

# InMotion

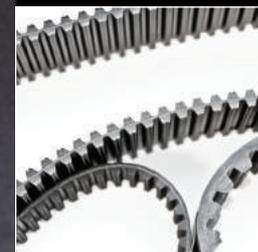
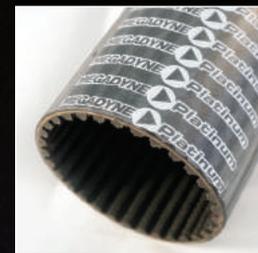
Tecnologie per la trasmissione di potenza e l'automazione

**28** novembre 2016

SOLUTIONS  
TO KEEP  
YOUR INDUSTRY  
MOVING

[www.megadynegroup.com](http://www.megadynegroup.com)



 **MEGADYNE**

ADVANCING DRIVE TECHNOLOGY

# I servomotori **direct** e le loro applicazioni nel campo

**P**recisione e ripetibilità elevate; facilità di manutenzione; controllo di velocità ideale e grande dinamicità di risposta sono solo alcuni dei benefici garantiti dall'utilizzo dei motori *direct drive*, in grado di azionare un carico senza organi di trasmissione. Grazie a questi vantaggi, i motori trovano applicazione nel settore dell'automazione, nei semiconduttori, nei monitor a schermo piatto, nelle macchine utensili, nei robot e persino nell'industria aerospaziale e della difesa.

di Chen Kaidi e Lin Huangming



**I** motori *direct drive*, o a trazione diretta, sono in grado di azionare un carico direttamente, anche senza organi di trasmissione, e sono dotati di un'ottima dinamicità di risposta. Grazie a un sistema di movimento senza punti di contatto, essi non sono soggetti né a usura né a gioco; sono pertanto dotati di precisione e ripetibilità molto elevate, nonché di altri vantaggi quali facilità di manutenzione e intervalli di manutenzione più lunghi.

I motori con raffreddamento a liquido conservano le ottime proprietà elettromeccaniche dei motori *direct drive*, con in più la progettazione del sistema di raffreddamento a liquido, che ha consentito di migliorare notevolmente la forza di propulsione e la coppia dei motori *direct drive* in ingombri contenuti. Questi sistemi di raffreddamento sono anche efficaci nel disperdere il calore lontano dal corpo del motore e nell'abbassare al minimo il calore trasmesso al carico e alla macchina, riducendo così le alterazioni dimensionali causate dalle variazioni di temperatura e migliorando la precisione del sistema.

● Motore *direct drive* con raffreddamento a liquido.

● *Liquid-cooled direct drive motor.*



# drive

dell'automazione industriale

L'anello di regolazione ad alta frequenza con l'unità di controllo e azionamento abbinata all'encoder e il sistema di compensazione della precisione ottimizzano ulteriormente la precisione e la dinamicità del motore direct drive. Inoltre, la capacità dell'interfaccia di comunicazione dell'unità di controllo e azionamento di trasmettere al controllore centrale lo stato delle apparecchiature rilevato dai sensori consente una gestione istantanea della macchina: è questa la chiave per raggiungere l'obiettivo dell'interconnessione tra i macchinari sul modello di Industry 4.0.

## Il ruolo della tecnologia di azionamento nei servomotori direct drive

Gli azionamenti che movimentano e controllano i motori direct drive giocano un ruolo fondamentale nel sistema di controllo della macchina: maggiori sono le funzioni dell'azionamento, più questo sarà compatibile con le diverse applicazioni industriali. Qui di seguito si illustrano brevemente le funzioni degli azionamenti e i vantaggi da loro offerti.

