Trasduttori estensimetrici

E' noto che un conduttore ohmico di lunghezza L. sezione S e resistività ρ presenta una resistenza elettrica: R = ρ L /.S

Se il conduttore è sottoposto a trazione, L aumenta e S diminuisce. ed entrambe le variazioni contribuiscono ad aumentare la resistenza; l'opposto si verifica se il conduttore è compresso, sempre nel senso della lunghezza. Questo fenomeno è alla base dei trasduttori estensimetrici (estensimetri), che traducono appunto piccole deformazioni in variazioni della loro resistenza. Poiché nel limite dell'elasticità dei materiali le deformazioni sono proporzionali alle forze che le determinano (legge di Hooke), gli estensimetri sono anche alla base delle tecniche per misurare forze o altre grandezze riconducibili a forze, come il peso, la coppia,. la pressione.

La variazione relativa della resistenza del conduttore (dell'estensimetro) in funzione della variazione relativa della sua lunghezza è espressa dalla relazione: dR/R = Ke dL/L

Il termine Ke (numero puro) è un parametro caratteristico dell'estensimetro che ne esprime la sensibilità, nel senso che esprime il rapporto tra la variazione relativa di resistenza e la deformazione relativa che l'ha provocata. Costruttivamente. un estensimetro (strain gauge, sensore di sforzo) è costituito da un sottile filo metallico (qualche decina di μm di diametro) ripiegato e annegato in materiale isolante flessibile e deformabile, secondo una geometria opportuna per ottimizzare le variazioni di lunghezza in funzione della direzione della forza applicata.

I materiali metallici usati sono di solito NiCr e costantana; la sensibilità Ke in un estensimetro è minore di 3. Sensibilità maggiori si ottengono con estensimetri costituiti da sottili piastrine di silicio, perché ì semiconduttori, a differenza dei metalli, variano la propria resistività quando si deformano secondo opportuni assi cristallografici, per un fenomeno di interazione fra spaziatura interatomica e bande di conduzione (piezoresistività). Ne risulta che il coefficiente Ke contiene un termine aggiuntivo e può così assumere valori molto elevati, dell'ordine di 150 – 200; di contro, gli estensimetri a semiconduttore sono molto più costosi e si prestano solo alla misura di deformazioni molto piccole, a causa della fragilità del cristallo.

Un difetto molto grave degli estensimetri, specie di quelli a semiconduttore, è che la loro resistenza varia anche con la temperatura, sia perché varia la resistività, sia perché la stessa variazione di temperatura provoca deformazioni per dilatazione. Il modo più semplice di compensare in temperatura gli estensimetri è usarli a coppie montati a ponte, facendo in modo che uno solo sia sottoposto a sollecitazione, o che magari entrambi si deformino ma in senso opposto, mentre, ovviamente, le variazioni con la temperatura sono uguali e si compensano (fig. 19).

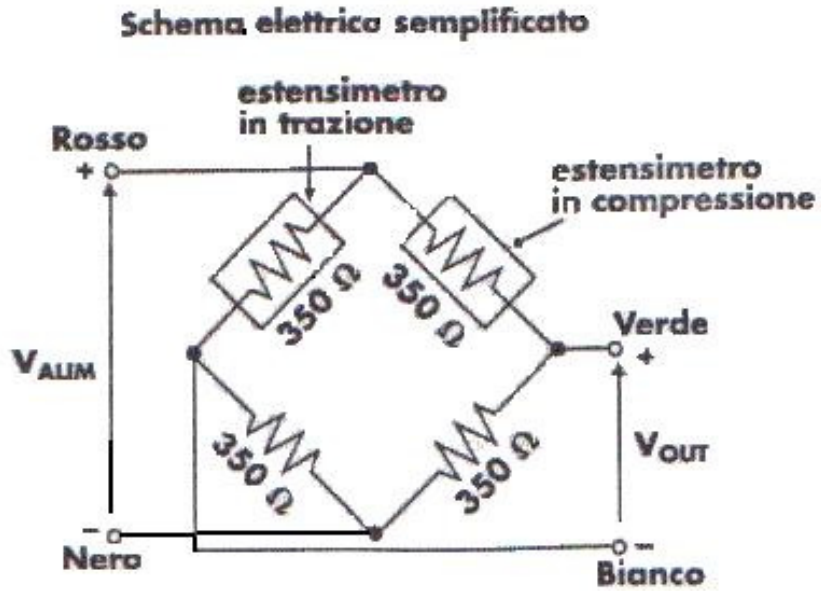

Fig. 19 - Ponte di Weatstone con coppia di estensimetri per compensare le variazioni di temperatura

