



GUIDA ALLA ROBOTICA NEGLI IMPIANTI DI PACKAGING PER IL FOOD & BEVERAGE

indice

OBIETTIVI	3
INTRODUZIONE: LA ROBOTICA NEI CONTESTI DI SMART FACTORY E INDUSTRIA 4.0	4
RUOLO E IMPIEGO DEI ROBOT NELLE LINEE DI PACKAGING PER IL FOOD & BEVERAGE: I ROBOT DELTA	5
SCELTE PROGETTUALI PER PRESTAZIONI ELEVATE	7
FATTORI IMPORTANTI PER IL DIMENSIONAMENTO	9
SISTEMI DI VISIONE	10
SICUREZZA E MANUTENZIONE	11
ULTIME FRONTIERE DELL'ADVANCED ROBOTICS: ALCUNI ESEMPI	13
CONCLUSIONI	15
KEYPOINT	15

obiettivi

MOSTRARE UNA PANORAMICA
SULLE SOLUZIONI ROBOTICHE
PER IL PACKAGING NEL FOOD & BEVERAGE

EVIDENZIARE SCELTE PROGETTUALI
E PRESTAZIONI DEI ROBOT DELTA

FORNIRE INDICAZIONI
SU DIMENSIONAMENTO, SICUREZZA
E MANUTENZIONE DI UN'ISOLA ROBOTIZZATA

Introduzione: la robotica nei contesti di **Smart Factory** e **Industria 4.0**

La terza rivoluzione industriale è stata caratterizzata dall'utilizzo dell'elettronica e dell'IT (Information Technology) attraverso l'impiego di robot industriali e computer. Con l'obiettivo di automatizzare ulteriormente la produzione, la quarta rivoluzione industriale, o Industria 4.0, prevede l'utilizzo di macchine intelligenti, interconnesse e collegate ad internet. Gli obiettivi tecnologici che si prefigge Industria 4.0 sono di realizzare una connessione tra sistemi fisici e digitali, svolgere analisi complesse attraverso Big Data ed essere in grado di adattamenti in tempo reale.

Questo scenario, caratterizzato da una forte interconnessione e integrazione di tecnologie diverse, è indicato colloquialmente con l'espressione Smart Factory (fabbrica intelligente). Si noti come una delle tecnologie abilitanti di Smart Factory e Industria 4.0 è l'adozione di "advanced manufacturing solutions" che si fonda sull'utilizzo sistematico di sistemi robotici avanzati, industriali e collaborativi, interconnessi e rapidamente programmabili.

Ruolo e impiego dei robot nelle linee di packaging per il food & beverage: robot Delta

Prendendo in considerazione l'industria manifatturiera alimentare e delle bevande, o food & beverage (F&B), l'adozione delle tecnologie abilitanti di Industria 4.0, come appunto “advanced manufacturing solutions”, rappresenta una scelta strategica per rispettare i requisiti sempre più stringenti imposti dal mercato, sia in termini di sicurezza e qualità del prodotto, che di flessibilità produttiva. Da questo punto di vista la crescita dell'eCommerce, che si basa proprio sugli assortimenti variabili dei negozi online, rappresenta un forte incentivo alla realizzazione di soluzioni automatizzate sempre più flessibili.

Nel settore F&B, una delle fasi produttive più adatte all'adozione di soluzioni di advanced manufacturing è quella del confezionamento (packaging) robotizzato. Questa applicazione richiede l'utilizzo di robot in grado di eseguire movimenti di presa e rilascio (pick-and-place) a velocità e frequenze elevate, con molti pezzi che si muovono su un nastro trasportatore ad una frequenza di centinaia di parti al minuto. La tipologia di robot più adatta a questo tipo di compiti è notoriamente quella Delta. Grazie alla struttura cinematica parallela, i robot Delta presentano un vantaggio costruttivo intrinseco in termini di prestazioni e flessibilità che li

rende candidati ideali per applicazioni di confezionamento e di pick-and-place ad elevata velocità.

