

Meccanica ed elettronica: un binomio vincente

Tutti ormai sanno che i più comuni apparecchi elettronici hanno vita breve.

I computer ed i suoi accessori, i telefonini, le macchine fotografiche digitali, ecc. diventano obsoleti nel giro di pochi mesi, un anno al massimo.

Le novità sui processori, sulle memorie e sui softwares si succedono ad un ritmo incalzante, tanto che è difficile essere sempre aggiornati. L'ultimo modello di PC, il mese prossimo sarà inevitabilmente il penultimo.

Questa corsa, forse un po' meno frenetica, riguarda anche il settore industriale, cioè le macchine utensili e gli apparecchi di controllo.

Sono frequentissimi gli aggiornamenti sull'elettronica, sui softwares dei controlli numerici e prendono sempre più piede i motori lineari e i cosiddetti "direct drive", cioè motori solidali con il mandrino che devono far girare.

Ora è il periodo in cui si sta estendendo l'impiego dei controlli in macchina, "*in process*" o "*post process*".

I primi sono sistemi che misurano il pezzo quando questo è in costruzione ed informano in CNC continuamente sulla dimensione del pezzo.

Caso tipico, già largamente diffuso da moltissimi anni, è il controllo del diametro esterno durante l'operazione di rettifica. Quando il diametro arriva al valore voluto, il sistema di controllo informa il CNC che interrompe l'operazione.

Il sistema "*post process*" invece controlla il pezzo appena finito, il più delle volte fuori dalla macchina operatrice, ma frequentemente anche prima che il pezzo esca dalla zona di lavoro.

Se il pezzo è fuori misura, però, è ormai troppo tardi per una sua correzione ed è di scarto; solo il pezzo successivo potrà essere corretto intervenendo sulla macchina manualmente o automaticamente attraverso appositi segnali che l'apparecchio di controllo lancia al CNC. Il controllo "*post process*" serve molto per individuare la deriva di una certa quota, cioè lo scostamento progressivo di una quota rispetto al valore iniziale; scostamento dovuto ad usura degli utensili o al progressivo assestamento termico della macchina utensile o ad altre cause.

Il controllo di diametri, lunghezze, posizione di gole o rasamenti è, come si è detto, una pratica comune, ma le cose sono un po' più difficili da attuare se si parla di misure complesse, come per esempio il rilievo dei parametri relativi ad una dentatura, cioè spessore del dente (oppure la quota OBD), eccentricità, irregolarità di passo ecc., per non parlare del controllo del profilo e dell'elica.

E' evidente che tutte le dimensioni dell'ingranaggio possono essere controllate in una sala metrologica, ma questo, pur essendo alla lettera un controllo "*post process*", non è quello che comunemente si intende con questa espressione.

Per essere efficace, un controllo "*post process*" deve essere eseguito immediatamente dopo la produzione del pezzo, in un tempo breve, possibilmente inferiore al tempo ciclo della macchina, in modo da rendere possibile una modifica delle quote errate già sul pezzo successivo, senza fermare la macchina.

Risulta chiaro che la tempestività del controllo è essenziale.

Per fare un esempio, già da alcuni anni sulle rettifiche per ingranaggi è usualmente montato un sistema di controllo del profilo, dell'elica e della divisione.

Si tratta normalmente di una testina Renishaw che, fino a poco fa si montava in macchina quando si voleva eseguire il controllo, ma che recentemente resta sempre montata all'interno della zona di lavoro.

Il controllo avviene per punti ispezionando tutta la lunghezza del profilo e tutta la fascia dentata, nonché controllando la posizione angolare di tutti i denti, utilizzando i movimenti dati dagli assi CN della macchina stessa.

Questo sistema ha il grosso inconveniente di richiedere un tempo rilevante e di operare a macchina ferma e quindi non risolve in modo ideale il problema.

Recentemente è stata commercializzata un'apparecchiatura per il controllo "post process" dell'OBD (Over Ball Diameter). Cioè La misura sui rulli di una dentatura, il che è equivalente alla misura dello spessore cordale dei denti, con la possibilità di determinare l'eccentricità dell'ingranaggio.

Il costruttore di questa apparecchiatura è la Metrel di Cornate d'Adda (Mi), specializzata nella progettazione e realizzazione di apparecchiature di controllo speciali.

Tra breve si parlerà più diffusamente di questa ditta.



Fig. N°1- Apparecchio per il controllo della quota OBD

Intanto credo che sia opportuno dare una breve descrizione di questo nuovo apparecchio, che può essere considerato un valido supporto nelle linee di produzione di ingranaggi, tanto che già alcune grandi case automobilistiche se ne sono dotate per il controllo di produzioni di grande serie.

