

Classe 4^a TIEL / B - 5^a G



I TRASDUTTORI

SCUOLA :
I.P.S.I.A. "P. A. FIOCCHI
"
*via Belfiore, 4
22053 Lecco, tel.
0341/363310*

Professori interessati :
Antonella Gallotti
Giovanni Scavelli

**Anno Scolastico '96 / '97
'97 / '98**

I TRASDUTTORI

I trasduttori(o sensori) sono dei dispositivi che procedono alla misura di grandezze fisiche quali temperatura, posizione, velocità, pressione, ecc.

Essi trasformano la grandezza fisica in entrata in un segnale elettrico oppure in un segnale pneumatico; il segnale ottenuto può essere poi trasmesso a distanza per venire manipolato dall'automatismo che controlla il processo.

In molti casi il segnale elettrico generato in uscita dal trasduttore non è direttamente utilizzabile; occorrono allora dei dispositivi detti condizionatori di segnale che modificano il segnale generato dal trasduttore.

Le grandezze fisiche da misurare hanno natura continua, nel senso che possono variare con continuità tra un valore minimo e un valore massimo; il segnale generato dal trasduttore può invece essere continuo, ossia variare con continuità tra un valore minimo ed un valore massimo, oppure digitale nel qual caso il segnale elettrico generato è costituito da un valore numerico che rappresenta il valore della grandezza fisica da misurare.

Si possono avere quindi trasduttori analogici e trasduttori digitali.

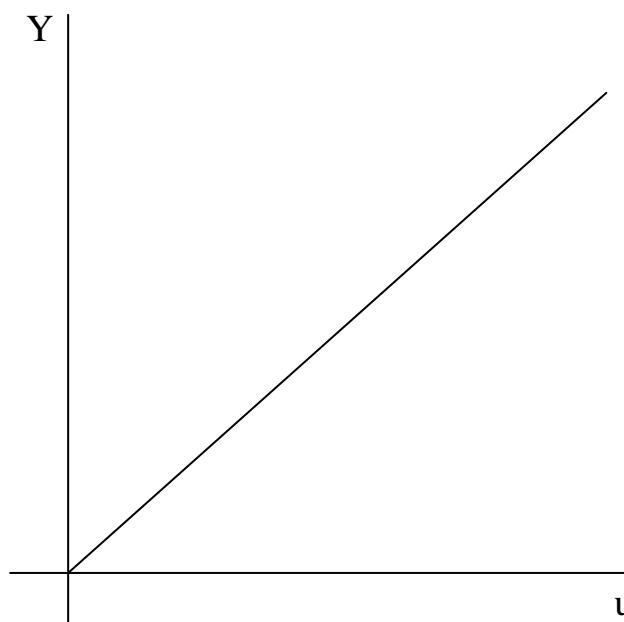
Si parla di caratteristiche funzionali stazionarie di un trasduttore, quando descrivono il suo comportamento nel caso il tempo trascorso dall'ultima variazione della grandezza da misurare, sia abbastanza grande da consentire una risposta dal trasduttore stesso; il costruttore fornisce tramite il data sheet le caratteristiche stazionarie.

Un trasduttore ideale dovrebbe essere lineare ovvero il legame tra il segnale d'ingresso e il segnale d'uscita è proporzionale.

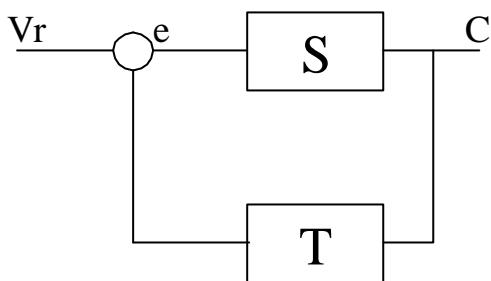
Il legame tra ingresso ed uscita dovrebbe essere espresso dalla relazione matematica:

$$y=Ku$$

dove:
y=segnale di uscita del trasduttore
u=segnale d'ingresso del trasduttore



Rappresentazione grafica della caratteristica di un trasduttore lineare ideale



S = sistema
T = trasduttore
Vr e e = segnali generalmente di tipo elettrico
C = grandezza di diversa natura (velocità, temperatura ecc.)
T rende possibile il confronto, perché trasforma C in un segnale elettrico.

TRASDUTTORI ANALOGICI E TRASDUTTORI DIGITALI

Gli analogici forniscono in uscita un segnale di tipo continuo che risulta proporzionale alla grandezza fisica da misurare, l'uscita è normalizzata all'intervallo (-5, 5) (0,10) VOLT per la tensione, l'intervallo per la corrente è (4,20) mA.
 I trasduttori digitali forniscono in uscita un segnale di tipo binario, il numero di BIT del segnale è compreso tra 4 e 12 .

TRASDUTTORI PASSIVI E TRASDUTTORI ATTIVI

Per i trasduttori passivi la grandezza di ingresso, produce la variazione di un parametro elettrico.

Per dare in uscita un segnale di tensione, bisogna quindi che il trasduttore sia inserito in un circuito.

Per i trasduttori attivi, la grandezza fisica in ingresso, produce in uscita, direttamente un segnale di tensione o di corrente, quindi non si consuma energia esterna.

Tra le principali caratteristiche di un trasduttore possono esserne individuate le seguenti:

1) **Campo di funzionamento:** e' l'intervallo di valori che il trasduttore può accettare conservando le sue caratteristiche di precisione e senza che esso venga danneggiato.

2) **Risoluzione o potere risolutivo:** in un trasduttore l'uscita non varia mai con continuità, ma presenta sempre una discontinuità, anche se infinitesima, tra un valore e il successivo. Si ha cioè un andamento a gradino per cui si verifica che a due valori di ingresso, tra di loro diversi, corrisponda una stessa uscita.

Cioè un trasduttore riesce a distinguere due ingressi come diversi tra di loro solo se essi differiscono di una certa quantità, anche se estremamente piccola. Questa quantità normalmente non e' costante, ma variabile nel campo dei valori misurabili.