Esistono altri robot che possono arrivare a rate elevati, ad esempio i robot seriali SCARA, ma generalmente non possono raggiungere le stesse velocità e sostenere gli stessi ritmi di un robot Delta senza incorrere in problemi di surriscaldamento o stress eccessivo dei motori. Pertanto, oggi, a più di 30 anni dalla loro ideazione, i robot Delta si sono affermati come un paradigma costruttivo per l'esecuzione di compiti di pick-and-place e di ordinamento, e in tutte le applicazioni ad elevate velocità e carichi ridotti.

Scelte progettuali per prestazioni elevate

Nella sua configurazione standard, la struttura di un robot Delta prevede l'utilizzo di 3 servomotori elettrici a coppia elevata, montati su una struttura portante rigida. La presenza di 3 motori permette il posizionamento arbitrario dell'organo terminale (end-effector) nello spazio Cartesiano 3-dimensionale, purché all'interno dello spazio di lavoro (workspace) del robot. Sull'albero di ciascun motore, perpendicolarmente al suo asse di rotazione, è montato un link. I 3 link principali sono a loro volta collegati a link di connessione molto leggeri, in fibra di carbonio, disposti a parallelogramma e a loro volta connessi ad una piattaforma centrale. I giunti posti ad entrambe le estremità dei link a parallelogramma sono solitamente sferici e passivi. Sulla piattaforma centrale può essere montato direttamente l'organo terminale oppure alloggiato un motore addizionale. A seconda dell'applicazione, molti robot Delta possono essere infatti dotati di un quarto asse di rotazione per permettere di orientare l'oggetto attorno all'asse Cartesiano z, una volta che questo sia stato afferrato dal robot.

La caratteristica principale della struttura cinematica parallela di un robot Delta è rappresentata dal fatto che i motori, generalmente pesanti, sono fissati alla struttura portante e quindi lontano dall'organo terminale. Questa soluzione permette alle parti mobili di essere molto leggere e veloci, ma aumenta le coppie richieste

ai motori per effetto del momento generato dal peso del prodotto su di essi e quindi riduce la capacità di carico complessive (payload) del robot. Esiste infatti un “trade-off” ben noto tra velocità dell’organo terminale e carico movimentato che è tipico di questa tipologia di robot: per aumentare la velocità del polso è necessario diminuire il carico manipolato.

Per carichi medio-bassi, ovvero in un range che va da 1 kg a 8 kg, le capacità motorie di un robot Delta in termini di: numero di cicli al minuto, velocità dell’organo terminale, accuratezza di posizionamento e ripetibilità, sono generalmente superiori a quelle di un manipolatore robotico seriale di pari payload. Lo spettro di movimenti possibili e lo spazio di lavoro sono tuttavia più ridotti rispetto a quelli di un manipolatore a 6 o 7 gradi di libertà. I robot Delta possono infatti muoversi liberamente all’interno di uno spazio di lavoro più contenuto, specialmente in termini di escursione possibile lungo l’asse verticale.

Fattori importanti per il dimensionamento

Il dimensionamento di un'isola robotizzata che impieghi robot Delta richiede di tenere in considerazione numerosi fattori. La scelta delle prestazioni del robot e il numero di robot da installare nell'isola di packaging, dipendono principalmente dal volume produttivo, quindi dalla frequenza di ciclo richiesta, e dalla massa del prodotto da movimentare. Anche il fattore di forma e lo spazio di lavoro raggiungibile sono variabili che possono influenzare il layout finale dell'isola robotizzata. Un altro fattore rilevante è la scelta dell'organo di presa o gripper. Alcuni robot Delta sono in grado produrre accelerazioni molto elevate dell'oggetto afferrato, pertanto se il gripper non è in grado di esercitare una forza di presa sufficiente, il prodotto può sfuggire dalla presa del robot. È quindi importante scegliere un gripper che possa assicurare il mantenimento della presa se sottoposto alle accelerazioni richieste dall'applicazione specifica. Gli organi di presa più comunemente adottati sono i gripper a ventosa, grazie all'attuazione veloce e all'elevata ripetibilità, oppure gripper meccanici, ad esempio pinze, più adatti per prodotti con superfici porose o ruvide a discapito di una riduzione del tempo di ciclo non solo a causa del peso maggiore sul polso, ma anche del tempo necessario per l'apertura e chiusura nelle fasi di presa e di rilascio, rispettivamente.