L'apparecchio in questione, denominato "Controllo Flessibile per Ingranaggi" permette di rilevare automaticamente, oltre la quota su sfere, l'eccentricità F_r secondo la norma ISO 1328-2, il valore del diametro del foro e della sua circolarità.

Questi parametri, sono ottenuti elaborando il valore radiale misurato con sfera, rispetto all'asse del pezzo rilevato con due trasduttori elettronici.

Tutto ciò è possibile su ingranaggi a denti dritti o elicoidali, con un *range* di diametro da 20 a 200 mm.

Una volta sistemato il pezzo sull'apposito mandrino, in modo manuale o meccanico, il controllo avviene automaticamente ispezionando tutti i denti con una velocità di circa 0,5 secondi al dente.

L'apparecchio può essere corredato da diversi moduli elettronici in funzione della complessità delle elaborazioni richieste.

I dati raccolti vengono immediatamente elaborati e presentati sul monitor in forma di elenchi o diagrammi di vario tipo (cartesiani, polari, istogrammi ecc.), mettendo in evidenza eventuali errori superiori alla tolleranza prescritta. Inoltre c'è la possibilità di elaborare dati statistici per verificare l'andamento della precisione su un lotto di un qualsivoglia numero di pezzi.

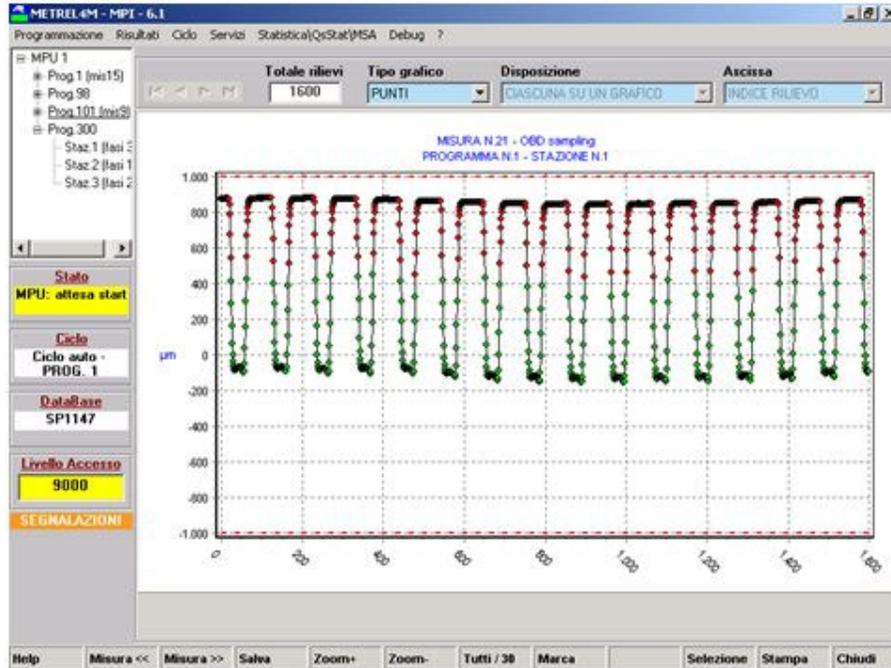


Fig. N°2 – Esempio di diagramma visualizzato sul monitor

Per quanto riguarda la ripetitività del controllo, si può affermare che la dispersione è veramente minima. Su un controllo della dentatura di un albero primario si è ottenuto, per esempio, una dispersione di $2\sigma = \pm 0,4\mu$ (67% delle misure) e di $4\sigma = \pm 0,8\mu$ (95% delle misure).

L'apparecchio comunque costituisce un modulo di base che può essere completato, in caso di necessità, da altri dispositivi supplementari di controllo, come, ad esempio, l'esame del foro di centraggio diametro, ovalità, conicità ecc.), il controllo del cono del sincronizzatore, diametri e posizione di collarini e gole, ecc.

Attualmente la Metrel ha in progetto di sviluppare un apparecchio analogo a quello appena descritto, ma che consenta la misurazione del profilo del dente e dell'elica, sempre in un tempo paragonabile a quello del ciclo della lavorazione che si vuole controllare.

Naturalmente non si tratterà di una misura paragonabile a quella che si effettua con apparecchi specializzati, tipo KlingelInberg per intenderci, ma comunque servirà per verificare se ci sono variazioni significative di profilo ed elica nel corso della produzione.

Se si pensa per esempio all'operazione di rasatura, dove il profilo del dente deve mantenersi entro un intervallo ben definito dal primo pezzo all'ultimo prima di riaffilare il rasatore e se si considera che per effetto dell'usura che progressivamente si forma sugli spigoli taglienti, il profilo stesso tende ad avvicinarsi, un po' alla volta, al limite dell'intervallo di tolleranza, ebbene, tenere sotto controllo questa "deriva" in modo continuo, o per lo meno frequente ed in maniera automatica, costituisce un importante ausilio ai tecnici addetti alla produzione.

