

## CONTENUTI

- C2.1 Introduzione
- C2.2 Potenzimetro
- C2.3 Trasformatore lineare differenziale
- C2.4 Resolver
- C2.5 Encoder



Syncro

# TRASDUTTORI DI POSIZIONE

## C2.1 Introduzione

I trasduttori di posizione sono quei componenti che, rilevando la posizione di un organo mobile, forniscono in uscita un segnale elettrico a essa proporzionale; un tipico esempio è la rilevazione della posizione di dispositivo meccanico in movimento, allo scopo di effettuarne il controllo.

Esistono varie metodologie di misura, che possono richiedere tipologie di trasduttori diverse.

Una prima classificazione può essere fatta in funzione del tipo di movimento da misurare: **lineare** o **rotativo**; in genere lo stesso trasduttore non può essere utilizzato per entrambe le tipologie di movimento.

Una seconda classificazione fa riferimento alla capacità del trasduttore di misurare spostamenti limitati o illimitati.

Anche se in generale non ha senso ipotizzare spostamenti illimitati, tuttavia esistono casi in cui è necessario misurare la posizione di un oggetto in rotazione continua, come per esempio la posizione del rotore rispetto allo statore in un motore, o la posizione relativa di due sistemi in rotazione continua.

## C2.2 Potenzimetro

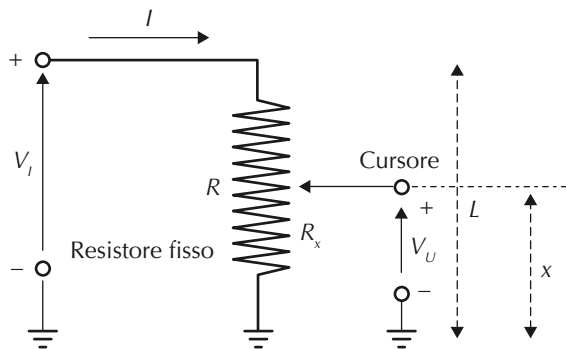
Il **potenziometro** [fig. C2.1] è il più semplice trasduttore di posizione, disponibile sia in versione rotativa che lineare, in cui un cursore è libero di scorrere



Figura C2.1 Potenzimetro.

re su un resistore fisso di resistenza  $R$  e pertanto la resistenza misurata fra il cursore e un capo del resistore dipende dalla posizione del primo; è un trasduttore passivo, in quanto necessita di una sorgente di alimentazione ausiliaria.

Nella **figura C2.2** è riportato lo schema elettrico di un potenziometro lineare.



**Figura C2.2** Potenziometro lineare.

Applicando la legge di Ohm, la corrente  $I$  che circola nel resistore fisso vale:

$$I = \frac{V_I}{R} \quad (2.1)$$

Indicando con  $R_x$  la resistenza del tratto  $x$  compreso tra il cursore e l'estremo del resistore posto a massa, la tensione di uscita  $V_U$  risulta:

$$V_U = IR_x = \frac{V_I}{R} R_x = \frac{R_x}{R} V_I \quad (2.2)$$

Poiché il resistore fisso ha resistenza  $R$  e lunghezza  $L$ , la resistenza  $r$  per unità di lunghezza vale:

$$r = \frac{R}{L} \quad (2.3)$$

Pertanto, la resistenza  $R_x$  vista dal cursore vale:

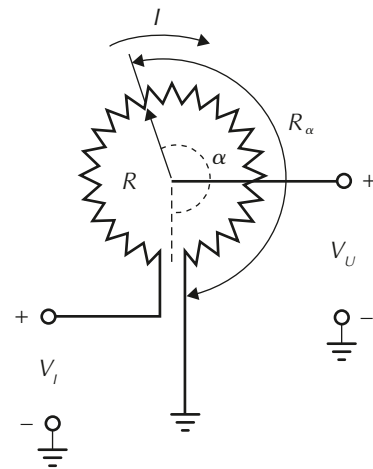
$$R_x = rx = \frac{R}{L} x \quad (2.4)$$

che sostituita nella 2.2 fornisce:

$$V_U = \frac{R_x}{R} V_I = \frac{x}{L} V_I \quad (2.5)$$

La tensione di uscita  $V_U$  è quindi proporzionale alla posizione  $x$  del cursore.

Nella **figura C2.3** è riportato lo schema elettrico di un potenziometro a rotazione.