Sistemi di visione

La natura delle applicazioni per cui sono concepiti i robot Delta, ovvero il pick-and-place di molti prodotti che si muovono su un nastro trasportatore a una frequenza di centinaia di parti al minuto e in ordine sparso, rende necessaria l'integrazione di un sistema di visione per determinare con esattezza la posizione dell'oggetto che dovrà essere preso dal robot. Algoritmi avanzati sono inoltre in grado di riconoscere la tipologia del prodotto, sulla base della forma, del colore e dell'assortimento, e di distinguere tra un prodotto afferrabile da uno difettoso sulla base delle informazioni provenienti da sensori di visione 3D e telecamere standard RGB.

Nel caso di un'isola robotizzata con una batteria di robot, ovvero in cui più robot eseguono prese simultanee dalla stessa linea, il PLC responsabile del controllo dell'isola può essere programmato in modo da utilizzare le informazioni provenienti dal sistema di visione per schedare le prese e ottimizzare il tempo di operazione di ciascun robot. Da questo punto di vista è importante notare come la programmazione e il controllo di un robot Delta sono quasi del tutto simili a quelli di un robot industriale controllato in posizione. In generale, un operatore che abbia esperienza con la programmazione di robot industriali può essere in grado di programmare il movimento di un robot Delta. Molti costruttori utilizzano infatti lo stesso linguaggio di programmazione e spesso anche lo stesso ambiente software.

Sicurezza e manutenzione

I requisiti di sicurezza per robot Delta non differiscono da quelli per un comune robot industriale. È infatti necessario montare attorno all'isola robotizzata delle barriere protettive, solitamente in Plexiglass. Sono comunque possibili dei layout “aperti”, cioè privi di barriere, per quelle linee di produzione particolarmente estese, in cui l'operatore non può portarsi nelle vicinanze del robot. Un aspetto di sicurezza particolarmente rilevante per i robot Delta è la possibilità di guasti dell'organo di presa, sia esso meccanico o ad aspirazione. Date le elevate velocità di movimentazione, in caso di guasto il prodotto afferrato potrebbe sfuggire dalla presa del robot ed essere scagliato in modo incontrollato e a velocità elevata contro un operatore: da qui l'importanza di barriere protettive a delimitare l'isola robotizzata.

È poi importante notare come il settore food & beverage, un ambito caratterizzato da alti volumi e regolamentazioni ferree in ambito di sicurezza e igiene, richieda ai produttori il mantenimento di standard molto elevati di pulizia. Le attrezzature devono essere infatti sottoposte a lavaggio e si deve evitare l'esposizione dei prodotti alimentari (non protetti da film) a possibili agenti contaminanti come lubrificanti, frammenti di metallo o plastica e polveri. Grazie alla struttura cinematica “aperta” del robot Delta, i motori possono essere isolati facilmente attraverso custodie, e molti modelli sono disponibili con una classe di protezione fino a IP69K, permettendo così al robot di essere sottoposto a lavaggio ad alta pressione e ad alte temperature.

La struttura “aperta” dei robot Delta fornisce un notevole vantaggio anche da un punto di vista manutentivo. Tale struttura risulta infatti facilmente accessibile per un operatore che esegua riparazioni e interventi di manutenzione. A riguardo si noti come, in seguito ai movimenti veloci e ripetitivi a cui sono continuamente sottoposti,

i giunti sferici e gli attacchi che connettono tra di loro i link a parallelogramma sono soggetti ad usura e richiedono una sostituzione periodica. Assumendo che un robot Delta stia operando in condizioni nominali, le parti maggiormente soggette ad usura sono inoltre le molle e le rondelle collocate sui link di connessione che costituiscono il meccanismo parallelo. Queste componenti sono solitamente poco costose e facili da sostituire in tempi brevi, permettendo così di non dover fermare la linea troppo a lungo.

Un'altra componente che richiede sostituzione periodica (mediamente una volta ogni sei mesi) sono gli isolatori ad anello, di solito in nylon o Delrin, che agiscono da cuscinetto ad attrito per ciascun servomotore. Gli anelli di isolamento possono arrivare

tipicamente al milione di cicli prima di necessitare di una sostituzione. I motori principali sono soggetti ad usura in modo omogeneo.

