



**Progettazione funzionale di sistemi meccanici e mecatronici. Esercitazione: Flowpack**  
A.A. 2018/2019

## **Progettazione Funzionale di Sistemi Meccanici e Meccatronici**

Flowpack machinery

Dipartimento di Ingegneria e Scienze Applicate

Mechatronics and Mechanical Dynamics Labs

prof. Paolo Righettini

Linee guida per lo sviluppo dell'esercitazione

Maggio 2019

**Indice**

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>1</b>
1.1	Specifiche generali di progetto . . . . .	1
<b>2</b>	<b>Traccia di soluzione</b>	<b>2</b>
2.1	Osservazioni . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Obiettivi</b>	<b>4</b>

**Indirizzo**

Università di Bergamo  
Facoltà di Ingegneria  
Laboratorio di Meccatronica e  
Mechanical Dynamics  
Via Stezzano, 87  
Bergamo

tel: +39 035 2052.120 - 2052.315

fax: +39 035 2052.310

<http://www.unibg.it/>

**Autori**

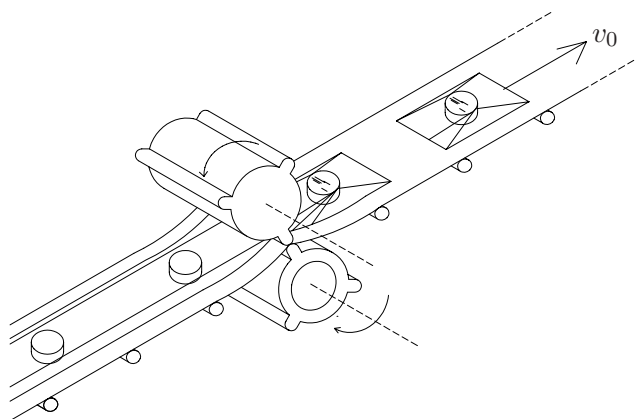
prof. Paolo Righettini  
[paolo.righettini@unibg.it](mailto:paolo.righettini@unibg.it)  
<http://mech.unibg.it>

## 1 Introduzione

L'esercitazione consiste nel progetto del sistema di azionamento di un macchinario di tipo flowpack, il cui obiettivo è il confezionamento di prodotti alimentari per mezzo di film flessibili.

Il progetto deve prevedere il dimensionamento del sistema di azionamento (motore e riduttore) ed un'analisi di sensitività della massima produttività raggiungibile rispetto alla variazione delle condizioni di lavoro del macchinario, ovvero, al variare della lunghezza del prodotto. La massima cadenza produttiva è inoltre funzione della configurazione delle teste di taglio/saldatura del macchinario.

### 1.1 Specifiche generali di progetto



**Figura 1:** Confezionamento automatico al volo.

In una macchina per il confezionamento di prodotti in film flessibile, la saldatura ed il taglio trasversale del tubolare in cui sono inseriti vengono realizzati mediante testate controrotanti, a cui sono solidali 3 ganasce predisposte per il taglio e la saldatura del film di confezionamento. Le superfici periferiche di lavoro delle ganasce risultano inscritte all'interno di una circonferenza di raggio  $R_p = 0.045$  m.

Delle due testate una è motrice e l'altra è trascinata. Quest'ultima è azionata dalla prima mediante una trasmissione ad ingranaggi a rapporto di trasmissione unitario. Un servomotore aziona la testa motrice attraverso una trasmissione. Il momento d'inerzia complessivo dei due tamburi e degli ingranaggi che li collegano è  $J_r = 11.5 \cdot 10^{-3}$  kgm<sup>2</sup>.

La velocità di avanzamento delle confezioni è costante, e dipende dalla cadenza produttiva  $P = 750$  confezioni al minuto e dalla lunghezza  $L = 0.066$  m della confezione, quindi la posizione delle teste di saldatura e di taglio è asservita a quella del film di confezionamento, con cadenza ciclica confezione per confezione.

L'operazione di saldatura e di taglio occupa una rotazione  $\theta_0 = 30^\circ$  del tamburo portatesta, durante la quale la velocità periferica delle testate deve coincidere con quella del film flessibile.



Si devono scegliere il riduttore ed il motore brushless che consentono di realizzare il movimento, nell'ipotesi che l'energia cinetica e le perdite per attrito nella trasmissione siano trascurabili, così come la coppia resistente durante l'operazione di saldatura e taglio.

La velocità  $v_0$  di avanzamento delle confezioni risulta

$$v_0 = \frac{PL}{60} = 0.825 \text{ m/s} \quad (1)$$

a cui corrisponde un tempo di ciclo

$$T = \frac{L}{v_0} = 0.08 \text{ s} ,$$

durante il quale, disponendo di 3 teste, il tamburo portateste dovrà compiere una rotazione complessiva di  $120^\circ$ . A questa rotazione corrisponde uno spostamento periferico

$$L_p = 2\pi R_p \frac{120}{360} = 94.25 \cdot 10^{-3} \text{ m} .$$

Negli ultimi  $30^\circ$  di movimento, fase in cui vengono realizzati la saldatura ed il taglio, le teste dovranno avere una velocità periferica coincidente con quella del film flessibile  $v_0$ . Questo tratto a velocità costante ha una durata di

$$t_s = \frac{30\pi/180}{v_0/R_p} = 0.029 \text{ s} \quad (2)$$

Riconducendo il problema allo spostamento periferico delle teste di saldatura e taglio, il movimento può essere visto come uno spostamento lineare a velocità costante  $v_0$  di durata  $T$  a cui sommare uno spostamento di alzata

$$h = L_p - L = 28.25 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

di durata

$$t_a = T - t_s = 0.051 \text{ s} .$$

Avendo ricondotto il problema ad un moto lineare, la massa ridotta del carico risulta