La realizzazione di questi apparecchi e dei suoi componenti richiede una tecnologia d'avanguardia, sia per quanto riguarda la meccanica sia per la parte elettronica e di software.

La già citata Metrel è appunto una società che si è specializzata nella progettazione e costruzione di apparecchiature speciali per il controllo di parti meccaniche di ogni tipo ed in particolare di tutti i componenti del motore, del cambio e del differenziale di autoveicoli (automobili, motocicli, veicoli industriali ecc.).

Inoltre costruisce e commercializza componenti standard quali trasduttori, tamponi e forcelle elettroniche per il controllo di diametri interni ed esterni, celle di carico ecc.

Alcuni esempi possono servire per capire la sofisticazione delle parti meccaniche ed elettroniche progettate e costruite all'interno di questa ditta.

I trasduttori sono dei dispositivi che sono in grado di segnalare variazioni di posizione anche di una frazione di micrometro.

La parte che viene in contatto con la superficie da misurare è normalmente una piccola sfera, o una sua parte, collegata ad uno stelo che muove un piccolo cilindretto di materiale magnetico all'interno di una doppia bobina ad induzione (sistema LVDT – 2 wires).

La sia pur minima variazione di posizione del cilindretto all'interno delle bobine genera una tensione che opportunamente trattata fornisce la misura della superficie ispezionata, sia essa un piano, un diametro o una curva qualsiasi.

Sono stati costruiti tamponi piccolissimi che potevano controllare diametri interni di appena due millimetri con una serie di quattro trasduttori.

Un altro esempio di trasduttore che rende bene l'idea della precisione meccanica e della risoluzione elettronica è la *NanoLeva*.

Questo trasduttore di misura a contatto di tipo HBT (half-bridge) è il più piccolo del suo genere realizzato dalla Metrel e trova la sua applicazione ideale in tutte le attrezzature di misura, dove è richiesto un trasduttore compatto ma robusto.

La *NanoLeva* è uno dei trasduttori più piccoli reperibili sul mercato ed è caratterizzato da ingombri ridotti e grande robustezza (ved. figura N°3).