Viene definito come **risoluzione** di un trasduttore il rapporto, espresso percentualmente, tra questa quantità, cioè di quanto devono differire tra di loro due ingressi successivi affinchè l'uscita cambi, ed il valore massimo misurabile.

Può anche essere definito il **valore di soglia**, cioè la variazione massima che il segnale di ingresso del trasduttore può raggiungere, partendo dalle condizioni di riposo, prima che si abbia una **uscita diversa da zero**.

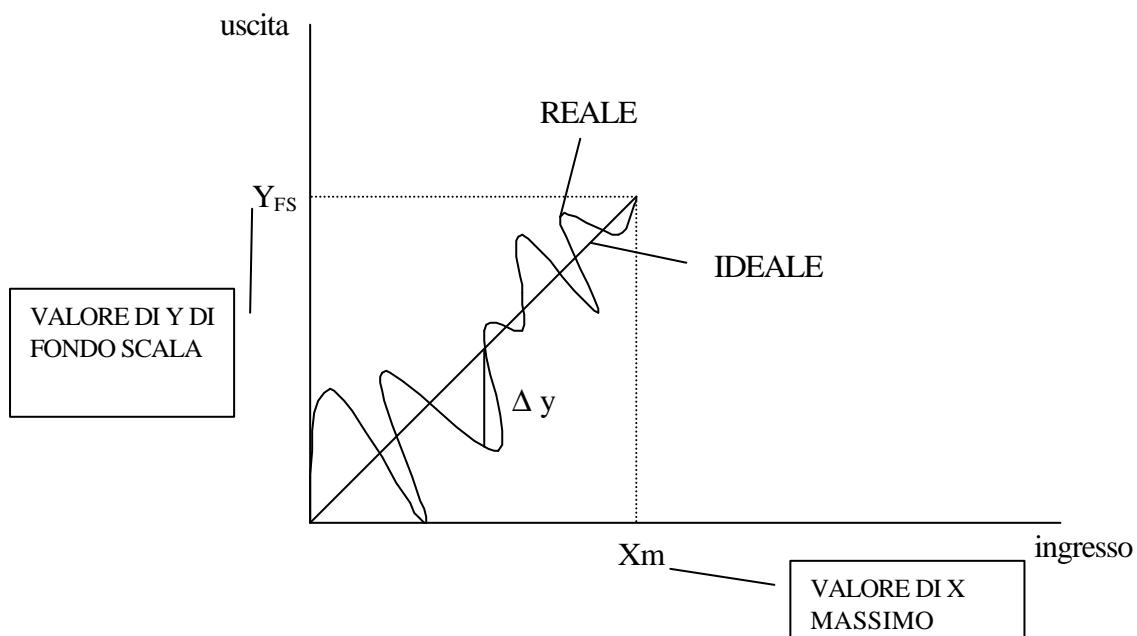
3) **Sensibilità**: viene definita come sensibilità il rapporto tra la **variazione della grandezza in uscita e la variazione della grandezza in ingresso**: $S = \Delta U / \Delta i$

Può anche essere definita come la variazione **dell'uscita per una variazione unitaria del segnale di ingresso**.

La sensibilità deve essere elevata in modo da garantire in ogni caso una **risoluzione maggiore** del grado di precisione richiesto. Può essere aumentata amplificando il segnale di uscita.

4) **Linearità** : un trasduttore si definisce lineare quando la curva rappresenta il legame tra ingresso ed uscita e' una retta: cioè tra ingresso ed uscita esiste una relazione di proporzionalità $U = K * I$

La linearità è il parametro che evidenzia l'errore tra la caratteristica ideale teorica (retta) e la reale funzione di trasferimento del trasduttore.



Errore di linearità:

$$e = \left(\frac{\Delta Y}{Y_{fs}} * 100 \right) \%$$

con Δy definiamo il massimo spostamento tra valore reale e il valore ideale

5) **Precisione dello strumento:** la classe di precisione di un trasduttore e' definita come il rapporto, moltiplicato per cento, tra il massimo errore assoluto che si ha nel campo di misura e il massimo valore misurabile:

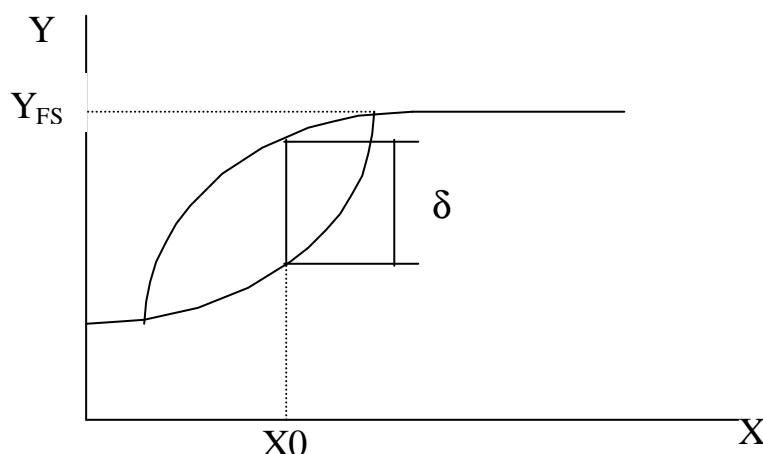
$$P = E^* * 100 / U_{max}$$

6) **Offset iniziale** e' l'eventuale errore che da' il trasduttore in assenza di segnale di ingresso. Se il suo valore e' costante non rappresenta un problema in quanto il suo effetto puo' essere facilmente corretto.

7) **Tempo di risposta:** il trasduttore puo' rispondere in ritardo ad un segnale di ingresso; si definisce come tempo di risposta il tempo necessario affinché l'uscita raggiunga, senza oscillazioni, un valore pari al 90% del valore a regime.

8) **Condizioni di impiego:** vengono definite le caratteristiche limite di impiego entro cui il trasduttore funziona correttamente.

9) **Isteresi e instabilità :** capacita' del trasduttore di dare la medesima grandezza in uscita per lo stesso valore di ingresso applicato in tempi diversi.



