

PRECISIONE DEGLI ASSI A CN - ISO 230-2 E VDI/DGQ 3441

0. INTRODUZIONE

Il servizio più richiesto dalle aziende alla STANIMUC è la calibrazione della precisione di posizionamento degli assi a controllo numerico, lineari e rotativi, sia all'atto della messa in funzione sia in occasione di controlli periodici di macchine in servizio. L'attività si articola generalmente in tre fasi.

- Prima misura conoscitiva degli errori originali
- Compensazione software degli errori
- Misura di verifica e conferma dell'acquisizione delle compensazioni.

1. MISURA CONOSCITIVA

La prima misura conoscitiva, che dovrebbe essere basata su non meno di due corse bidirezionali, fornisce molte informazioni utili, fra cui le seguenti.

- Parte sistematica degli errori; dopo aver effettuato un certo numero di corse bidirezionali si utilizza per ogni punto la media delle letture in senso positivo e negativo, trascurando quindi la ripetibilità e l'errore di inversione (backlash). Questa media forma l'oggetto della compensazione software degli errori di passo.
- Ripetibilità, ossia la parte casuale dell'errore, non compensabile numericamente. Essa però fornisce già informazioni importanti, come l'eventuale deriva termica dell'asse, se tracciati successivi del grafico si spostano sempre nella stessa direzione. Può avere un andamento a cuneo, con ripetibilità migliore ad un'estremità e progressivamente più larga verso l'altra, oppure un andamento a tracciati paralleli fra di loro. In questo secondo caso si deve anche verificare l'entità e la correzione del "dead path error", l'errore di spazio morto legato al punto della corsa dove si è azzerata la misura. In entrambi i modi in cui si presenta, una deriva dimostra che l'asse, o la strumentazione, non è (ancora) termicamente stabile.
- Errore di inversione dell'asse (backlash). Può essere positivo o negativo. La norma ISO 230-2 considera l'errore di inversione come differenza fra la media degli errori nel senso positivo della corsa e la media degli errori in senso negativo. Risulta quindi negativo l'errore classico dei giochi della vite che causa una perdita di moto (lost motion), e risulta positivo l'errore che, dovuto ad una combinazione di giochi o attriti diversi, produce nel punto di misura un eccesso di moto in uno o entrambi i sensi, con un accavallamento o sovrapposizione di un tratto dei due percorsi.

2. COMPENSAZIONE SOFTWARE DEGLI ERRORI

2.1 Errore di passo

Se, dopo la misura conoscitiva, l'insieme delle misure eseguite si può considerare affidabile e rappresentativo degli errori sistematici, è disponibile per ogni punto di misura il valore ed il segno dell'errore locale.

In generale con i controlli Siemens e Heidenhain la compensazione da introdurre corrisponde al valore assoluto dell'errore rilevato, rispetto al punto in cui si è azzerata la misura, con lo stesso segno algebrico dell'errore.

Con i controlli Fanuc si deve invece introdurre il valore incrementale di errore fra il penultimo e l'ultimo punto di misura, con il segno algebrico opposto, e così via secondo le diverse marche e modelli di controlli numerici.

2.2 Errore di inversione

Come anticipato, l'errore di inversione misurato in ogni punto ha anche un segno algebrico, e la compensazione da introdurre corrisponde al valore medio algebrico degli errori rilevati. In presenza di un valore negativo, corrispondente ad un giuoco (lost motion) si deve introdurre un valore di compensazione positivo. Viceversa, un valore positivo di inversione (sovrapposizione di percorsi), che sembra l'effetto di un eccesso di compensazione, deve essere compensato con un valore negativo.

3. CONFRONTO FRA ISO 230-2 E VDI/DGQ 3441

Per ottenere i risultati in termini di precisione, ripetibilità ed inversione dell'asse misurato, i due documenti prescrivono metodi diversi di elaborazione dei dati misurati, con alcune differenze sostanziali che rendono preferibile la ISO 230-2 per una serie di ragioni.

3.1 Ripetibilità

3.1.1 2s o 3s

Per la ripetibilità si utilizza la stima del sigma, definita "s", a causa della bassa numerosità del campione, che nella misura finale di verifica è convenzionalmente 5.