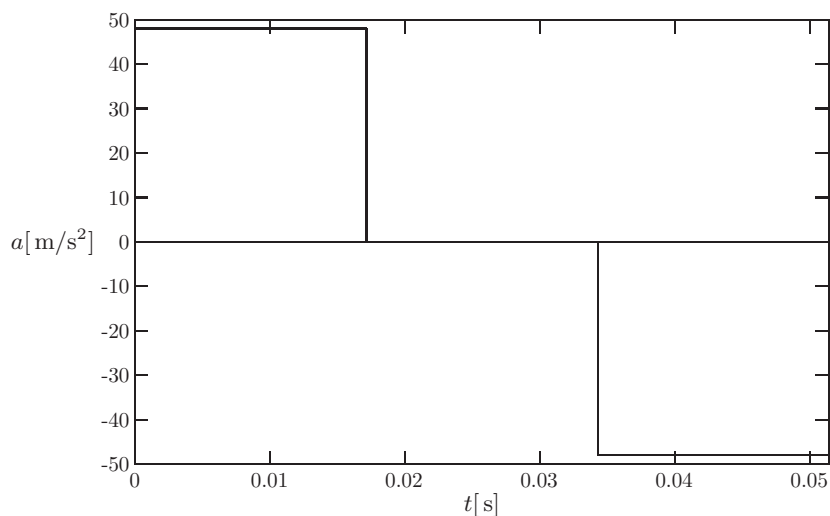
$$M_r = \frac{J_r}{R_p^2} = 5.7 \text{ kg} .$$

La legge di moto con cui si deve realizzare l'alzata  $h$ , dipendente dalla lunghezza del prodotto da confezionare e dal diametro del tamburo porta teste nonché dal loro numero sia, di tipo  $1/3, 1/3, 1/3$  come mostrato in figura 2.

## 2 Traccia di soluzione

Anche in questo caso la scelta del motore e della trasmissione può essere fatta ricorrendo al confronto fra i diagrammi  $E - F$  di carico e motori.

Ovviamente la forma della legge di moto, e quindi i carico in velocità ed in accelerazione del motore dipende:



**Figura 2:** Legge di moto per il carico.

- dalla lunghezza del prodotto
- dal numero di teste saldanti montate
- dalla porzione angolare della testa utilizzata per la saldatura.

Il progetto della trasmissione e la scelta del motore deve essere fatta nelle condizioni nominali di progetto, quelle indicate nel precedente paragrafo.

Al termine del progetto del sistema di azionamento nelle condizioni nominali, deve essere sviluppata un'analisi delle massime prestazioni, in termini di produttività, che il macchinario consente di realizzare, in funzione di:

- lunghezza del prodotto
- numero delle teste saldanti.

L'analisi delle massime prestazioni (produttività) dovrà essere sviluppata argomentando in modo oggettivo le condizioni limite raggiunte, ed illustrate per mezzo di opportuni abachi/diagrammi.

## 2.1 Osservazioni

Come citato nel paragrafo precedente l'introduzione dell'inerzia del riduttore sull'albero del motore altera il fattore cinetico ed il fattore accelerante del motore. Per una corretta scelta del motore questo comporta il ricalcolo sul piano  $E - F$  dei punti rappresentativi dei motori del catalogo in esame.

Ai fini della scelta del motore, il ricalcolo del catalogo dei motori può essere evitato. Infatti la scelta del motore viene eseguita confrontando la posizione del punto rappresentativo di un motore con il punto rappresentativo del carico. Dipende quindi dalla posizione relativa tra il punto rappresentativo del motore e il punto rappresentativo del carico. Per questo motivo è possibile riportare lo spostamento cambiato di segno che subisce il punto del motore a seguito dell'inerzia aggiunta, sul punto del carico.



### 3 Obiettivi

I temi da sviluppare sono:

- progetto del sistema di azionamento nelle condizioni nominali di progetto. Questa parte fissa quindi il sistema di azionamento da utilizzare per i punti successivi
- analisi della produttività del macchinario al variare del numero di teste e della lunghezza del prodotto
- commentare i limiti di prestazioni raggiunti in relazione alle massime prestazioni del sistema di azionamento
- predisporre diagrammi/abachi illustranti la massima produttività raggiungibile in funzione dei due parametri di analisi
- discutere della tipologia di controllore/azionamento elettronico che può essere utilizzato per il controllo del moto per questo tipo di sistema. Eseguire una ricerca su prodotti commerciali in grado di realizzare il profilo di moto richiesto da questa tipologia di macchinario

## **Esercitazioni**

Esercitazioni del corso di Progettazione Funzionale di Sistemi Meccanici e Meccatronici - prof. Paolo Righettini

<http://mech.unibg.it/>.