δ = Tolleranza entro cui si riesce a ripetere la stessa misura.

$$R = \left(\frac{d}{Y_{fs}} * 100 \right) \%$$

10) **Sovraccarico:** e' il valore massimo del segnale di ingresso, oltre il campo di misura, che può essere applicato senza che il trasduttore si danneggi.

11) **Affidabilità :** e' legata alla variazione dei parametri del trasduttore con l'uso.

12) **Stabilità :** è rappresentata dalla costante di proporzionalità tra ingresso e uscita in caso di variazione nelle condizioni di impiego del trasduttore (es. variazione di temperatura, variazione di umidità)

13) **Vita di un trasduttore:** e' il tempo espresso in ore, o più spesso in numero di cicli, numero di giri ecc., oltre il quale non e' più garantito il corretto funzionamento del trasduttore.

Nel caso di segnali elettrici i condizionatori di segnale, ovvero quei dispositivi che hanno come ingresso il segnale proveniente dal trasduttore e che genera un segnale condizionato destinato ad essere trasportato e utilizzato nei circuiti di controllo, generano in uscita segnali standard, compresi tra valori fissati dalle norme.

Per i trasduttori pneumatici i segnali sono costituiti da pressioni, le cui unita' di misura sono:

$$-1\text{bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$-1\text{psi} = 0,069 \text{ bar}$$

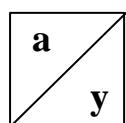
Le pressioni standard sono classificate in:

-bassa pressione < 1,5 bar

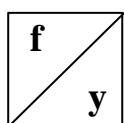
-pressione normale 1,5 -16 bar

-alta pressione > 16 bar

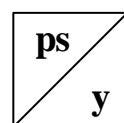
ECCO ALCUNI DEI SEGNI GRAFICI DEI PRINCIPALI TIPI DI TRASDUTTORI



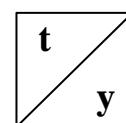
trasduttore di accelerazione



trasduttore di frequenza



trasduttore di pressione



trasduttore di temperatura

TRASDUTTORI DI POSIZIONE

I trasduttori di posizione trovano moltissime applicazioni dovunque ci siano problemi di movimentazione (esempio nelle macchine utensili e nei robot); possono misurare rotazioni (trasduttori di tipo angolare) oppure spostamenti lineari (trasduttori di tipo lineare). Possono essere suddivisi in:

trasduttori assoluti: essi generano un segnale che e' legato in modo univoco alla posizione raggiunta. Cioe' ad identiche posizioni (ad esempio di un cursore rispetto ad un regolo) corrisponde sempre un identico segnale, indipendente dal tempo in cui esso viene ottenuto;

trasduttori incrementali: il segnale generato non e' legato in modo univoco alla posizione, ma si puo' risalire ad essa, ad esempio, tramite un conteggio degli impulsi. Pertanto ad identiche posizioni possono corrispondere, in tempi diversi, segnali diversi dovuti, ad esempio, all'aver fissato delle origini diverse.

I POTENZIOMETRI

I potenziometri sono dei trasduttori assoluti in quanto esiste una relazione univoca tra la tensione di uscita V_u e lo spostamento x .

Sono costituiti da un filo o da uno strato metallico, avvolto su un supporto isolato, e da un contatto mobile in grado di spostarsi lungo il conduttore. Qualunque spostamento del contatto mobile, che e' solidale con l'elemento di cui si vuole misurare la posizione, si traduce in una variazione di R . Si tratta quindi di un trasduttore di tipo analogico. Il potenziometro e' poi inserito in un circuito alimentato da una sorgente di V costante, in modo che ogni Δ della posizione si traduce in una variazione della V erogata.

I potenziometri possono essere di tipo lineare oppure angolari (spostamenti lineari e angolari).

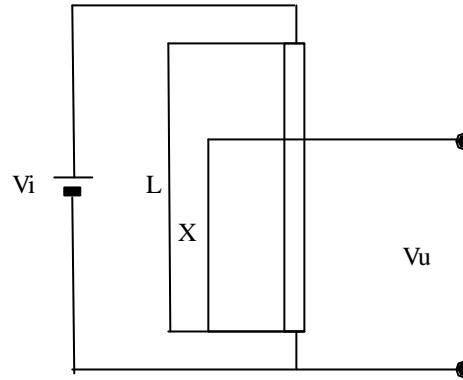
Nel caso di potenziometri lineari la V uscita e' data dalla $V_u = X * V_i / I$ dove:

V_u = tensione di uscita ai morsetti del potenziometro

X = spostamento lineare

I = massima escursione del potenziometro

V_i = tensione di alimentazione del potenziometro



Nel caso di potenziometri angolari la precedente relazione si trasforma nella seguente:

$$Vu = \frac{\phi}{\phi_m} * Vi$$

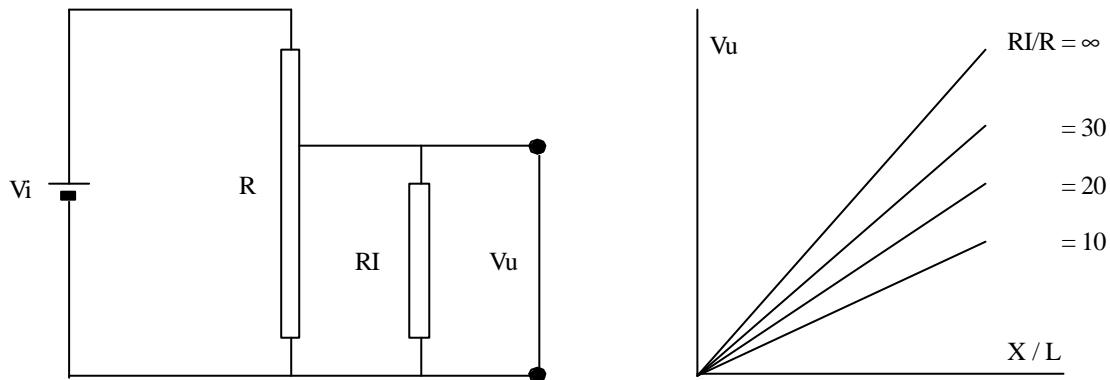
dove:

Vu = tensione di uscita ai morsetti del potenziometro

ϕ = rotazione

ϕ_m = massima rotazione del potenziometro

Vi = tensione di alimentazione del potenziometro



Si puo' quindi affermare che i potenziometri forniscono in uscita un segnale di V proporzionale allo spostamento subito dal contatto mobile: il potenziometro e' quindi un trasduttore lineare cioè la linearità e' assicurata se la resistenza dell'elemento conduttore si mantiene costante.