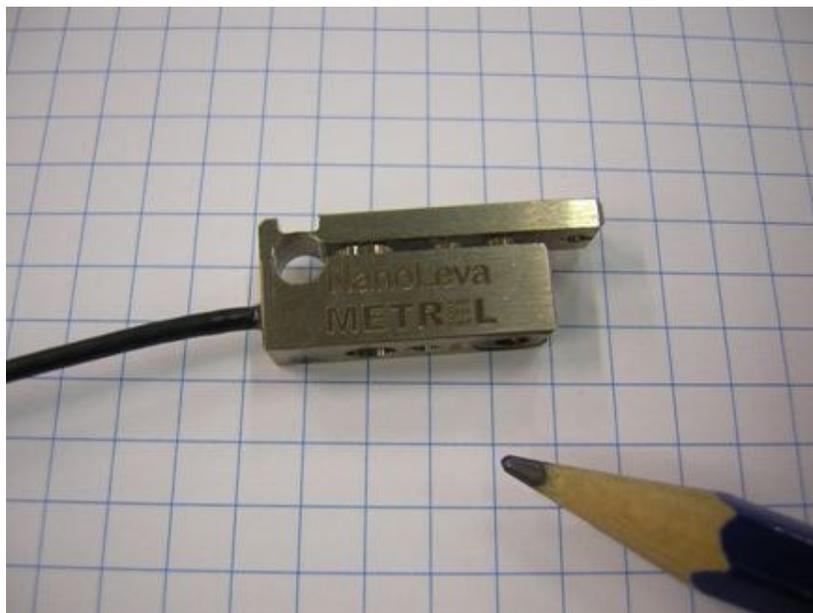


Figura N°3- Piccolo trasduttore denominato *NanoLeva*

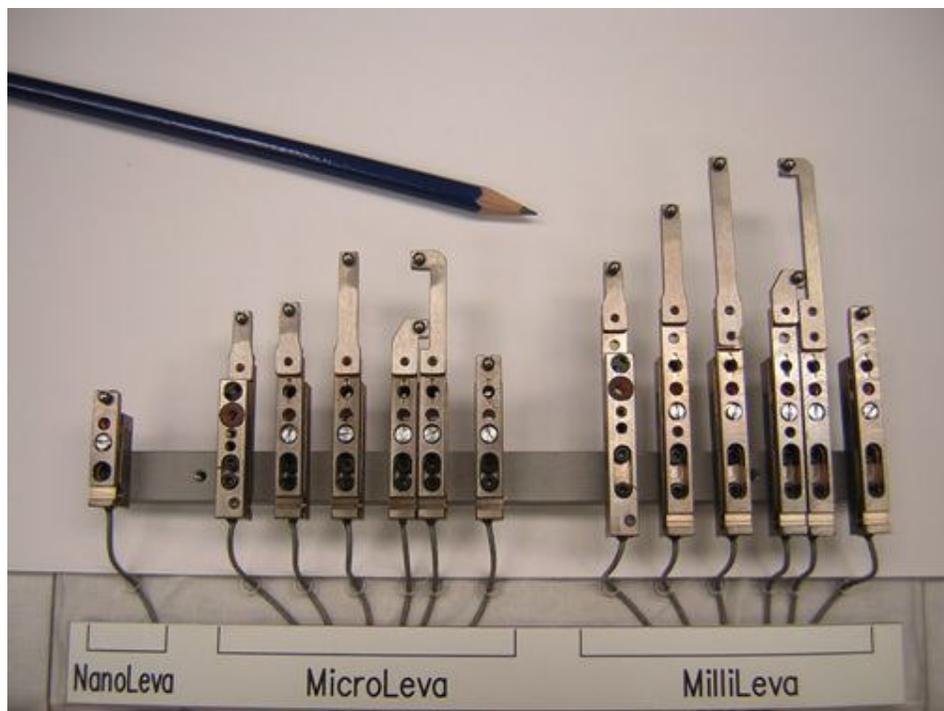


Figura N°4- Selezione di trasduttori di vario tipo

Analogo a questo trasduttore è l'altro, di dimensioni leggermente maggiori denominato μ Leva e poi un altro ancora detto MilliLeva di dimensioni ancora un po' maggiori. Con la figura N°4 che rappresenta una raccolta di questi trasduttori, ci si può rendere conto delle loro reali dimensioni e quindi anche avere un'idea delle difficoltà di ordine meccanico ed elettronico che si devono superare per realizzare questi oggetti.

Queste caratteristiche sono il frutto di un'accurata progettazione che tiene conto dell'esperienza accumulata dalla Metrel nella realizzazione di calibri ed attrezzature di misura per l'utilizzo in produzione. L'elevata accuratezza unita ad un campo di misura sufficiente per molte applicazioni, consentono di utilizzarla in attrezzature e calibri per il controllo di particolari meccanici sia per misure statiche che per misure in rotazione.

La ridotta pressione di misura è un'altra delle caratteristiche che permettono di utilizzare la NanoLeva anche su particolari con durezza superficiale non elevata.

Caratteristiche meccaniche		Caratteristiche elettriche	
Campo di misura lineare attorno allo zero	$\pm 0,35 \text{ mm}$	Tensione di alimentazione	$3 \div 6V$
Campo di regolazione tastatore (tastatore sferico diam. 3,175 mm)	$\pm 1,5 \text{ mm}$	Campo di frequenza	$13 \div 18 \text{ KHz}$
Corsa in fuori rispetto lo zero	$- 0,5 \text{ mm}$	Assorbimento a 10 KHz	$0,3 \text{ mA/V}$
Corsa in dentro rispetto lo zero	$+ 0,6 \text{ mm}$	Tensione di calibrazione	6 V
Posizione di zero regolabile	No	Frequenza di calibrazione	$15,625 \text{ KHz}$
Ripetibilità (σ)	$\sigma < 0,2 \mu\text{m}$	Coefficiente termico	$0,15 \mu\text{m}/^\circ\text{C}$
Carico registrabile	50 gr	Risoluzione	Analogica
Linearità (entro il campi di misura)	$< 1\%$	Lunghezza cavo di collegamento	$2,5 \text{ m}$

Per quanto riguarda un esempio di complessità meccanica ed elettronica si possono citare gli apparecchi automatici per il controllo di tutte le parti lavorate delle teste cilindri, con

teste di misura che ospitano oltre cento trasduttori che ispezionano contemporaneamente il pezzo inviando i segnali ad un'apparecchiatura elettronica per l'elaborazione.

Ma la più classica delle apparecchiature di controllo in un'officina che produce trasmissioni è l'ingranometro ed è di questo tipo di apparecchio che si parlerà più diffusamente perché in esso, l'unione della meccanica di precisione con l'elettronica dà luogo ad uno strumento in grado di individuare, con un solo controllo, tutta una serie di errori sulla dentatura e sul corpo dell'ingranaggio.

L'ingranometro a gioco zero

L'ingranometro è un apparecchio di controllo che, attraverso la rotazione dell'ingranaggio da controllare accoppiato ad un ingranaggio master, permette di rilevare certi tipi di errore presenti sull'ingranaggio stesso.