**Figura C2.3** Potenziometro a rotazione.

La corrente  $I$  che attraversa il resistore fisso (avente resistenza  $R$ ) vale sempre:

$$I = \frac{V_I}{R} \quad (2.6)$$

Se  $\alpha$  è l'angolo che il cursore forma l'estremo del resistore collegato a terra, indicando con  $R_\alpha$  la resistenza angolare sottesa da  $\alpha$ , la tensione di uscita  $V_u$  risulta:

$$V_U = IR_\alpha = \frac{V_I}{R} R_\alpha = \frac{R_\alpha}{R} V_I \quad (2.7)$$

In tal caso, anziché la resistenza per unità di lunghezza conviene considerare la resistenza angolare unitaria  $r_a$ ; tenendo conto che l'intera resistenza  $R$  corrisponde a un angolo di  $2\pi$ , si ha:

$$r_a = \frac{R}{2\pi} \quad (2.8)$$

Pertanto, la resistenza  $R_\alpha$  vista dal cursore è:

$$R_\alpha = r_a \alpha = \frac{R}{2\pi} \alpha \quad (2.9)$$

che sostituita nella 2.7 fornisce:

$$V_u = \frac{R_\alpha}{R} V_i = \frac{\alpha}{2\pi} V_i \quad (2.10)$$

Anche in questo caso la tensione di uscita  $V_U$  è proporzionale alla posizione  $\alpha$  del cursore mobile. I potenziometri possono essere realizzati tramite le seguenti tecniche costruttive:

- **filo metallico** avvolto su supporto isolante;
- **film metallico** (CERMET);
- **plastica conduttiva**.

### Potenzimetri a filo metallico

L'elemento resistivo è realizzato con un sottile filo di materiale metallico avvolto su un supporto isolante e rigido: sul filo scorre un cursore metallico che realizza il contatto elettrico con un punto dell'elemento resistivo.

Il supporto può essere un cilindro retto o un toro: nel primo caso il cursore si muove in linea retta e il sistema si presta per realizzare un trasduttore di spostamento lineare, nel secondo descrive una circonferenza e il sistema può essere impiegato come trasduttore di posizione angolare.

La vita di tali potenziometri è espressa in termini di "corse" del cursore, in quanto è l'usura meccanica, provocata dall'attrito di quest'ultimo sull'elemento resistivo, che determina l'invecchiamento del componente: a ogni corsa, infatti, il cursore asporta una piccola quantità di metallo dal filo provocandone una variazione di sezione e una conseguente variazione della resistenza.

Se l'usura fosse ugualmente distribuita su tutto l'avvolgimento resistivo, non comporterebbe alterazioni delle caratteristiche del trasduttore, ma è più frequente il caso in cui è localizzata in una regione ristretta dell'avvolgimento, con conseguente degrado della linearità del potenziometro.

### Potenzimetri a film metallico

L'elemento resistivo è realizzato depositando un sottile strato metallico su un supporto isolante piano tramite un processo di **sinterizzazione**, che consiste nel comprimere ad alta temperatura una polvere metallica conduttrice: l'effetto combinato della temperatura e della compressione genera legami di tipo molecolare molto resistenti fra le particelle della polvere e il supporto isolante, in modo da ottenere una guida resistiva.

Una volta depositata, la guida viene rifinita con tecnologia laser per migliorarne la linearità.

### Potenzimetri a plastica conduttiva

La plastica, anche se è un materiale isolante, può essere resa conduttiva mescolando ai suoi componenti elementi conduttivi a base di carbonio, in modo da ottenere superfici conduttrici molto resistenti all'abrasione meccanica.

Si ottengono così dispositivi con tempi di vita

molto lunghi, adatti a impieghi caratterizzati da molte corse del contatto sulla pista resistiva.

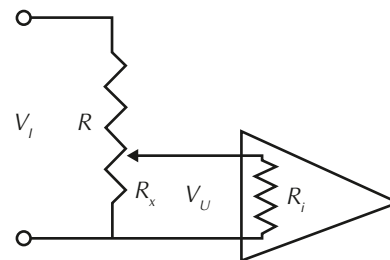
### Interfacciamento del potenziometro

La scelta della tensione di alimentazione  $V_I$  del potenziometro è molto importante.

Infatti, con un valore elevato di tensione si ha un buon rapporto segnale/rumore, ma anche un maggiore riscaldamento dell'elemento resistivo a causa della dissipazione per effetto Joule, che può generare variazioni della resistenza nominale del potenziometro.

Sono anche da tener presente eventuali errori di misura dovuti all'interfaccia elettrica, introdotti dalla variabilità della resistenza di uscita del potenziometro.

Infatti, con riferimento alla **figura C2.4**, la continua variazione di  $R_x$ , determinata dalla posizione del cursore, provoca variazioni del parallelo tra le resistenze  $R_x$  e  $R_i$ , dove  $R_i$  è l'impedenza di ingresso del blocco che segue il potenziometro (amplificatore di segnale).



**Figura C2.4** Schema elettrico dell'interfacciamento tra un potenziometro e un amplificatore di segnale.

Occorre infine considerare che la precisione e l'accuratezza del potenziometro dipendono dalla stabilità della tensione di alimentazione: è quindi necessario utilizzare un generatore che garantisca una stabilità di tensione idonea a garantire la precisione che si vuole ottenere nella misura.

### Caratteristiche del potenziometro

Di seguito sono riassunte le caratteristiche salienti del potenziometro.

- **Risoluzione:** nei potenziometri a filo dipende dal numero e dalla spaziatura delle spire; può essere anche migliore dello 0,1% e cresce all'aumentare della resistenza totale (numero maggiore di spire). Nei potenziometri a film la risoluzione è teoricamente infinita: in realtà è limitata dalla granularità residua del film e dalla qualità del contatto.