Lo stato di usura dipende dal tipo di moto che devono eseguire, ma generalmente i tre motori superiori lavorano all'interno di uno spazio di lavoro simmetrico. Come nella maggior parte dei robot industriali, i tre servomotori principali sono di tipo brushless: una delle soluzioni più affidabili per movimenti start-stop veloci. Dal momento che non ci sono spazzole all'interno di questa tipologia di motore, ma solamente un rotore che si muove all'interno degli avvolgimenti di statore, le componenti soggette a usura sono praticamente assenti.

Ultime frontiere dell'Advanced Robotics: alcuni esempi

Tra gli esempi di soluzioni robotiche di advanced manufacturing nel settore food & beverage possiamo indicare i robot Delta Triaflex di CAMA Group: gruppo italiano specializzato nella produzione di isole robotizzate per packaging secondario automatizzato. I robot Delta Triaflex, disponibili in diverse taglie con uno spazio operativo (workspace) che può variare in diametro dai 100 cm ai 150 cm, presentano una configurazione tipica a tre assi, con la possibilità di un quarto asse che abilita la rotazione del prodotto una volta che è stato afferrato. Realizzati in fibra di carbonio, questi robot molto veloci sono adatti per essere impiegati in applicazioni di pick-and-place a bassi carichi e possono superare agilmente le cento prese al minuto. In linea con lo spirito di interconnessione tecnologica proprio di Smart Factory e Industria 4.0, CAMA

rivolge particolare attenzione all'integrazione di funzioni di computer vision a bordo dei suoi robot. I Delta Triaflex sono infatti dotati di sistemi di visione, provenienti dai principali produttori, in grado di distinguere in autonomia varie tipologie di pro-



dotti per la massima flessibilità nella composizione dell'imballo, come richiesto dall'eCommerce.

Una batteria di robot Delta Triaflex dotati di sistema di visione è in grado di riconoscere, selezionare, prelevare o ordinare nell'imballo, in tempi rapidi e con elevata efficienza, fino a 2.000 prodotti al minuto che scorrono senza ordinamento su un nastro trasportatore. I robot Delta Triaflex possono caricare prodotti anche da ordinatori verticali e possono essere utilizzati per caricare macchine astucciatrici.

CAMA dedica particolare attenzione alla progettazione delle teste di presa finalizzata a permettere un'intercambiabilità veloce che non richieda l'utilizzo di utensili. A seconda delle applicazioni i robot Delta Triaflex possono essere equipaggiati per effettuare la presa con pinze oppure con ventose e possono gestire molto rapidamente oltre 2.000 prodotti al minuto.

Cavi e sistemi di comunicazione sono integrati all'interno dei bracci dei robot per preservarne la pulizia costruttiva e per evitare che interferiscano con il movimento ad alta velocità della struttura meccanica. Infine, pur lavorando nel packaging secondario con il prodotto che dovrebbe essere già sempre protetto da film, i robot Delta Triaflex sono predisposti per essere sottoposti a lavaggio a seconda delle richieste del cliente.

conclusioni

Una delle tecnologie abilitanti di Smart Factory e Industria 4.0: “advanced manufacturing solutions”, prevede l’utulizzo estensivo di robot, industriali e collaborativi, interconnessi e rapidamente programmabili. L’adozione di una tale tecnologia abilitante nell’industria alimentare e delle bevande, ed in particolare nella fase di packaging secondario, rappresenta un fattore chiave per il rispetto dei requisiti di flessibilità produttiva imposti dal mercato odierno. I robot Delta detengono un primato in questo settore. L’architettura cinematica parallela fornisce un elevato vantaggio meccanico in termini di prestazioni motorie e di accuratezza. Queste caratteristiche, unite alle funzionalità fornite da un sistema di visione integrato, conferiscono ad un’isola robotizzata caratteristiche avanzate di autonomia, adattamento e flessibilità.

keypoint

- Le prestazioni motorie dei robot Delta li rendono i candidati ideali a svolgere compiti di pick-and-place per il packaging alimentare secondario.
- L’integrazione di un sistema di visione permette di conferire la massima flessibilità produttiva all’isola robotizzata.
- La scelta dell’organo di presa è uno dei fattori chiave per il dimensionamento e la sicurezza di un’isola robotizzata con una batteria di robot Delta.