Impostazione delle modalità operative degli azionamenti.  
In generale, gli azionamenti, oltre a consentire l'imposta-

## TECHNOLOGY

# Direct Drive Servo Motors and Their Applications in Industrial Automation

*High accuracy and repeatability; ease of maintenance; ideal speed control and great dynamic response are some of the benefits offered by the use of direct drive motors, capable of driving a load with no transmission devices. Due to such benefits, these motors are used in automation, semiconductors, flat panel displays, machine tools, robots and even in the aerospace and defense industries.*

**D**irect drive motors can drive a load directly, even without transmission devices, and have an excellent dynamic response. Thanks to a motion system with no contact points, they are neither subject to wear nor backlash; therefore, they feature very high accuracy and repeatability, as well as other benefits such as ease of maintenance

and longer maintenance intervals. The liquid-cooled motors retain the excellent electromechanical properties of direct drive motors, plus the liquid cooling system design, which made it possible to greatly improve the driving force and torque of direct drive motors in reduced sizes. These cooling systems are also effective in dispersing heat away from

the motor body and minimizing the heat transmitted to the load and the machine, thus reducing the dimensional changes caused by temperature variations, and improving the system accuracy.

The high-frequency control loop with the control and drive unit combined to the encoder and the accuracy compensation system further improve the accuracy and dynamics of the direct drive motor. In addition, the fact that the control and drive unit communication interface can send the equipment status detected by sensors to the central controller allows an immediate management of the machine: this is the key

by Chen Kaidi and Lin Huangming

<b>Industria / Industry</b>	Semiconduttori; Monitor a schermo piatto / <i>Semiconductors; Flat panel displays</i>	Macchine utensili / <i>Machine tools</i>	Automazione industriale / <i>Industrial automation</i>	Aerospaziale; Difesa / <i>Aerospace; Defence</i>
<b>Tipologia di motore / Type of motor</b>	Tavola direct drive con encoder ottico / <i>Direct drive table with optical encoder</i>	Motore direct drive con raffreddamento a liquido / <i>Liquid-cooled direct drive motor</i>	Tavola direct drive con encoder ottico o resolver assoluto / <i>Direct drive table with optical encoder or absolute resolver</i>	Motore direct drive XL / <i>XL direct drive motor</i>
<b>Campo di applicazione / Application field</b>	Applicazioni del vuoto; Ispezione; Movimentazione / <i>Vacuum applications; Inspection; Handling</i>	Tavole basculanti; Testa mandrino / Torretta utensili; Cambio utensile automatico / <i>Indexing tables; Spindle head/Tool turret; Automatic tool changer</i>	Automotive; Robot; Pick & place ad alta velocità / <i>Automotive; Robot; High-speed pick &amp; place</i>	Sistemi di guida; Antenne / <i>Driving systems; Antennas</i>

● Tabella 1.  
Le applicazioni dei motori direct drive

● Table 1.  
The applications of direct drive motors

zione di posizione/velocità/coppia, insieme al controllo a monte costituiscono il sistema di controllo della macchina. Gli azionamenti possono anche essere impostati in modalità operativa indipendente e, in questo caso, diventano dei microazionamenti in cui le funzioni di azionamento e controllo sono integrate, senza necessità di controllori o PLC aggiuntivi, in quanto è sufficiente utilizzare i segnali I/O e le modalità programmabili dall'utente all'interno dell'azionamento per ottenere il posizionamento desiderato in molteplici punti di lavoro. Questa funzione si applica spesso nel settore dell'automazione ai macchinari pick & place oppure alle tavole basculanti e alle torrette portautensili delle macchine.

Uscite encoder simulate e impostazione della quota.

Con gli azionamenti collegati a un controllore in un anello di regolazione semichiuso o completamente chiuso, il controllore, per poter esercitare la sua funzione, deve ricevere i segnali encoder direttamente dal motore o dall'azionamento. Inoltre, i servomotori direct drive possono essere abbinati a diversi tipi di encoder a seconda del settore di applicazione, come ad esempio encoder ottici analogici nel settore dell'automazione o encoder assoluti seriali (EnDat, BiSS) molto frequenti nelle macchine utensili. Gli azionamenti in grado di supportare diverse tipologie di encoder normalmente hanno un'uscita encoder simulata, che consente di convertire i diversi segnali encoder in segnali

to achieve the interconnection of machines according to the Industry 4.0 model.

