INTRODUZIONE

Scopo del lavoro è stato quello di realizzare un sistema di misurazione ottico, di adeguata accuratezza, basato sull'elaborazione dell'immagine e verificare se questo sia effettivamente uno strumento per la misura di spostamenti.

L'intento è stato inoltre quello di realizzare uno strumento di misura che avesse **costi paragonabili a quelli degli strumenti già esistenti** sul mercato e che dunque fosse del tutto sostituibile a questi trasduttori, rappresentando un vero e proprio canale di acquisizione alternativo.

Utilizzando tecnologie già esistenti sul mercato e ormai di comune uso nel campo industriale, si è voluto combinarle al fine di realizzare uno strumento di misura, andandone successivamente ad analizzare le caratteristiche secondo le modalità proprie di un trasduttore di spostamento.

Lo strumento proposto è catalogabile tra gli strumenti di misura senza contatto, introduce cioè un effetto di carico nullo. Sebbene esistano già in commercio trasduttori di misura capaci di non perturbare l'ambiente di misura, questi hanno spesso un fondo scala piuttosto limitato e comunque il più delle volte fisso.

Il grande vantaggio del trasduttore di misura ottico è quello di combinare la caratteristica del *non contatto* a quella di poter modificare entro ampi margini il *campo di misura* semplicemente agendo sulla regolazione dello zoom. Inoltre consente, a fronte di un esiguo

aumento dell'incertezza, di effettuare misure oltre che in campo monodimensionale anche in quello bidimensionale, dove a parità di costo non vi sono valide alternative.

Per avere costi contenuti e contemporaneamente soddisfare le specifiche di questo lavoro, che volevano riprodotte in campo dinamico le caratteristiche statiche di un *Calibro* cioè incertezza e risoluzione dell'ordine del ventesimo di millimetro, campo di misura di duecento millimetri, è stata necessaria una scelta mirata dei componenti.

E' stata scelta una telecamera che consente, a fronte di successivi dimezzamenti della risoluzione nella direzione più corta dell'immagine, di raddoppiare la frequenza di acquisizione fino a raggiungere i 200 *Hz*. Sebbene nella fase sperimentale si sia testato lo strumento utilizzando la frequenza d'acquisizione di 50 *Hz,* questa rimane un'opzione importantissima in quanto permette di mantenere invariata la risoluzione di misura quadruplicando invece la frequenza di campionamento.

E' stato scelto un frame grabber con memoria RAM integrata che ha permesso l'analisi delle immagini on-line, senza cioè dover scindere l'operazione di acquisizione da quella di elaborazione. Tra le caratteristiche richieste per il frame grabber, vi è stata anche quella che fosse in grado di funzionare da Bus Master; in questo modo si sono ottimizzate le risorse del sistema sgravando la CPU da operazioni banali quali il trasferimento delle immagini in RAM, lasciandola così disponibile per eseguire i calcoli necessari all'elaborazione dell'immagine. L'utilizzo di un frame grabber con le caratteristiche sopra elencate ha permesso di usare durante la sperimentazione un PC, di media potenza di calcolo, con processore Pentium II 350 *Hz*.

In questo lavoro gran parte del tempo è stato dedicato alle prove sperimentali in laboratorio per testare sia le Caratteristiche Statiche (incertezza, risoluzione, ripetibilità e stabilità) che quelle Dinamiche (prontezza) del trasduttore di misura ottico.

Tale sperimentazione è stata affrontata in maniera approfondita in campo monodimensionale ottenendo prestazioni congruenti alle specifiche, in particolare è stata ottenuta una incertezza di misura di 0,03 millimetri. L'incertezza di misura è in gran parte dovuta alla natura numerica dell'algoritmo di stima dell'edge che produce un errore periodico sul pixel. Durante le prove in laboratorio si è notato che questo errore, contrariamente a quello che ci si potrebbe aspettare, diminuisce sfuocando l'immagine. Questo ha stimolato una ricerca teorica finalizzata ad individuare e se possibile neutralizzare le cause di tale errore.

I risultati teorici hanno mostrato che l'errore periodico sul pixel è intrinsecamente legato alla natura numerica dell'algoritmo, per tanto ineliminabile, ma può essere ridotto diminuendo la pendenza dell'edge. Quest'ultima operazione si ottiene facilmente in campo sperimentale sfuocando l'immagine, quindi in perfetto accordo con quanto riscontrato sperimentalmente.

E' stata poi studiata la prontezza andando a ricavare la funzione di trasferimento. I dati sperimentali dimostrano che il trasduttore di misura ottico può considerarsi "pronto" in un campo di frequenze che va da 0 a 16 Hz. I risultati ottenuti nel monodimensionale sono poi stati estesi in campo bidimensionale tenendo conto delle opportune modifiche.

A conclusione della parte sperimentale sono state riportate due applicazioni pratiche che hanno consentito di verificare il comportamento del trasduttore di misura ottico "sul campo". Per quanto riguarda il monodimensionale è stata misurata la deformazione di un provino di materiale ad uso ferroviario sottoposto ad una prova di compressione andando a fotoincidere delle tacche sul provino stesso e misurandone poi la distanza. Nel bidimensionale invece si è studiato il campo di moto di due cilindri, rappresentanti due conduttori di una linea ad alta tensione, posti in galleria del vento uno in scia all'altro. Dei

due cilindri sono stati individuati gli assi, visti come baricentro delle sezioni estreme e se ne sono misurate le coordinate in istanti successivi, determinando così il campo di moto.
I risultati ottenuti sono serviti come verifica sperimentale di un modello matematico.
Entrambe le applicazioni hanno fornito risultati molto buoni confermando un comportamento del trasduttore ottico "sul campo" conforme alle aspettative.