Per le produzioni di serie, si può controllare il 100% della produzione con gli ingranometri che permettono un controllo funzionale, chiamato così perché, in certa misura, riproduce le condizioni di impiego delle ruote.

Poiché esistono molti tipi di ingranaggi che si possono controllare ed esistono differenti motivi per cui si usano gli ingranometri e poiché ci sono anche molti modi di impiegare l'ingranometro, risulta evidente che la tipologia di apparecchi sarà alquanto vasta e le caratteristiche tecniche potranno essere anche completamente diverse da un apparecchio all'altro.

L'ingranometro a gioco zero costituisce il sistema più usato per il controllo del rotolamento degli ingranaggi in quanto offre tutta una serie di possibilità che lo rende un metodo universale. Gli ingranometri di cui si parla ora funzionano con il principio indicato in figura N°5.

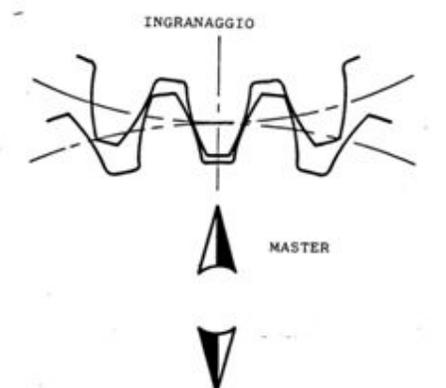


Figura N°5- Principio di funzionamento dell'ingranometro a gioco zero

Il master è tenuto premuto contro l'ingranaggio portando i due fianchi del dente a contatto e quindi non lasciando gioco nell'accoppiamento.

La pressione normalmente è data da una o più molle applicate al carrello su cui è montato il master.

Il master ruotando trascina l'ingranaggio e, se l'accoppiamento è privo di errori, cioè in una situazione teorica in cui master e pezzo sono perfetti, non c'è nessun spostamento radiale del master; invece se ci sono errori o anomalie nell'ingranaggio, il master le evidenzia spostandosi radialmente secondo la direzione delle frecce della figura N°5.

Questo tipo di controllo può mettere in evidenza i seguenti errori:

a)- Errori sull'interasse, cioè in pratica errori sullo spessore del dente. Poiché, conoscendo le caratteristiche della dentatura del master, l'interasse, cioè la distanza tra i due assi di rotazione, resta univocamente definito dalle dimensioni del dente

dell'ingranaggio, in teoria si potrebbe conoscere l'esatto spessore cordale e giudicare se esso rientra o meno in tolleranza. Questa sarebbe una misura assoluta dell'interasse. In pratica si preferisce fare un controllo dell'interasse per comparazione, cioè si azzera l'apparecchio su un interasse noto, dato per esempio da un ingranaggio campione, e si misurano gli scostamenti da questo valore.

b)- Errori di eccentricità. Vengono messi in evidenza gli scostamenti del carrello portamaster durante un giro dell'ingranaggio. Il limite minimo e massimo di questi spostamenti indicano appunto l'eccentricità dell'ingranaggio.

c)- Rilevazione dei colpi. Per "colpo" si intende una deformazione del dente, normalmente presente o sul suo diametro esterno o sugli spigoli laterali, generata da un urto accidentale. Questa deformazione, anche se di modesta entità, provoca una non tollerabile rumorosità dell'ingranaggio durante il funzionamento. Una brusca variazione dell'interasse, cioè un rapido spostamento del master in senso radiale, denota appunto la presenza di un colpo.

La Metrel ha messo a punto uno speciale carrello portamaster, che aggiunto al precedente, è in grado di rilevare anche lo scostamento della direzione dell'elica e la conicità della dentatura. Ciò è possibile in quanto il supporto di questo master aggiuntivo può oscillare in due piani: uno che interseca all'asse dell'ingranaggio e l'altro tangente al cerchio primitivo, come si può osservare nella figura N°6a.

