di giri al minuto fluttuando senza contatto con la struttura di supporto: vediamo come.

### Ruotare senza contatto

Il problema di permettere a un albero di ruotare senza contatto con il supporto è attuale e la sua



Vista di una girante per turbopompa molecolare.

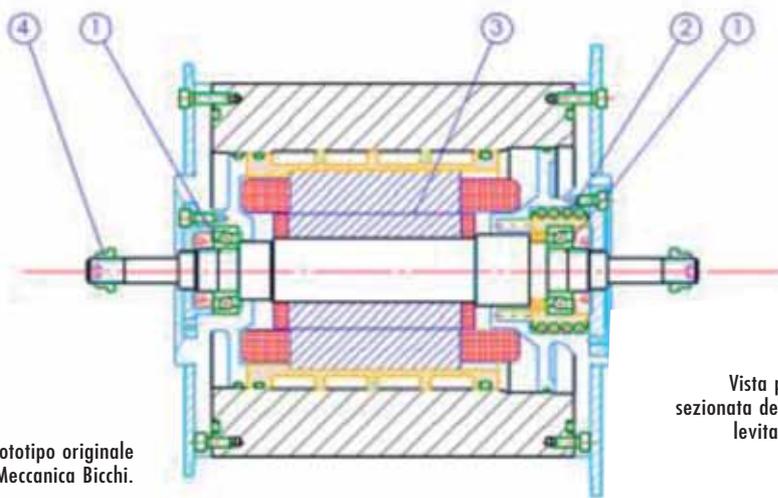
soluzione permette di risolvere situazioni di elevato interesse industriale. La Meccanica Bicchi si è cimentata in questo campo: per aumentare le prestazioni degli elettromandri di sua produzione, si decise di tentare di sostituire i cuscinetti a sfere con sistemi pneumatici o elettrici e iniziò la collaborazione col gruppo di ricerca del Politecnico specializzato in supporti magnetici. I supporti magnetici presentano tutta una serie di vantaggi dovuti innanzitutto al fatto che si eliminano alla radice tutti i problemi

## Un polo di innovazione

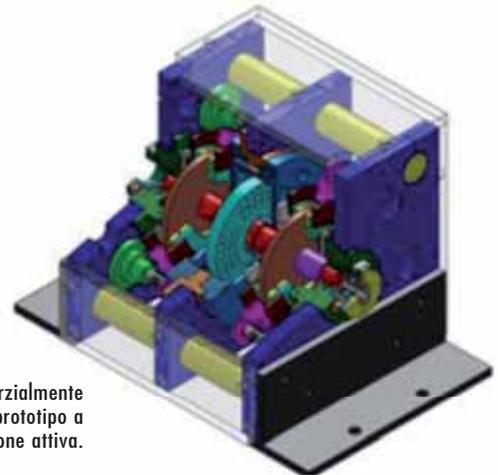
Mesap, polo di innovazione della meccatronica e dei sistemi avanzati di produzione, è uno dei 12 poli di innovazione creati dalla Regione Piemonte nel 2009 con il contributo dei fondi strutturali dell'Unione europea. A due anni e mezzo dalla sua nascita, Mesap si sta affermando come una realtà che riunisce circa 150 soggetti produttori e fruitori di meccatronica e sistemi avanzati di produzione per un ampio novero di settori industriali. L'attività di Mesap riguarda diversi ambi-