**The role played by drive technology in direct drive servo motors**

The drives moving and controlling direct drive motors play a key role in the machine control system: the more functions the drive has, the more compatible it will be with different industrial applications. Below, we briefly describe the functions of the drives and the benefits they offer.

Drive operating mode setting. In general, the drives, in addition to allowing the setting of position/speed/torque, constitute the

machine control system together with the upstream controller. The drives can also be set to independent operating mode and, in this case, they become microdrives in which the drive and control functions are integrated, with no need for additional controllers or PLCs, as it is sufficient to use the I/O signals and the user programmable modes in the drive to achieve the desired positioning in multiple operating points. This function is often applied in automation to pick & place machines, or to the indexing tables and tool turrets of machine tools.

Simulated encoder outputs and share setting. When the drives are connected to

a controller in a semi-closed or completely closed control loop, the controller, in order to operate, must receive encoder signals directly from the motor or the drive. Moreover, direct drive servo motors can be combined with different types of encoders depending on the application area, such as analog optical encoders in the automation sector or serial absolute encoders (EnDat, BiSS), which are very common in machine tools. The drives capable to support different types of encoder normally have a simulated encoder output, which makes it possible to convert various encoder signals in universal digital signals and transmit them to the upstream controller. You can also set a



● Tavola rotante direct drive a rotazione esterna (a sinistra) e compatta (a destra)  
 ● Compact (right) and external rotation (left) direct drive rotary table.

● I motori direct drive con raffreddamento a liquido si trovano anche nelle tavole rotanti inclinabili.  
 ● *Liquid-cooled direct drive motors are also found in tilting rotary tables.*

numerici universali e di trasmetterli al controllore a monte. Inoltre è possibile impostare una quota di uscite encoder simulate dell'azionamento, per i controllori che presentano una larghezza di banda piuttosto limitata per la ricezione dei segnali encoder.

Capacità degli azionamenti di migliorare la precisione dei motori direct drive.

I motori direct drive sono già caratterizzati da un'elevata precisione di posizionamento. Tuttavia, in applicazioni che richiedono una precisione ancora superiore si ricorre di solito al sistema di compensazione degli errori.

In generale, esistono due metodi di compensazione: tramite controllore e tramite azionamento. In entrambi i metodi è necessario effettuare preventivamente una misura-



zione laser della precisione. Il metodo di compensazione tramite controllore è diverso, in quanto la posizione comandata che viene trasmessa all'azionamento, e che fa

*share of drive simulated encoder outputs, for controllers with a rather low bandwidth for receiving encoder signals.*

Drive capability to improve the accuracy of direct drive motors.

*Direct drive motors are characterized by high positioning accuracy. However, in applications that require a still higher precision, it is common to use the error compensation system. In general, there are two compensation methods: via controller and via drive. In both methods, it is necessary to first take a laser measurement of accuracy. The compensation method via controller is different, as the commanded position which is transmitted to*

*the drive, and which rotates the motor up to the most accurate position, is given by the reference position plus the measured position error. This method may create a situation in which the reference position in the controller is different from the commanded position and the actual position.*

**Acquiring information on motor functioning is easier**

*Comparing the previous and later situations in a compensation via drive, we see that the accuracy laser measurement implies significant improvements. The result shows that, after compensation, the positioning accuracy of the direct drive motor is improved. Furthermore,*

*in this compensation method, the measured position error is compensated in the drive by the encoder reading in the control loop, thus obtaining two advantages: making sure that the reference position in the controller is the same as the commanded position and the motor actual position; creating a single compensation chart before launching the motors and drives on the market, so that the user only needs to set the offset origin, according to the different configurations of the mechanism, and then they can use it right away, saving the necessary time and work to take the laser measurement and recreate the compensation chart. Moreover, direct drive servo motor drives*



● Esempi di azionamenti realizzati da Hiwin.  
● Examples of Hiwin drives.

ruotare il motore fino alla posizione più accurata, è data dalla posizione di riferimento più l'errore di posizione misurato. Questo metodo può creare una situazione in cui la posizione di riferimento all'interno del controllore sia diversa dalla posizione comandata e dalla posizione reale.