La ISO 230-2 valuta la ripetibilità unidirezionale delle letture in un punto come intervallo di 4s fra "errore medio - 2s" ed "errore medio + 2s". La VDI/DGQ 3441 utilizza un intervallo di 6s, che già in linea di principio peggiora l'immagine dell'asse misurato perché, a parità di errori letti dallo strumento, presenta un valore della ripetibilità maggiore del 50%.

3.1.2 Ripetibilità unidirezionale

La ISO 230-2 analizza separatamente le due ripetibilità unidirezionali, in senso positivo ed in senso negativo, e traccia due grafici di tre spezzate ognuno, dove la spezzata centrale di ogni grafico unisce i valori dell'errore medio di tutti i punti di misura, e le due laterali generano due fasce larghe 2s ai lati della spezzata centrale.

In questo modo si evidenzia se la ripetibilità unidirezionale nel senso di moto positivo dell'asse è diversa da quella in senso negativo, come si vede chiaramente sul grafico della figura 1. L'asse in esame ha due comportamenti visibilmente diversi nei due sensi. Leggendo fra le righe, non sarebbe male dare un'occhiata alla meccanica, perché un errore casuale, ma così sistematicamente diverso fra andata e ritorno, non può essere compensato numericamente.

Questo non è visibile con la VDI/DGQ 3441. La ripetibilità secondo questa raccomandazione è valutata sommando in ogni punto il 3s in andata con il 3s al ritorno e dividendo la somma per 2. Questo rende uguali le larghezze delle due fasce del grafico che rappresentano la ripetibilità, come nella figura 2, rendendo quindi impossibile individuarne le differenze e quantificarle singolarmente.

Valutazione della ripetibilità			
ISO 230-2 Figura 1		VDI/DGQ 3441 Figura 2	
Unidirezionale positiva	4,516	Bidirezionale massima	4,275
Unidirezionale negativa	1,756	Bidirezionale media	3,195

Se si tiene presente che i due grafici della figura 1 e della figura 2 provengono dagli stessi dati di partenza, dalla stessa serie di letture su un asse, si deduce facilmente che alla VDI/DGQ 3441 manca una capacità diagnostica che invece è presente nella ISO 230-2.