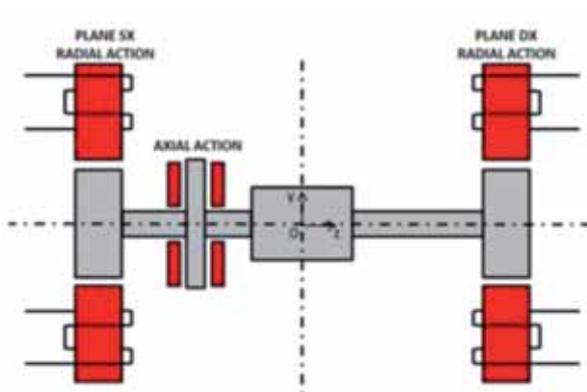
ti: valorizzazione, condivisione e crescita di competenze tecnologiche, sostegno alla ricerca e all'innovazione creazione di nuovi percorsi formativi e sviluppo del capitale umano. Nei primi due programmi sono stati finanziati 23 progetti di ricerca e innovazione per un totale di circa 15 milioni di euro di contributi pubblici. Mesap nella sua missione tenta di sopperire alla difficoltà che incontrano le piccole e medie imprese quando gli sforzi da sostenere per compiere un passo importante verso l'innovazione vanno oltre le loro capacità. Nella foto, vediamo un momento della recente presentazione del progetto Apmd.



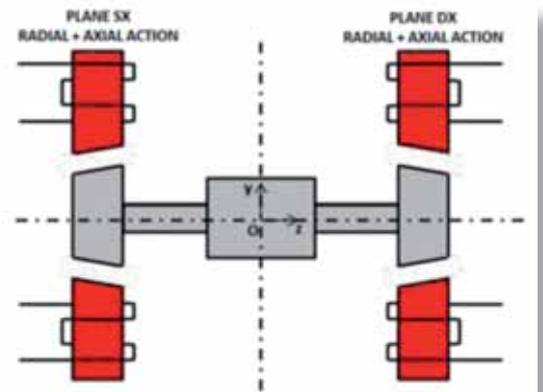
Il prototipo originale della Meccanica Bicchi.



Vista parzialmente sezionata del prototipo a levitazione attiva.



Schema di principio del prototipo a magneti cilindrici.



Il prototipo a magneti conici.

tribologici. Con l'aumentare della velocità di rotazione aumenta proporzionalmente la potenza dissipata in attrito quindi l'unica soluzione per raggiungere velocità veramente elevate passa per l'eliminazione dell'attrito stesso. L'assenza di contatto tribologico impedisce inoltre l'insorgere di qualsiasi contaminazione legata al distacco di microparticelle dovute a usura.

Il supporto senza contatto e specialmente la soluzione magnetica trovano interessanti applicazioni nel pompaggio di fluidi, si possono realizzare pompe ad alta velocità in grado di pompare fluidi in un circuito sigillato utilizzate nell'industria petrolchimica e nelle applicazioni come le fuel cells.

Nei sistemi criogenici l'uso di sistemi di levitazione magnetica è ormai consolidato così come nelle turbopompe molecolari; una nuova frontiera è invece costituita dai volani per l'accumulo di energia cinetica, si tratta di dispositivi in grado di accumulare energia sotto forma di velocità di rotazione di un volano di massa adeguata.

Il progetto Apmd è partito da un supporto che la Meccanica Bicchi ha realizzato per un compressore per fuel-cells. Il rotore in questione è propulso da un motore elettrico ed è in grado di raggiungere i 60.000 giri al minuto. La spinta per cercare di sostituire i cuscinetti sfere originali con sistemi di levitazione magnetica è parte del tentativo di ridurre le vibrazioni e di evitare ogni possibile contam-

inazione del fluido di processo sia con microparticelle di metallo dai cuscinetti sia con fughe di fluido lubrificante.

**Soluzione attiva**

Il progetto Apmd ha portato alla realizzazione di due famiglie di prototipi la prima delle quali consiste in un sistema di cuscinetti elettromagnetici con controllo attivo. Si tratta di elettromagneti di forma particolare che gestiscono cinque dei sei gradi di libertà dell'albero rotante.