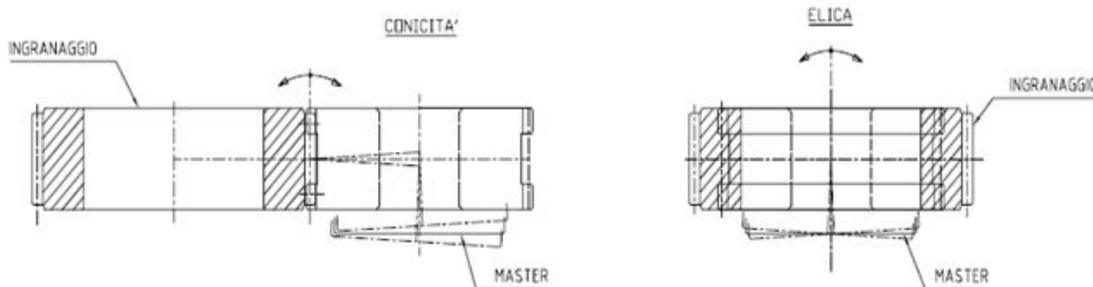


Figura N°6a- Schema dei movimenti oscillatori del master per controllo elica

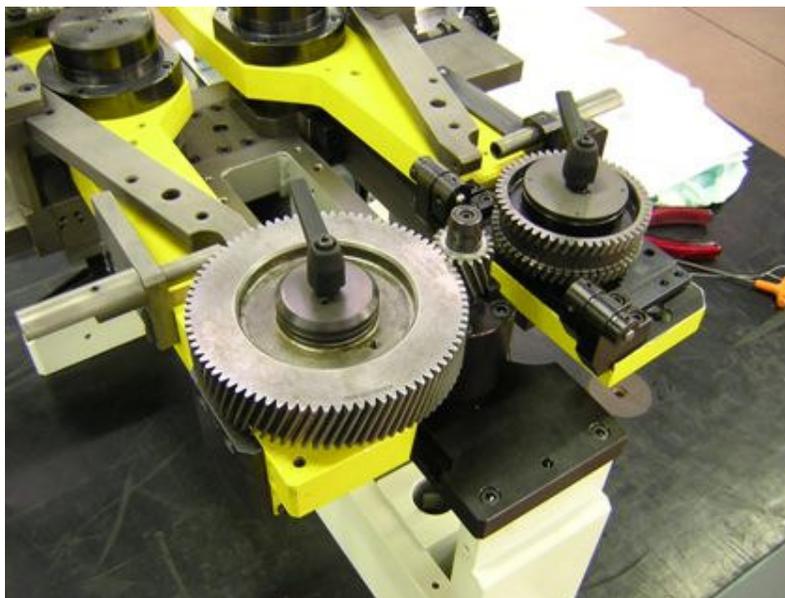


Figura N°6b- Applicazione di un carrello e master speciali per il controllo dell'elica

Nella figura N°6b si può osservare che il master è scaricato al centro in modo da essere in contatto con i denti dell'ingranaggio solo nelle zone di estremità della fascia dentata. Le oscillazioni in queste due direzioni, rilevate da appositi trasduttori, individuano rispettivamente un errore di conicità ed un errore di direzione dell'elica. L'esame di questi due errori, attuato attraverso un apposito software, permette anche di stabilire se l'errore dell'elica è sul fianco destro o su quello sinistro della dentatura.

Un ingranometro di questo tipo può essere inoltre integrato con una serie di sensori che controllano la geometria della ruota dentata, come per esempio: il diametro e la cilindricità del foro, della perpendicolarità e planarità delle superfici d'appoggio, delle dimensioni del cono del sincronizzatore o, se si parla di un albero, si possono controllare oltre a più dentature contemporaneamente, anche alcuni diametri esterni sede di cuscinetti, la posizione di gole e dei rasamenti più importanti. Due esempi di questi controlli sono illustrati schematicamente nelle figure N°7 e N°8.

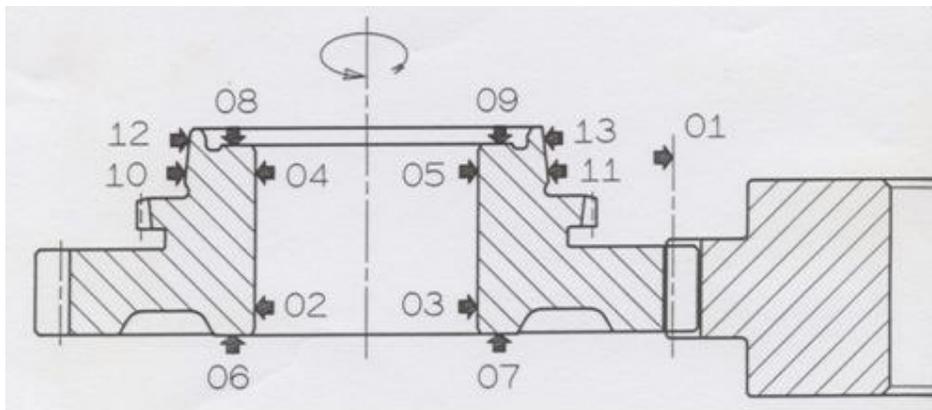


Fig.N°7- Schema di controllo completo di un ingranaggio con foro.