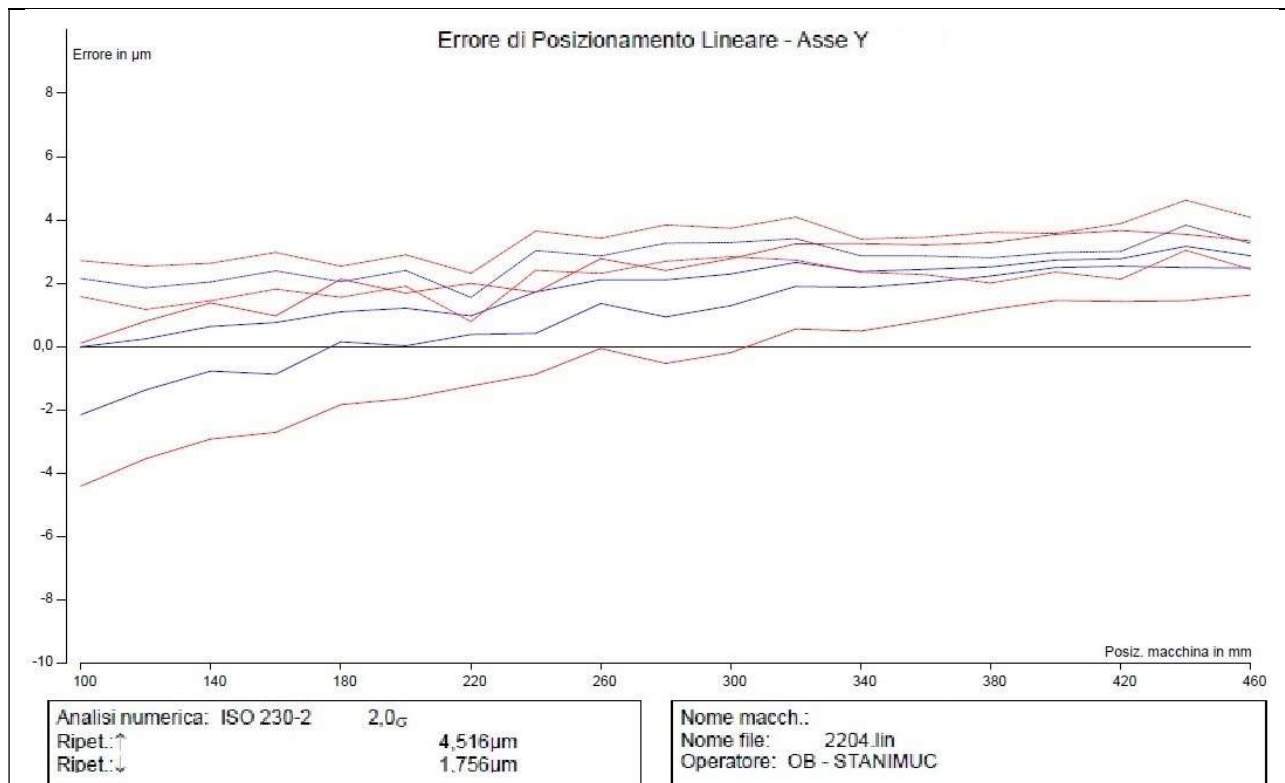


Figura 1 – Ripetibilità unidirezionale secondo ISO 230-2

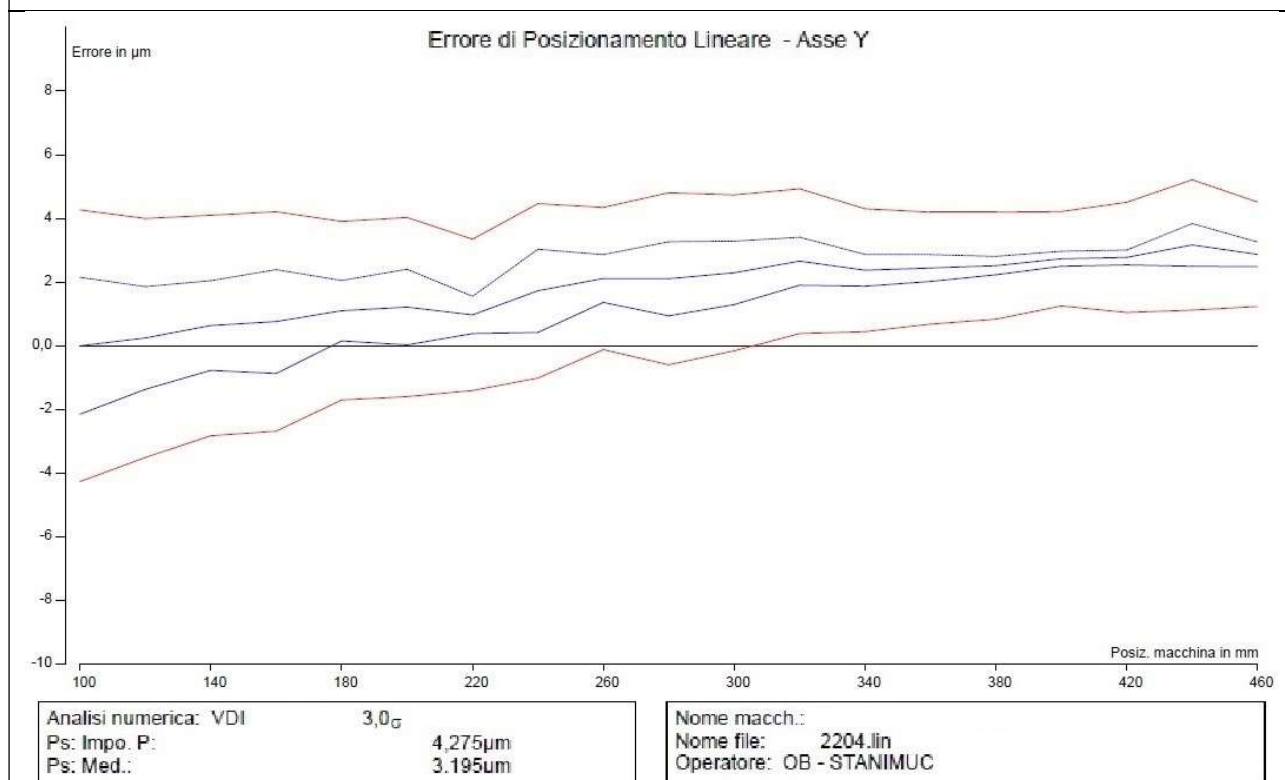


Figura 2 – Ripetibilità bidirezionale secondo VDI/DGQ 3441

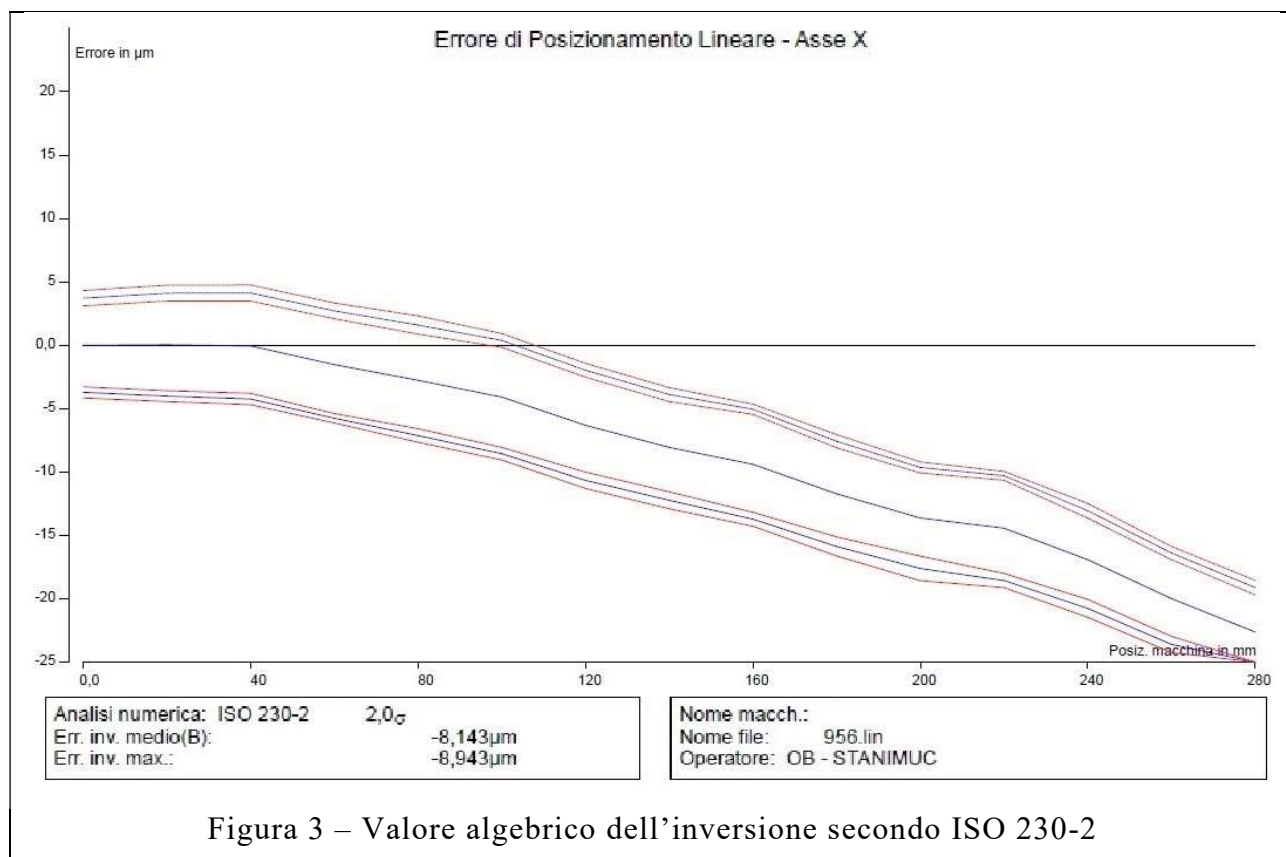
3.2 Inversione

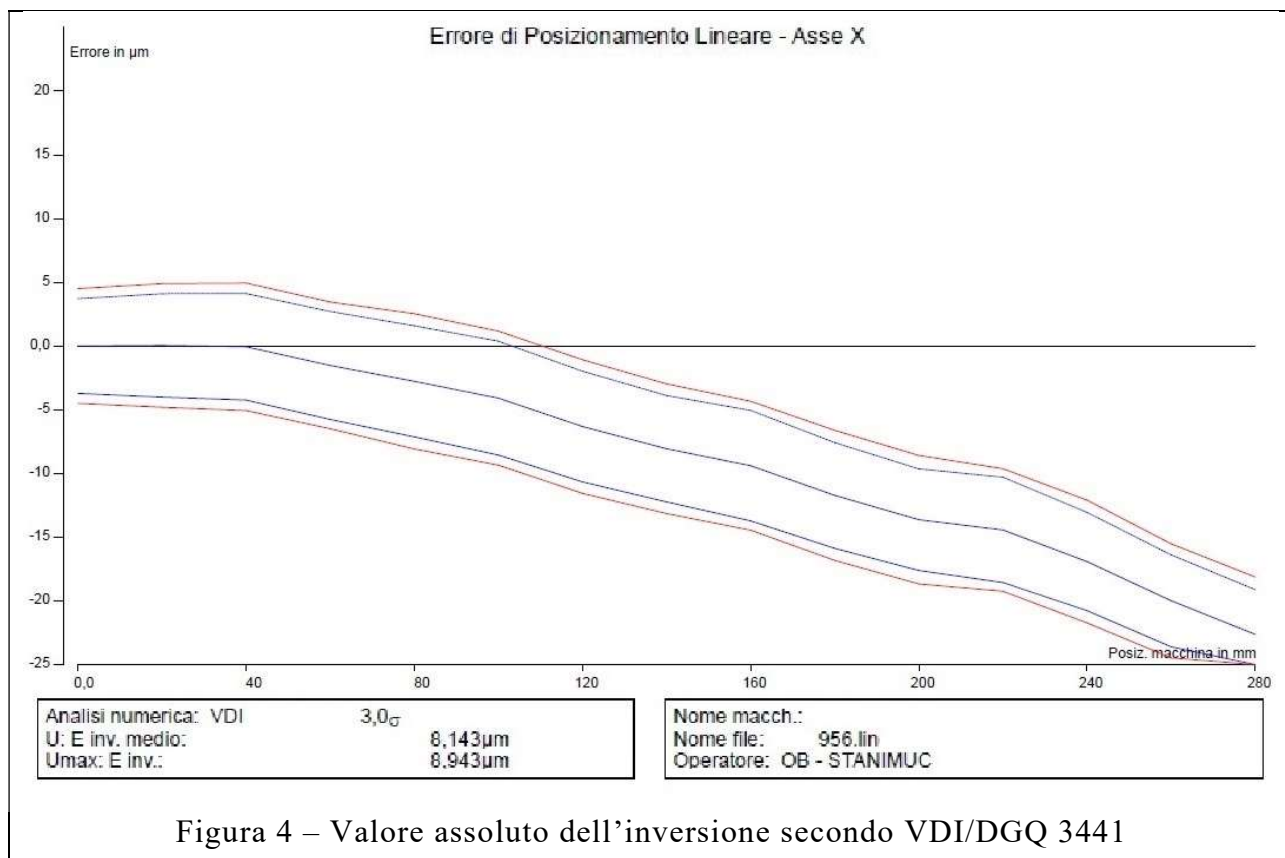
3.2.1 Inversione costante

Se in tutti i punti di misura l'errore di inversione è abbastanza costante, come in figura 3, lo si può valutare visivamente dal grafico e quantitativamente dal confronto fra il valore medio di tutta la corsa ed il valore massimo nel punto peggiore. In questo caso lo si può compensare con un valore solo, valido per tutta la