Nella realtà, però, si possono avere scostamenti dal comportamento lineare dovuti a:

- *riscaldamento del conduttore*
- *disomogeneità dell'elemento conduttore*

Si hanno anche *potenziometri di regolazione*. Essi sono:

- *potenziometri di preset*: vengono utilizzati per correzioni ed aggiustamenti saltuari; sono molto economici.
- *Trimmer*: anche se essi vengono utilizzati per correzioni ed aggiustamenti saltuari, ma sono di migliore qualità. Hanno un costo maggiore.

Si hanno poi *potenziometri di precisione* che sono molto più precisi dei precedenti ed hanno un errore di linearità sempre inferiore allo 0.5%.

I materiali resistivi per i potenziometri impiegati in sistemi di controllo sono: *cermet*, *plastica conduttiva*, *filo*. Il carbone, usato nei potenziometri di uso generale, trova scarse applicazioni.

I dati che devono essere conosciuti per la scelta di un potenziometro sono:

- il valore della resistenza e la tolleranza di questo valore, cioè di quanto può variare questo valore nelle normali condizioni di impiego
- la massima potenza dissipabile, o portata massima, che consente di fissare il valore massimo di tensione applicabile; essa dipende dalla temperatura che quindi deve essere specificata
- la linearità
- la risoluzione
- la sensibilità. Essa aumenta all'aumentare della tensione applicata. Questa non può superare un valore massimo dipendente dalla massima potenza dissipabile
- nel caso di piste elicoidali occorre conoscerne il numero di giri; nel caso di piste circolari occorre conoscere l'angolo di rotazione
- campo di temperature estreme in cui si ha un funzionamento corretto
- la resistenza di isolamento
- le caratteristiche geometriche
- la vita espressa come numero di corse che possono essere compiute

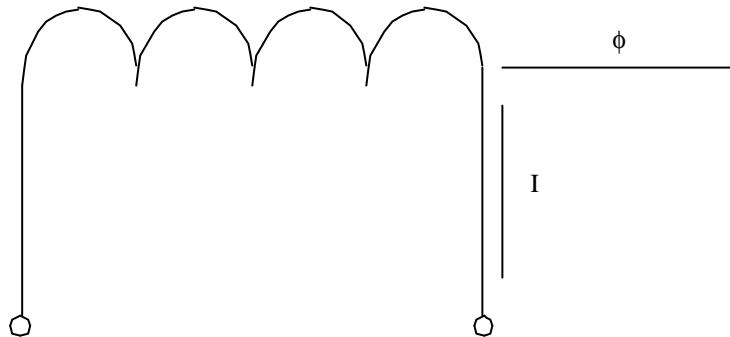
I potenziometri presentano l'inconveniente di essere soggetti ad usura per cui non sempre possono essere impiegati.

I RESOLVER

Il resolver e' un trasduttore per la misura di spostamenti angolari. Il suo funzionamento si basa sui principi indicati di seguito:

si abbia un solenoide percorso da corrente: esso provoca un flusso magnetico ϕ . Nel caso questa corrente non sia costante, ma variabile nel tempo, si ha un flusso anch'esso variabile e si viene ad avere una forza controelettromotrice:

$$E_{c1} = -S \cdot \frac{D\phi}{Dt}$$



in cui S e' il numero delle spire del solenoide, $\Delta\phi$ la variazione del flusso magnetico, Δt il tempo in cui tale variazione e' avvenuta. Questa forza controelettromotrice, nell'ipotesi che il solenoide abbia una resistenza nulla, e' pari e di segno contrario a quella applicata ai suoi morsetti. La corrente che percorre il solenoide sia una corrente alternata monofase dovuta alla tensione:

$$E_1 = E_0 \cdot \sin(\omega \cdot t).$$

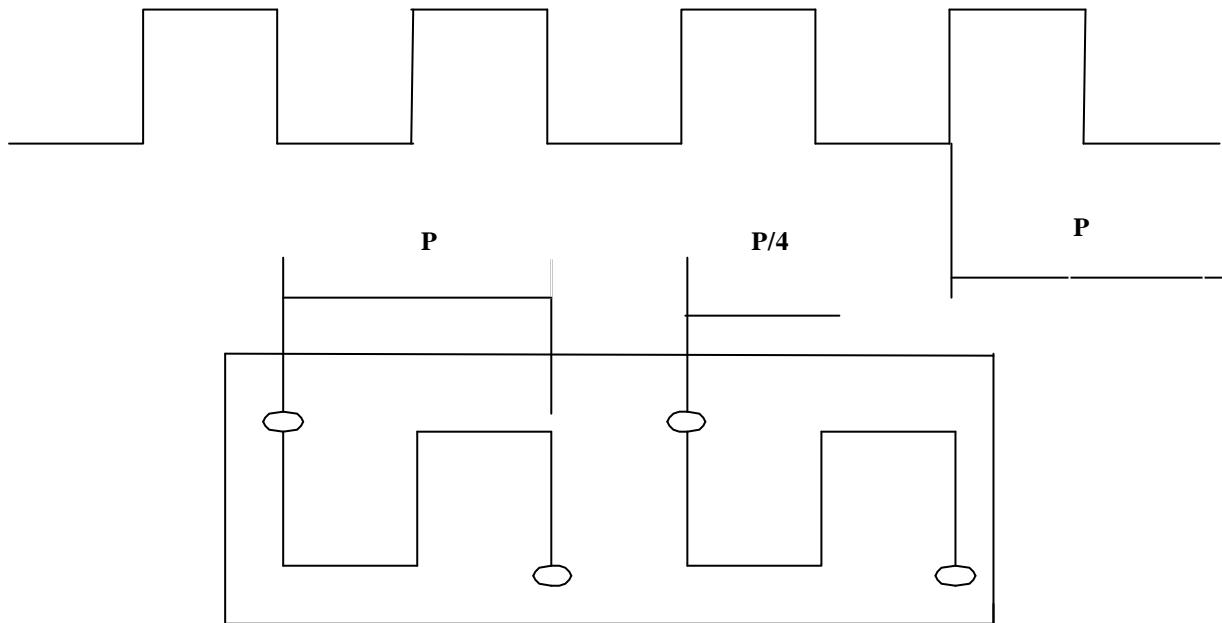
Il valore della tensione, e quindi della corrente, varia continuamente in funzione del tempo, per cui si ha un flusso magnetico ϕ anche esso continuamente variabile. Per quanto detto si viene ad avere una forza controelettromotrice:

$$E_{c1} = -S_1 \cdot \frac{D\phi}{Dt} = -E_0 \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