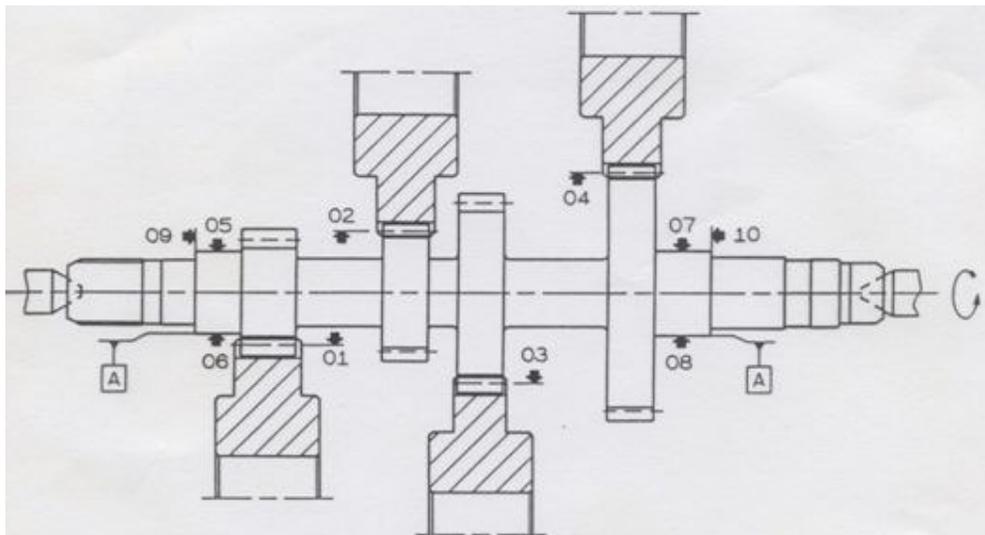


Fig.N°8- Schema di controllo completo di un albero con 4 dentature.

Gli apparecchi destinati a questi controlli sono normalmente collegati ad una sofisticata apparecchiatura elettronica che, oltre ad indicare l'entità dei vari errori può eseguire ogni tipo di elaborazione statistica fornendo anche la documentazione grafica di quanto

succede su un lotto di pezzi, sotto forma di una stampa degli errori o sotto forma di grafici statistici.

Uno dei problemi che l'officina deve affrontare è anche quello dell'eventuale recupero dei pezzi di scarto.

Per esempio, se un ingranaggio è stato scartato perché su uno o più denti sono stati riscontrati dei colpi, esso è perfettamente recuperabile asportando le ammaccature con una fresetta a lima ad alta velocità. Il problema però è quello di individuare in modo veloce il dente ammaccato.

A questo scopo si applicano in certi casi i cosiddetti marcatori, che sono dei dispositivi che segnano automaticamente con un punto di vernice il dente ammaccato.

Nelle soluzioni più automatizzate, la zona di scarico pezzi, dopo il controllo, è suddivisa in un certo numero di canali, in ognuno dei quali vengono immessi i pezzi con diversi tipi di errori, con una prima selezione tra pezzi buoni, recuperabili e non recuperabili.

Unità elettronica M4M Lite

Come si è già detto, la Metrel progetta e costruisce apparecchiature elettroniche specifiche per la raccolta e l'elaborazione dei dati durante un controllo di una qualsivoglia complessità. Si va dalle semplici colonne elettroniche che funzionano come un comparatore elettronico che segnalano se la quota misurata è dentro o fuori tolleranza, ad apparecchiature molto sofisticate come quella che si descrive ora e che rappresenta il prodotto elettronico di punta della Metrel.



Figura N° 9- *Unità elettronica M4M Lite*

M4M Lite è un sistema completo di misurazione per applicazioni di controllo dimensionale in ambiente d'officina.

Multiquota, multiprogramma e multistazione, l'unità permette l'esecuzione di un numero elevato di programmi e di misure. La presenza di un PC industriale espandibile e sistema operativo basato su Windows e TCP/IP permette un facile utilizzo e integrazione con sistemi diversi. Le prestazioni principali comprendono: statistica on line multilingua, vidoguia, cicli di ripristino e possibilità di compensare le misure in temperatura in tempo reale, tenendo conto delle temperature del pezzo, del master e del calibro.

Tali caratteristiche, insieme ad una accurata progettazione hardware consentono di utilizzare tale prodotto sia su calibri ed attrezzature manuali, che su banchi semiautomatici o in applicazioni su linee automatiche.

Il sistema M4M Lite si articola in due componenti hardware: SP947 (PC industriale) ed SP1014 (unità real time) ed un Software Windows 32 Bit Nativo, organizzato in diversi moduli.

Il sistema è contenuto in un unico contenitore con protezione IP65, all'interno dello stesso è presente un dispositivo UPS, in opzione Masterizzatore o lettore CD-ROM per back-up e archiviazione programmi e dati, oppure una tastiera con mouse integrato.