corsa dell'asse. Si deve però conoscerne il segno algebrico, perché se si compensa con il segno opposto si raddoppia l'errore.

La ISO 230 calcola il valore algebrico dell'inversione in ogni punto, e di conseguenza anche il valore algebrico medio sulla corsa. La VDI/DGQ 3441 non considera la possibilità di due orientamenti opposti dell'errore, e ne valuta sempre solo il valore assoluto in ogni punto. Fornisce poi il valor medio di questi, come in figura 4, da cui non si può dedurre il senso della compensazione.

Valutazione dell'inversione	ISO 230-2 Figura 3	VDI/DGQ 3441 Figura 4
Media	Algebrica - 8,143	Assoluta 8,143
Massima	Algebrica - 8,943	Assoluta 8,943





3.2.2 Inversione non costante

Non è molto raro, anche se non è gradito, che il valore dell’inversione sia diverso da punto a punto, come nel caso piuttosto vistoso della figura 5. Questo caso è citato come esempio perché è un caso limite, nel quale l’inversione è fortemente variabile, con valori massimi anche elevati nei due sensi, ma il valore medio algebrico fornito dalla ISO 230-2 è addirittura uguale a zero. Questa informazione è molto utile, perché chiarisce che una compensazione numerica non servirebbe a nulla, in quanto migliorerebbe alcuni valori peggiorandone altri, peggiorando quindi il comportamento complessivo dell’asse.