Trattandosi di una disposizione generale che si usa anche per altri tipi di sensori resistivi, è interessante calcolare la tensione d'uscita derivante dallo sbilanciamento del ponte, tenendo presente che essa è la differenza fra le tensioni determinate da due partitori alimentati dalla stessa Va: Vo = Ke Va dL/4L
Nel caso che entrambi gli estensimetri del ponte vengano sottoposti a deformazione, ma in verso opposto, la sensibilità del ponte raddoppia.

Celle di carico
Gli estensimetri possono misurare forze. Per esempio, un estensirnetro cementato su una trave elastica incernierata rigidamente a una estremità si deforma quando la trave si flette; ma poiché la flessione della trave è proporzionale alla forza flettente applicata alla sua estremità libera, dalla variazione di resistenza dell'estensimetro si può risalire alla forza stessa, almeno finché la trave non si sfianca: è il principio di molte bilance elettroniche.
I trasduttori di forza sono più noti sotto il nome di celle di carico: sono ponti estensimetrici montati in strutture di metallo con caratteristiche di elasticità note e calibrate la cui deformazione elastica, misurata dagli estensimetri permette di risalire alla forza che l'ha determinata. Differiscono per forma, sensibilità e campo di forze misurato (fig.20).

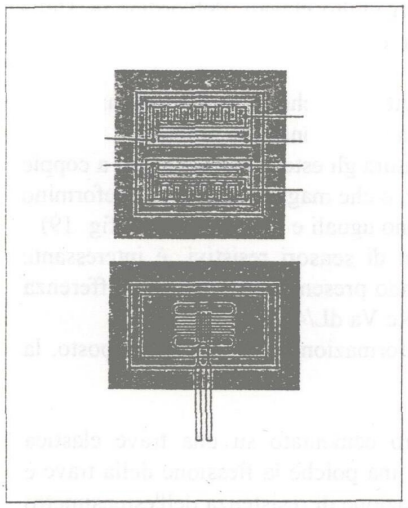

Fig. 20 - Estensimetri su supporto flessibile.

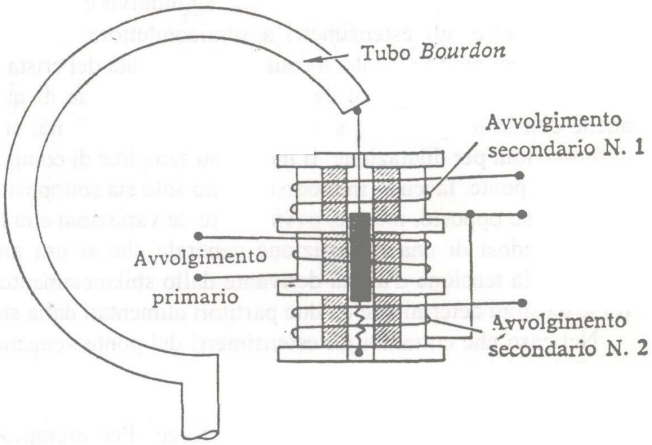

FIG. 21 - Variazione di riluttanza ottenuta con il movimento del nucleo di un trasformatore differenziale.