Con tale apparecchiatura elettronica si possono generare files statistici importabili da QS-Stat ed Excel e carte di controllo e formati statistica impostabili per programmi: X-R, X-MR, MX-MR, SLT, Pareto, istogrammi, distribuzioni.

L'unità di misura ha le seguenti caratteristiche:

- 300 sonde per programma, 24 sonde per misura, 300 misure per programma, 300 programmi e 30 stazioni per macchina.
- Personalizzazione di tutti i parametri di misura.
- Possibilità di analisi approfondita dei risultati di ogni misura.

Caratteristiche tecniche dell'unità M4M Lite

<i>Alimentazione</i>	<i>115/230 Vac; 50/60 Hz; (assorb. 2,5°/220Vac)</i>
<i>Processore</i>	<i>CPU Intel Pentium III™</i>
<i>Memoria Ram</i>	<i>128 Mb DRAM su 128 pin DIMM sockets</i>
<i>Hard Disk</i>	<i>EIDE 2,5" Hard Disk 20 Gbyte</i>
<i>Tastiera</i>	<i>Frontale a membrana (alfanumerica) IP 65</i>
<i>Floppy Disk</i>	<i>1,44 Mb 3,5" Floppy Disk driver</i>
<i>Linee Seriali</i>	<i>2 porte seriali RS232 16C550 UARTs</i>
<i>Linea parallela</i>	<i>1 porta parallela LPT (ECP EPP SPP)</i>
<i>Display</i>	<i>LCD 800x600 12,1" TFT, alta luminosità</i>
<i>Controller video</i>	<i>SVGA LDC/CRT con 2 Mbyte VRAM</i>
<i>Connessioni</i>	<i>Connettore per PS/2 Mouse e PS/2 Keyboard</i>
	<i>Connettore per ATAPI (IDE) CD-ROM esterno</i>
	<i>Connettore CRT VGA esterno</i>
	<i>Connessione per porta USB</i>

Da quanto sommariamente esposto, si può ben concludere che la stretta correlazione tra una meccanica di precisione ed una avanzata tecnica elettronica e di programmazione permette di fornire all'industria dell'ingranaggio e della meccanica e in genere, una nuova generazione di apparecchiature d'avanguardia che risolvono in maniera brillante i più complicati problemi di controllo.

La Metrel in sintesi

La Metrel ha iniziato la sua attività nel 1975 e si è dedicata alla progettazione e costruzione di apparecchiature elettroniche di misura per l'uso in ambiente industriale.

Oggi, dopo oltre 30 anni di continua ricerca e sviluppo e di esperienza presso le principali industrie nel mondo, possiede il Know How interno necessario per la progettazione dei suoi prodotti.

In totale la Metrel occupa circa 50 dipendenti.

Dispone di un ufficio tecnico per la progettazione meccanica, di un laboratorio elettronico per la progettazione di apparecchiature con tecniche analogiche e digitali, di un ben attrezzato centro di sviluppo per la realizzazione di software sia di base che applicativo.

Tutte le operazioni critiche sono realizzate presso lo stabilimento di Cornate d'Adda (Mi), nel reparto di produzione meccanica, dotato di macchine di alta precisione e nel reparto di produzione elettronica e di collaudo attrezzato con strumentazione d'avanguardia.

Ogni problema proposta dal cliente viene affrontato con un approccio multidisciplinare, con stretta collaborazione tra progettisti meccanici, elettronici e sviluppatori di software.

I suoi prodotti sono operanti in vari paesi del mondo tra i quali: Italia, Turchia, Polonia, Russia, Brasile, Germania, India, Romania, Francia, Cina, Austria.

Sintesi della produzione

- Componenti standard (apparecchiature elettroniche e trasduttori)
- Tamponi e forcelle per misurazioni elettroniche
- Post process con protocollo di correzione misure verso CN
- Banchi elettronici per controllo interoperazionale
- Macchine per selezione finale
- Stazioni di controllo manuali semiautomatiche e automatiche per linee di:
 - *Alberi a camme*
 - *Alberi motore*
 - *Bielle*
 - *Spinotti*
 - *Pistoni*
 - *Testa cilindri*
 - *Valvole*
 - *Alberi cambio*
 - *Ruote dentate*
 - *Manicotti*
- Applicazioni standard per:
 - *Controllo finale bielle*
 - *Controllo continuo spessori nastri metallici*
 - *Selezione rullini*
 - *Controllo su dentature cilindriche di ingranaggi e alberi con riferimento alla norma ISO 1328-2*
- Principali clienti:
 - *Fiat Auto (vari stabilimenti)*
 - *General Motors (Powertrain)*
 - Opel
 - Grob-Werke
 - Dae Woo
 - Iveco
 - Kamaz
 - Maruti-Suzuki