INDUCTOSYN

L'inductosyn può essere considerato la versione lineare del resolver. In esso lo statore viene sostituito da una scala o regolo in materiale isolante per cui e' presente un circuito stampato a greca avente passo p e la lunghezza necessaria. La greca sostituisce le spire nello statore.

Il rotore viene sostituito da un cursore (slider), anche esso in materiale isolante , con due circuiti stampati identici a quelli della scala e sfasati tra di loro di un quarto di passo.



Il circuito della scala e' alimentato con una tensione alternata ad elevata frequenza(400 Hz) venendosi cosi' ad avere un flusso magnetico continuamente variabile. Il circuito della scala e quello del cursore sono affacciati tra di loro e posti ad un piccolissima distanza in modo che si abbia una buona concatenazione del flusso magnetico.

E' indispensabile che questa distanza si mantenga sempre costante per evitare una variazione di flusso concatenato dovuto anche alla variazione della distanza reciproca. Nelle due greche del cursore si hanno due tensioni, diverse tra di loro e continuamente variabili. Poiche' le greche del cursore sono sfasate tra di loro di $1/4$ di passo le due tensioni lo saranno di 90° . La lettura contemporanea delle due tensioni consente di avere la posizione del cursore nell'ambito di un intero passo. Opportuni circuiti elettronici danno una tensione proporzionale allo spostamento.

Oppure le due greche vengono collegate tra di loro in modo che le due tensioni generate si sommino. In modo del tutto analogo a quanto visto per i resolver viene

individuato un angolo di sfasamento, compreso tra 0 e 360°, a cui corrisponde in modo univoco la posizione del cursore nell'intervallo individuato da una greca di passo p della scala. Deva essere sempre impiegato un demodulatore di fase che trasformi un angolo di sfasamento in una tensione ad esso proporzionale.

I resolver e gli inductosyn sono molto usati quali trasduttori di spostamento nelle macchine utensili, anche se oggi l'impiego degli inductosyn e' meno frequente. In robotica l'impiego dei resolver e' di uso comune.

Entrambi sono molto robusti, hanno una lunga durata e possono essere impiegati anche in condizioni ambientali difficili, quali possono essere quelli industriali; entro ampi limiti sono insensibili agli urti, alle vibrazioni e ad uso prolungato; hanno un'ottima precisione e stabilita' e sono molto affidabili; i resolver senza contatti strisciati, in condizioni di corretta utilizzazione, hanno una durata praticamente illimitata .

TRASDUTTORI ANALOGICI E TRASDUTTORI DIGITALI

I trasduttori analogici sono in grado di dare una misura variabile con continuita' per cui, teoricamente, potrebbero dare una qualsiasi misura nel campo di funzionamento del trasduttore.

In effetti anche con trasduttori analogici l'uscita non e' perfettamente continua, ma e' sempre del tipo a gradini, in quanto il potere risolutivo di un trasduttore sara' sempre necessariamente diverso da zero.

Si hanno anche numerosi trasduttori di posizione digitali, in cui l'uscita puo' assumere solo valori discreti, ciascuno dei quali e' multiplo intero di una unita' di base E .

L'uscita vale di conseguenza: $U = n * E$

L'uscita non potra' variare con continuita', ma solo di quantita' che sono multiple di E . Teoricamente un trasduttore analogico sembrerebbe avere una risoluzione migliore di un trasduttore digitale; cio' non e' assolutamente vero in quanto possono avversi trasduttori digitali in cui l'unita' di base E ha un valore infinitesimo e trasduttori analogici che riescono a rilevare due ingressi come diversi tra di loro solo se la loro differenza " Δi " supera un dato limite che puo' essere anche di molto superiore all'unita' di base E del trasduttore digitale. Ovviamente possono avversi trasduttori analogici aventi una risoluzione migliore dei trasduttori digitali.

Uno dei trasduttori digitali piu' diffusi e' l'encoder ottico che puo' essere sia lineare che rotativo, assoluto o incrementare.

ENCODER OTTICO INCREMENTALE

Un encoder incrementale e' composto da un disco, nel caso di encoder rotativo, o da una scatola, nel caso di encoder lineare, in cui sono ricavate una serie di zone opache e di zone trasparenti. Il tutto viene ad essere il sistema di intercettazione. Ai due lati del sistema di intercettazione sono presenti da una parte una sorgente luminosa con un eventuale dispositivo ottico di collimazione, dall'altra un secondo eventuale dispositivo di collimazione ed un sensore luminoso. Questi puo' essere un fototransistor, cioe' un elemento che diventa conduttivo una volta che viene illuminato.

Nel caso di encoder rotativo la sorgente luminosa ed il sensore sono fissi, mentre il dispositivo di intercettazione ruota. La rotazione del disco fa in modo che il raggio luminoso venga intercettato quando incontra una zona opaca e venga lasciato passare quando ne incontra una trasparente.

L'elemento fotosensibile genera un treno di impulsi ed il loro numero e' pari al numero delle zone trasparenti, alternate alle scure, intercettate dal blocco emettitore -ricevitore.