In pratica vi sono quattro coppie di elettromagneti che agiscono, due per ciascuna estremità dell'albero, lungo assi cartesiani disposti su piani perpendicolari all'asse di rotazione. I cuscinetti elettromagnetici sono quindi



Il prototipo di rotore a levitazione magnetica passiva.

montati esattamente come i normali cuscinetti volventi che supportano un albero. In questo modo, controllando la posizione dell'albero alle due estremità si gestiscono quattro dei sei gradi di libertà ovvero la traslazione dell'albero lungo un piano perpendicolare all'asse e le due inclinazioni dell'albero stesso.

Il quinto grado di libertà in un asse rotante è il suo spostamento assiale e per questo vi sono due specifici modi di controllo. Il primo sistema utilizza un'ulteriore coppia di elettromagneti mentre il secondo si basa sulla conicità degli elettromagneti che controllano le estremità dell'asse.

Gli elettromagneti sono controllati da una serie di schede elettroniche di potenza interfacciate con trasduttori di posizione che misurano la posizione dell'albero rispetto ai supporti. Il sistema progettato dal gruppo di ricerca raggiunge densità di forza di 40 N per centimetro quadrato di superficie laterale dell'elettromagnete con un consumo massimo di 0,2 W per ogni N di forza generata.

### Soluzione passiva

I cuscinetti a levitazione magnetica attivi sopra menzionati rappresentano la soluzione più convenzionale che viene già impiegata in vari settori mentre la vera frontiera sta nei supporti passivi. Mantenere un albero in rotazione sospeso a supporti magnetici senza necessità di controllo è un obiettivo ambizioso che sebbene con qualche limitazione è stato raggiunto. Un'analisi superficiale del problema volgerebbe a identificare la soluzione banale ovvero il sospendere l'albero utilizzando le forze di repulsione tra magneti dello stesso segno; questa soluzione non è fattibile per svariati motivi ed è possibile dimostrare analiticamente l'instabilità di un sistema simile. Il sistema a levitazione magnetica proposto dal gruppo di ricerca Apmd si basa sulle correnti parassite, una forma di induzione elettromagnetica che si manifesta in un disco di materiale conduttore (il rame va benissimo) immerso in un campo magnetico parallelo all'asse di rotazione.

La rotazione dell'albero nel campo magnetico genera correnti parassite entro i dischi di rame le quali hanno un punto di equilibrio quando l'albero sta nel centro di simmetria del campo magnetico.

A ogni scostamento dell'albero dalla posizione di equilibrio le correnti parassite mutano di intensità tentando di riportarlo nella posizione preferenziale. Questo sistema presenta una rigidità che aumenta con l'aumentare del numero di giri e può dare origine a fenomeni di instabilità: per questo motivo deve essere integrato con ap-

positi sistemi di smorzamento atti a evitare l'insorgere di oscillazioni non volute. I sistemi di sospensione magnetica passivi possono arrivare a densità di forza generata pari a un decimo di quelle generate dai loro omologhi attivi compensando questa inferiorità di prestazioni con una maggiore semplicità di costruzione. Come i sistemi attivi essi richiedono una certa potenza per essere mantenuti in funzione, ma in questo caso la potenza in questione viene fornita dall'albero motore e prelevata come coppia resistente; a conti fatti la potenza necessaria per mantenere in moto un albero montato su cuscinetti magnetici passivi è circa la metà di quella che serve per mantenere sospeso in condizioni analoghe un albero attivo.

### Presente e futuro

I progetti finanziati, se ben gestiti, portano a grandi vantaggi industriali. È questo il caso: partiti da un sistema che aveva problemi si è trovata una soluzione in grado sia di risolvere l'esigenza specifica di una macchina reale sia di proporre una valida alternativa alla tecnologia convenzionale. Gli sviluppi previsti per il secondo anno del progetto Apmd saranno volti a compatte il sistema rendendolo per quanto possibile modulare in vista di una scalabilità e sicuro per impiego industriale. È stata dimostrata inoltre la fattibilità della soluzione passiva che troverà sicuramente applicazione nei sistemi a basso carico radiale quali le pompe ad alta velocità e altri analoghi.

*R. Grassi, Politecnico di Torino.*