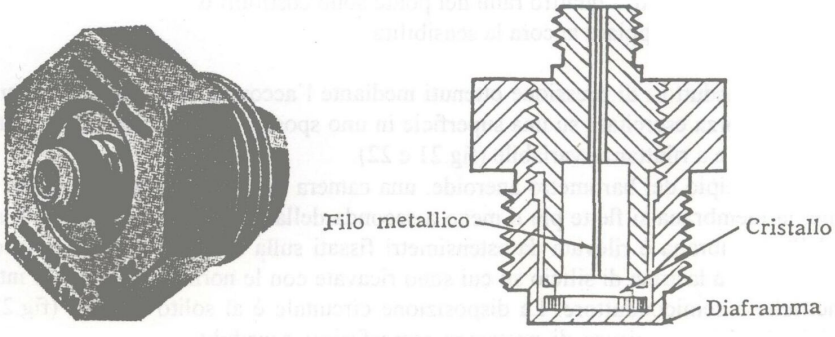

FIG. 22 - Trasduttore di pressione piezoelettrico.

Esistono celle di carico in cui tutti i quattro rami del ponte sono costituiti da estensimetri (due in trazione, due in compressione) in modo da raddoppiare ancora la sensibilità.

Sensori di pressione

Esistono molti tipi di trasduttori di pressione ottenuti mediante l'accoppiamento di un elemento primario che trasforma l'azione di una forza esercitata su una superficie in uno spostamento rilevato da sensori estensimetri ci, piezoresistivi, piezoelettrici e a riluttanza variabile (fig.21 e 22).

Un tipo si basa sul principio del barometro aneroide: una camera in cui è stato fatto il vuoto è chiusa da una membrana flessibile. la membrana si flette più o meno a seconda della pressione che agisce sul suo lato esterno. La deformazione della membrana è rilevata da estensimetri fissati sulla sua superficie. Nei modelli integrati la membrana è costituita da una lastrina di silicio su cui sono ricavate con le normali tecniche di integrazione una e più celle estensimetriche a semiconduttore. La disposizione circuitale è al solito a ponte (fig.23). Es. range di pressione (0 - 1.6 bar) adatto a misure di pressione atmosferica, sensibilità 8.8 mv/V bar (8 mv per volt di alimentazione per bar di pressione), la tensione di alimentazione raccomandata intorno ai 12 V; attenzione all'offset, che non è trascurabile (+/- 25 mV max a 12 V di alimentazione) e va quindi compensato.

Esistono anche sensori di pressione differenziali, in cui la membrana flessibile separa due camere sottoposte a due pressioni diverse; la deformazione, e quindi il segnale di uscita, è proporzionale in valore e in segno alla differenza fra le due pressioni; se al diaframma si contrappone una superficie metallica si realizza un condensatore la cui capacità Cx è variabile in funzione della posizione assunta dal diaframma metallico in dipendenza della differenza di pressione P1 - P2 (fig.24)

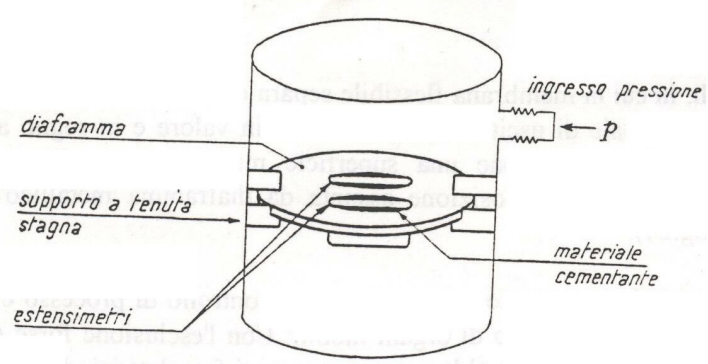

Fig. 23 – Trasduttore di pressione a estensimetri.

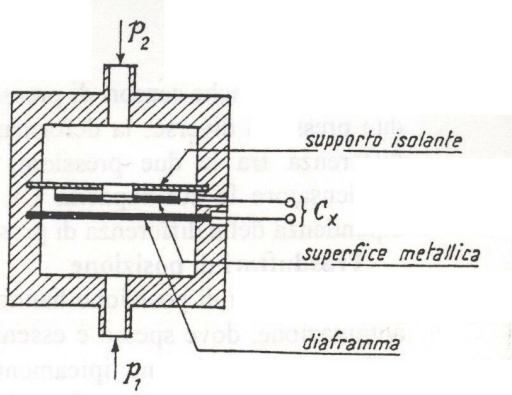

Fig. 24 – Trasduttore di pressione a condensatore.