Il conteggio di questi impulsi consente di individuare la rotazione compiuta dal disco e il corrispondente spostamento. Di conseguenza ad una stessa posizione del dispositivo di intercettazione rispetto al blocco emettitore-ricevitore puo' corrispondere un diverso numero di impulsi, e quindi rotazioni diverse, in funzione del momento in cui e' iniziato il conteggio. Si e' perciò in presenza di un trasduttore incrementale e non assoluto in quanto non si ha una corrispondenza univoca tra posizione e segnale.

Un encoder in cui sia presente solo una serie di feritoie non consente di individuare il verso in cui il disco ruota. Per ottenere cio' nel disco viene ricavata una seconda serie di feritoie, sfalsata rispetto alla prima di un quarto di passo, essendo il passo la distanza tra due zone trasparenti successive. E' necessaria la presenza di una seconda sorgente luminosa e di un secondo sensore.

Si vengono ad avere due treni di impulsi che sono sfasati tra di loro di $p/4$ per rotazioni verso destra, di $3/4*p$ per rotazioni verso sinistra.

La risoluzione dell' encoder e' data dal rapporto tra una rotazione di 360° ed in numero degli impulsi, pari a quello, delle zone trasparenti presenti.

Si ha $R = 360/n$

Negli encoder incrementali non vi e' una indicazione assoluta della posizione,ma essa dipende esclusivamente dal conteggio di un certo numero di impulsi per cui,in caso di mancanza di alimentazione,si perdono le informazioni relative a quel conteggio e di conseguenza non si puo' risalire alla posizione corrente.Molto spesso si fa ricorso a sistemi di memorizzazione non volatili,resi tali mediante una batteria tampone,per far si che si abbia sempre memorizzata la posizione corrente.

Negli encoder ad alta risoluzione e' presente un secondo disco che non ruota, detto statore, identico al precedente, chiamato rotore, e montato sullo stesso asse.La sua funzione e' quella di rendere piu' preciso il fascio luminoso ed eliminare gli effetti di bordo.

*Un encoder ottico puo' essere impiegato anche quale trasduttore di velocita'. Misurando la frequenza degli impulsi si ottiene una misura della velocita' di rotazione.*E' necessario impiegare un convertitore frequenza-tensione in modo da avere direttamente una tensione proporzionale alla velocita'.

Un encoder viene quindi impiegato in servosistemi sia per il controllo che della posizione che della velocita'.

ENCODER MAGNETICO E SENSORE DI PROSSIMITA'

In questo trasduttore viene rilevata la variazione della riluttanza magnetica.Vi e' un magnete permanente su cui e' avvolto un solenoide.Il flusso magnetico concatenato con una bobina, se non vi e' molto relativo tra magnete e bobina e se le condizioni esterne non variano, e' costante.Agli estremi della bobina,non essendovi alcuna variazione di flusso, non si ha tensione.

ENCODER OTTICI ASSOLUTI

In questi encoder non si ha una semplice successione di zone chiare e di zone scure, ma le zone chiare e quelle scure, disposte su piu' piste parallele o concentriche, a seconda che si tratti di encoder lineari o rotativi, rappresentano, lette su una linea perpendicolare alle piste o su un raggio, una parola in un certo codice binario.

Un codice binario pur non essendo adatto ad essere utilizzato in un encoder. Si ha che molto spesso, passando da un numero binario al successivo, variano piu' di una cifra. ad esempio passando dal n.3(011) al n.4(100) si ha la variazione contemporanea di tutte e tre le cifre.

Durante un passaggio da un settore al successivo e' possibile che per diversi motivi si possa avere una successione casuale delle cifre e quindi dei valori della lettura non corrispondenti al vero.

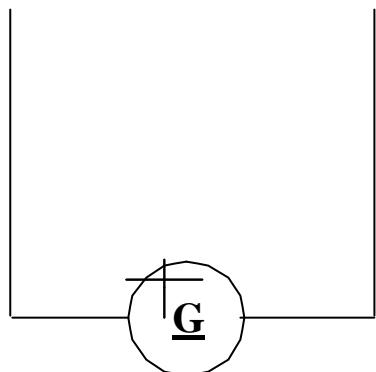
Per tale motivo invece del codice binario puro vengono utilizzati altri codici, tra i quali il piu' importante e' il codice Gray. In questo codice il passaggio da un numero al successivo avviene sempre variando una unica cifra binaria, evitando cosi' che nel passaggio tra la lettura di un numero e del successivo possano avversi letture casuali. Anche se l'allineamento del sistema di lettura non e' perfetto viene sempre letto o il numero precedente o quello che segue.

Gli encoder assoluti sono piu' costosi di quelli incrementali. Hanno il vantaggio di dare informazioni che non vengono perdute in caso di mancanza di alimentazione. Non sono pero' in grado di effettuare delle misure della velocita'.

Attualmente gli encoder maggiormente usati sono quelli incrementali che hanno una migliore risoluzione e consentono una misura della velocita' oltre a quella della posizione; accoppiandoli con una memoria alimentata da batterie tampone, si riesce ad evitare la perdita di informazioni in caso di mancanza di alimentazione .

DINAMO TACHIMETRICA

Le dinamo tachimetriche sono dei piccoli generatori a corrente continua. Esse vengono rappresentate così:



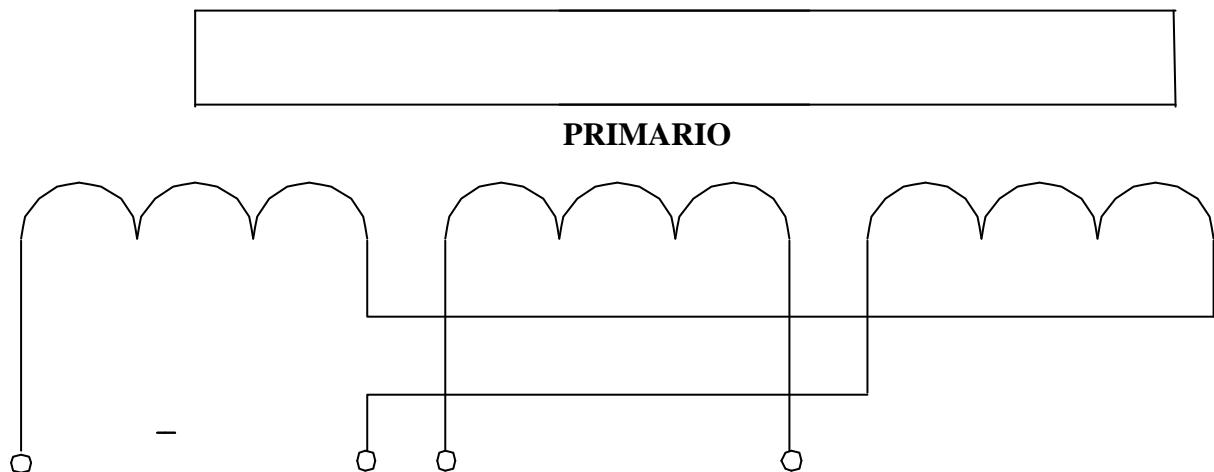
Il campo magnetico viene creato tramite magneti permanenti. Si ottengono delle tensioni di uscita in corrente continua proporzionali alle velocità di rotazione dell'albero. Queste dinamo vengono costruite normalmente in modo perfettamente simmetrico così da poter essere utilizzate in entrambi i versi di rotazione.

Viene definita come costante tachimetrica il rapporto tra la tensione erogata ed il corrispondente numero di giri. Normalmente vengono usate dinamo aventi una costante tachimetrica pari a $0,06V/(giri/min)$, cioè dinamo che erogano una tensione di 6V alla velocità di rotazione di 1000giri/min.

TRASFORMATORE LINEARE VARIABILE

In questi trasduttori uno spostamento lineare di un nucleo magnetico viene trasformato in una tensione sinusoidale la cui ampiezza e' proporzionale in valore e segno allo spostamento stesso rispetto ad una posizione centrale.

Un trasformatore lineare e' costituito da tre avvolgimenti tra di loro coassiali. Nel loro interno e' presente un nucleo ferroso cilindrico che puo' scorrere assialmente. Il primo avvolgimento, che rappresenta il primario di un trasformatore, viene alimentato con una tensione alternata con frequenza compresa normalmente tra i 50Hz e i 10kHz.



Si viene ad avere una continua variazione del flusso magnetico concatenato con gli altri due avvolgimenti simmetrici rispetto al primario. Questi ultimi sono collegati in controfase, cioe' in modo che le due tensioni che si originano nei singoli avvolgimenti, causati dalla variazione del flusso magnetico, vengono sottratte fra di loro. Il valore delle tensioni originate negli avvolgimenti dipende anche dalla posizione del nucleo ferroso nell'interno degli avvolgimenti. Se il nucleo e' in posizione centrale , disposto cioe' simmetricamente rispetto ai due avvolgimenti, in essi si hanno due tensioni uguali e all'uscita si ha una tensione nulla.

Spostandosi verso sinistra si ha che il flusso concatenato con l'avvolgimento destro e' minore, mentre aumenta quello concatenato con l'altro avvolgimento. La differenza tra le due tensioni, letta all'uscita dei due avvolgimenti, e' proporzionale allo spostamento del nucleo.

Se il nucleo si sposta verso destra si ha che e' il flusso concatenato con l'avvolgimento sinistro ad essere minore, mentre e' maggiore quello concatenato con il destro . Anche

ora la differenza tra le tensioni dei due avvolgimenti e' proporzionale allo spostamento subito, ma sara' in opposizione di fase rispetto alla precedente.

La tensione alternata di uscita viene trasformata , tramite un opportuno circuito elettronico, in una tensione continua, positiva o negativa a seconda che si sia in concordanza o in discordanza di fase. Questi trasduttori vengono impiegati per spostamenti di piccola entita' , generalmente non superiori a 100mm. Hanno una costruzione robusta e resistente agli urti ed alle vibrazioni per cui sono usatissimi per la misura di spostamenti lineari di piccola entita'.

TRASDUTTORI DI FORZA

I trasduttori di forza generano un segnale elettrico proporzionale alla forza meccanica da misurare . Il trasduttore di questo tipo piu' utilizzato e' l '**estensimetro** detto anche strain gage.

Esso e' costituito da un filo conduttore con diametro di 10-30micron a forma di griglia e collocato su una piastra isolante posta alla superficie dell'oggetto in prova.

Qualunque sollecitazione meccanica provoca una variazione della lunghezza dell'estensimetro e una variazione della resistenza elettrica del filo meccanico.

La misura della resistenza viene calcolata con un circuito a ponte di Wheatstone in cui la resistenza incognita e' confrontata con resistenze note.

TRASDUTTORI DI LIVELLO

I trasduttori di livello servono per misurare e controllare il livello di un liquido oppure da prodotti solidi sfusi in un contenitore .

Il trasduttore e' composto da un elettrodo immerso nel serbatoio di cui si vuole misurare il livello. Questa misura puo' essere effettuata per mezzo di alcuni sensori di tipo capacitivi, quando la sostanza di cui si deve misurare il livello sia non conduttriva.

La parete del serbatoio deve essere metallica e, nel caso non lo fosse, occorre creare l'altro elettrodo inserendo ad esempio un bandella metallica sulla parete.

Per misurare il livello viene utilizzato un altro tipo di sensore, quello a ultrasuoni, dove viene applicato sul bordo superiore del serbatoio e dove percepisce le vibrazioni inviate dalla sostanza.

Al variare del livello della sostanza cambia la capacita'.

TRASDUTTORI DI PRESSIONE

La pressione puo' essere divisa in tre categorie ed e' misurata in Pascal (Pa):

- misura della pressione assoluta —relativa al vuoto assoluto
- misura della pressione relativa all'ambiente —differenza di pressione rispetto all'ambiente
- misura della pressione differenziale — differenza di pressione esistente tra due distinte sorgenti di pressione

I trasduttori di pressione sono a loro volta suddivisi in :

- trasduttori di pressione assoluta
- trasduttori di pressione relativa
- trasduttori di pressione differenziale

Questi trasduttori, a loro volta, sono suddivisi in due parti :

- la prima parte converte la pressione in uno spostamento
- la seconda parte trasduce lo spostamento in un segnale elettrico (tensione)

La conversione della pressione in spostamento e' effettuata tramite una capsula costituita da due membrane corrugate o diaframmi, fissati ad un supporto rigido.