### Acquisire informazioni sul funzionamento dei motori diventa più facile

Confrontando la situazione precedente e quella successiva in una compensazione tramite azionamento, si osserva che la precisione misurata a laser comporta significativi miglioramenti.

Il risultato del confronto dimostra che, dopo la compen-

are capable to acquire, through several sensors, the operating status of the motors, such as the motor position and rotation speed via encoder reading or a possible motor overload via current sensor reading. Previously, it was not possible to transmit this first-hand information to the upstream controller, and even to the plant central automation controller. The drives supporting an OPEN BUS interface, such as the EtherCAT communication interface, allow the end user or the manufacturer, through the iCloud platform or the central controller, to monitor the status of production and machine operation at any time, achieving the interconnection of machines of Industry 4.0.

### The main applications of direct drive motors

For their motion stability and high accuracy and fast positioning, direct drive motors have already found wide application in automation, semiconductors, flat panel displays, machine tools, robots, and even in the aerospace and defense industries (see Table 1). As regards the application fields, the direct drive table with optical encoder, being characterized by a greater motion stability and high accuracy, is used in semiconductor scanning and inspection equipment and flat panel displays. Absolute resolver motors, due to their adaptability to specific workplaces and a low cost table, are used in high-speed pick & place with point-to-

## Cosa sono, e come sono fatti, i motori direct drive

In senso lato, i meccanismi direct drive si suddividono in motori lineari e in motori coppia, a seconda se il moto è continuo lineare o continuo rotante. I motori direct drive sono un tipo particolare di servomotori sincroni a magneti permanenti senza spazzole; essi possono essere considerati come dei motori lineari arrotolati, caratterizzati da un numero altamente superiore di poli magnetici rispetto ai servomotori tradizionali, per cui, grazie allo scambio elettromagnetico che si verifica tra i magneti e gli avvolgimenti del motore, sono in grado di trasformare l'energia elettrica in energia meccanica con la massima efficienza. I vantaggi includono grande dinamicità di risposta; elevata precisione e ripetibilità; alta velocità, elevata accelerazione/decelerazione; controllo di velocità ideale; struttura semplice; lunga durata e facile manutenzione.

In base alla struttura, i motori direct drive si suddividono in tavole rotanti e in motori senza carcassa. La tavola rotante è un tipo completo di tavola mobile, facile da progettare e da integrare, costituita da uno statore, un rotore, dei cuscinetti, un encoder e altri componenti strutturali. I motori senza carcassa sono costituiti soltanto dallo statore e dal rotore che generano la forza motrice.

saione, la precisione di posizionamento del motore direct drive è migliorata. Inoltre, in questo metodo di compensazione l'errore di posizione misurato è compensato nell'azionamento con la lettura dell'encoder nell'anello di controllo, ottenendo così due vantaggi: fare in modo che la posizione di riferimento nel controllore sia uguale alla posizione comandata e alla posizione reale

point positioning for handling and assembly in automation.

The liquid-cooled motors have high torque and provide excellent speed, acceleration and dynamic response: therefore, they are used in the rotary axes of all machine tools, such as in the indexing tables or tool turrets. In addition to a great reduction of processing time, they improve the surface roughness of machined parts thanks to their positioning accuracy and high stability. Moreover, due to the absence of wear and backlash, they ease the machine maintenance and extend maintenance intervals, increasing the machine life. ●

(The authors are part of Hiwin Mikrosystems Co.)