Esistono anche trasduttori monolitici, cioe' che raggruppano in un unico elemento le due funzioni sopra descritte, che possono essere di due tipi:

- capacitivi nei quali la misura della pressione e' fornita dalla variazione di capacità di un condensatore
- piezoresistivi a film spesso nei quali si sfrutta la proprietà di alcuni materiali di cambiare la propria resistenza in caso di deformazione.

I parametri caratteristici dei trasduttori di pressione sono :

- tipo di misura
- tipo di fluido
- campo di misura
- pressione di prova
- linearità
- temperatura di funzionamento
- sensibilità
- tensione di alimentazione

TRASDUTTORI DI TEMPERATURA

Occorrono diversi tipi di trasduttori, basati su principi fisici differenti, per la misura della temperatura. Infatti il controllo della temperatura e' di fondamentale importanza in moltissimi processi industriali.

Si hanno i seguenti trasduttori :

- termoresistenze
- termocoppie
- termistori
- trasduttori integrati

termoresistenze

Per la misura della temperatura nelle termoresistenze occorre misurare il valore della resistenza di un conduttore.

La resistività di un conduttore metallico, essendo inversamente proporzionale alla temperatura, varia secondo questa legge:

$$P(t) = P(0) * (1 + \alpha t)$$

dove :

P(0): resistività del materiale alla temperatura di 0°C

t:temperatura del conduttore in °C

α:coefficiente di temperatura, valore specifico di ogni materiale

Di solito si impiegano materiali come il platino, nei quali il coefficiente sia il più possibile costante, per realizzare termoresistenze precise.

Il valore della corrente che viene fatta circolare nella termoresistenza, mediante un generatore di corrente, non deve essere troppo elevata, per non introdurre un riscaldamento eccessivo per effetto Joule, che falserebbe la misura.

La termoresistenza viene collegata all'esterno mediante un cavo schermato e normalmente inserita in un apposito involucro che protegge l'elemento sensibile.

Vi sono termoresistenze dette Pt 100, ovvero quelle costituite da trasduttori di temperatura che, utilizzando il platino, sono realizzati in modo che alla temperatura di 0°C presentano una resistenza di 100Ω. Essi sono impiegate in un campo di temperatura compreso tra -200°C e 850°C.

Termocoppie

I trasduttori di temperatura il cui principio di funzionamento e' basato sull'effetto termoelettrico vengono chiamati termocoppie.

Cio' consiste nel fatto che in una coppia di materiali differenti, saldati ad una estremita', si manifesta, tra le estremita' libere, una differenza di potenziale che dipende sia dai materiali a contatto che dalla temperatura a cui si trova la giunzione.

Abbiamo 2 differenti tipi di termocoppie:

- ad un solo giunto (giunto caldo)
- a due giunti (giunto caldo e giunto freddo)

Nelle termocoppie ad un solo giunto la temperatura e' misurata dalla differenza di potenziale tra i capi liberi.

Nelle temperature a due giunti, oltre alla giunzione posta nella zona da misurare, si ha una seconda giunzione, lontana dalla prima, e mantenuta a temperatura costante.

La termocoppia e' un dispositivo attivo, cioe' che genera autonomamente una tensione senza la necessita' di ricorrere a circuiti elettronici del tipo adottato ad esempio per le temperature; il suo vantaggio consiste nell'eliminare i problemi di autoriscaldamento verificatosi nelle termoresistenze. Le termocoppie misurano temperature elevate fino a 1500°C ed oltre.

Termistori

I termistori sono apparecchi costruiti mediante materiali semiconduttori. Si possono trovare due tipi di termistori:

PTC(Positive Temperature Coefficient), che utilizzano il silicio come semiconduttore
NTC(Negative temperature coefficient), che utilizzano ossidi sinterizzati

Nei termistori PTC la resistenza e' direttamente proporzionale alla temperatura, mentre, al contrario, nei termistori NTC la resistenza e' inversamente proporzionale alla temperatura.

Si posizionano all'interno dell'apparecchio da proteggere e vengono utilizzati principalmente come protezione di macchine contro le sovratemperature.

Anche in questo caso occorrono circuiti di alimentazione con conseguenti effetti di autoriscaldamento del trasduttore.

TRASDUTTORI INTEGRATI

I trasduttori integrati sono circuiti integrati che presentano numerosi vantaggi di precisione, affidabilita', bassa dissipazione di potenza e dimensioni. A seconda dei tipi, l'uscita puo' essere una tensione oppure una corrente. Tra i piu' utilizzati vi sono LM35 e 590KH.

Il campo di misura dei tipi piu' diffusi e' relativamente limitato, infatti si estende da -55°C a +150°C.

INDICE:

- TRASDUTTORI	pag .	1
- TRASDUTTORI DI POSIZIONE	pag .	4
- I POTENZIOMETRI	pag .	4
- I RESOLVER	pag .	6
- INDUCTOSYN	pag .	7
- TRASDUTTORI ANALOGICI		
DIGITALI	pag .	8
- ENCODER OTTICO INCREMENTALE	pag .	9
- ENCODER MAGNETICO E SENSORE		
DI PROSSIMITA'	pag .	10
- ENCODER OTTICI ASSOLUTI	pag .	10
- DINAMO TACHIMETRICA	pag .	11
- TRASFORMATORE VARIABILE	pag .	11
- TRASDUTTORE DI FORZA	pag .	13
- TRASDUTTORE DI LIVELLO	pag .	13
- TRASDUTTORE DI PRESSIONE	pag .	13
- TRASDUTTORE DI TEMPERATURA	pag .	14
- termoresistenze	pag .	14
- termocoppie	pag .	15
- termistori	pag .	15
- TRASDUTTORI INTEGRATI	pag .	16

BIBLIOGRAFIA:

TESTI:

Savi-Nasutti (fotocopie)
Rossi-elementi di automazione
Parigi-Perano Sistemi (2°vol.)