## What are direct drive motors, and what are they made of?

*In a broad sense, direct drive mechanisms fall into two types, linear motors and torque motors, depending on whether the motion is continuous linear or continuous rotary. Direct drive motors are a special type of synchronous permanent magnet brushless servo motors; they can be considered as coiled linear motors, characterized by a very larger number of magnetic poles than traditional servo motors; therefore, thanks to the electromagnetic exchange that occurs between the magnets and the motor windings, they can transform mechanical energy into electrical energy with maximum efficiency.*

*The benefits include highly dynamic response; high accuracy and repeatability; high speed, high acceleration/deceleration; ideal speed control; simple structure; long life and easy maintenance.*

*According to their structure, direct drive motors are divided into rotary tables and frameless motors. The rotary table is a complete type of mobile table, easy to design and to be integrated; it is formed of a stator, a rotor, bearings, an encoder and other structural components. The frameless motors are only made of the stator and the rotor, which generate the driving force.*

del motore; creare un'unica tabella di compensazione prima di immettere i motori e gli azionamenti sul mercato, in modo che l'utilizzatore debba solo impostare il valore offset origine, a seconda delle diverse configurazioni del meccanismo, e poi possa utilizzarlo subito, risparmiando così il tempo e il lavoro necessari a effettuare la misurazione laser e a ricreare la tabella di compensazione. Inoltre, gli azionamenti dei servomotori direct drive sono in grado di acquisire, tramite diversi sensori, lo stato di funzionamento dei motori, come ad esempio la posizione e la velocità di rotazione del motore tramite lettura dell'encoder o un eventuale sovraccarico



● La robotica è un altro tipico campo di applicazione dei motori direct drive.

● Robotics is another typical field of application of direct drive motors.

del motore tramite lettura del sensore di corrente. In precedenza, non era possibile trasmettere queste informazioni di prima mano al controllore a monte, e nemmeno al controllore centrale di automazione dello stabilimento.

Gli azionamenti che supportano un'interfaccia OPEN BUS, come l'interfaccia di comunicazione EtherCAT, consentono all'utilizzatore finale o al costruttore, attraverso la piattaforma iCloud o il controllore centrale, di poter monitorare in qualsiasi momento lo stato di avanzamento della produzione e il funzionamento della macchina, realizzando l'obiettivo di interconnessione tra le macchine di Industria 4.0.

## Le applicazioni dei motori direct drive

Per la stabilità di movimento e l'elevata precisione e rapidità di posizionamento che li caratterizzano, i motori direct drive trovano già vasta applicazione nel settore dell'automazione, nei semiconduttori, nei monitor a schermo piatto, nelle macchine utensili, nei robot e persino nell'industria aerospaziale e della difesa (vedi Tabella 1).

La tavola direct drive con encoder ottico, Grazie alle caratteristiche di cui sopra, trova applicazione nelle apparecchiature di scansione e ispezione dei semiconduttori e dei monitor a schermo piatto.

I motori con resolver assoluto, grazie alla loro adattabilità ad ambienti di lavoro specifici e a una tavola dai costi contenuti, trovano applicazione nel pick & place ad alta velocità con posizionamento punto-punto per movimentazioni e assemblaggi nel settore dell'automazione.

I motori con raffreddamento a liquido hanno coppie elevate e garantiscono ottima velocità, accelerazione e dinamicità di risposta: pertanto trovano applicazione negli assi rotanti di tutte le macchine utensili, come ad esempio nelle tavole basculanti e nelle torrette portautensili.

Oltre a ridurre notevolmente i tempi di lavorazione, consentono anche di migliorare la rugosità superficiale dei pezzi lavorati grazie alla precisione di posizionamento e alla stabilità elevate. Inoltre, grazie all'assenza di usura e di gioco, facilitano la manutenzione della macchina e allungano gli intervalli tra una manutenzione e l'altra, incrementando la vita della macchina. ●



● I sistemi di movimentazione sono tra le applicazioni dei motori direct drive.

● Handling systems are one of the applications of direct drive motors.

(Gli autori fanno parte di Hiwin Mikrosystems Co.)