La VDI/DGQ 3441, come si vede nella figura 6, partendo dai valori assoluti delle singole inversioni delle stesse misure precedenti, fornisce un valor medio non nullo, ingannando chi volesse introdurre una compensazione numerica, perché suggerisce un valore che sarebbe solo dannoso, in qualunque senso fosse introdotto.

Valutazione dell’inversione	ISO 230-2 Figura 5	VDI/DGQ 3441 Figura 6
Media	Algebrica 0,00	Assoluta 2,47
Massima	Algebrica - 5,58	Assoluta 5,58

Anche nel caso di inversione non costante, a una serie di dati di partenza identici, della stessa misura, seguono due interpretazioni diverse, quella della ISO 230-2 che ci permette una diagnosi corretta dell’errore, e quella della VDI/DGQ 3441 che non permetterebbe una compensazione efficace.

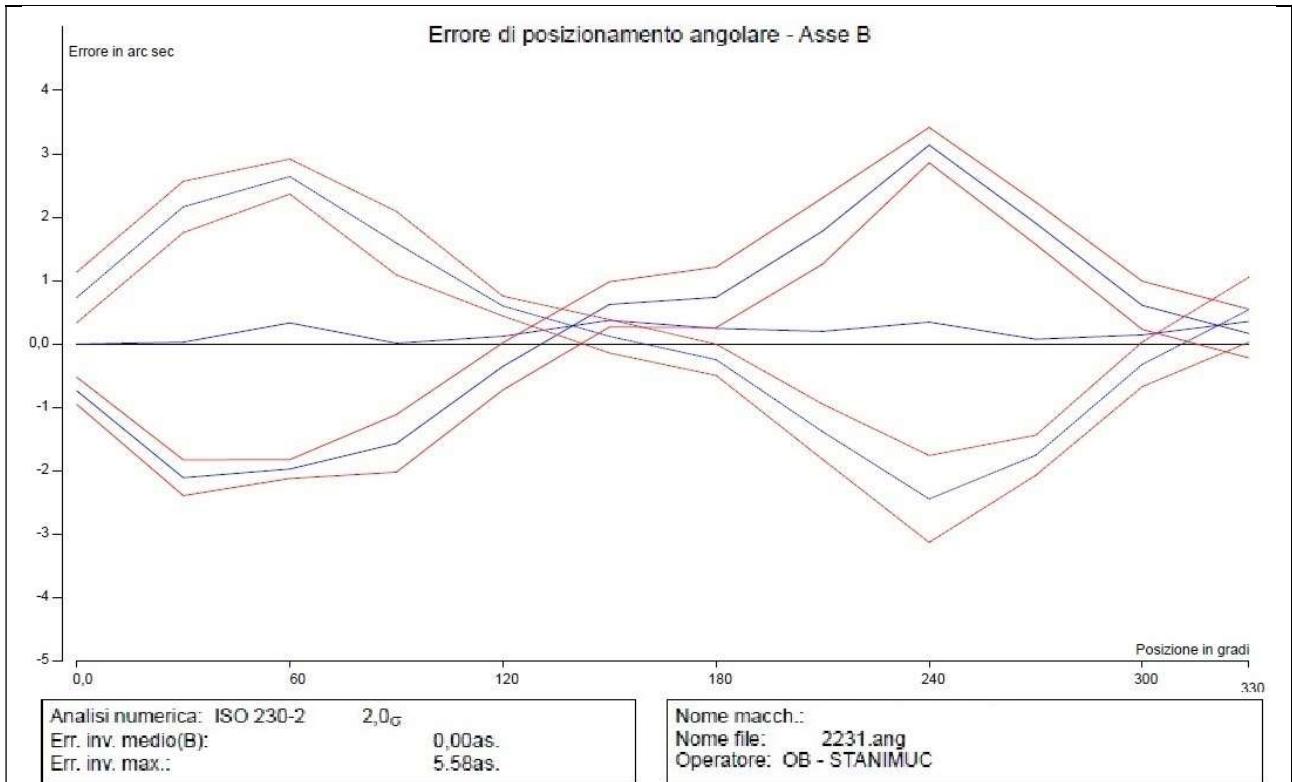


Figura 5 – Inversione con valore medio algebrico nullo secondo ISO 230-2

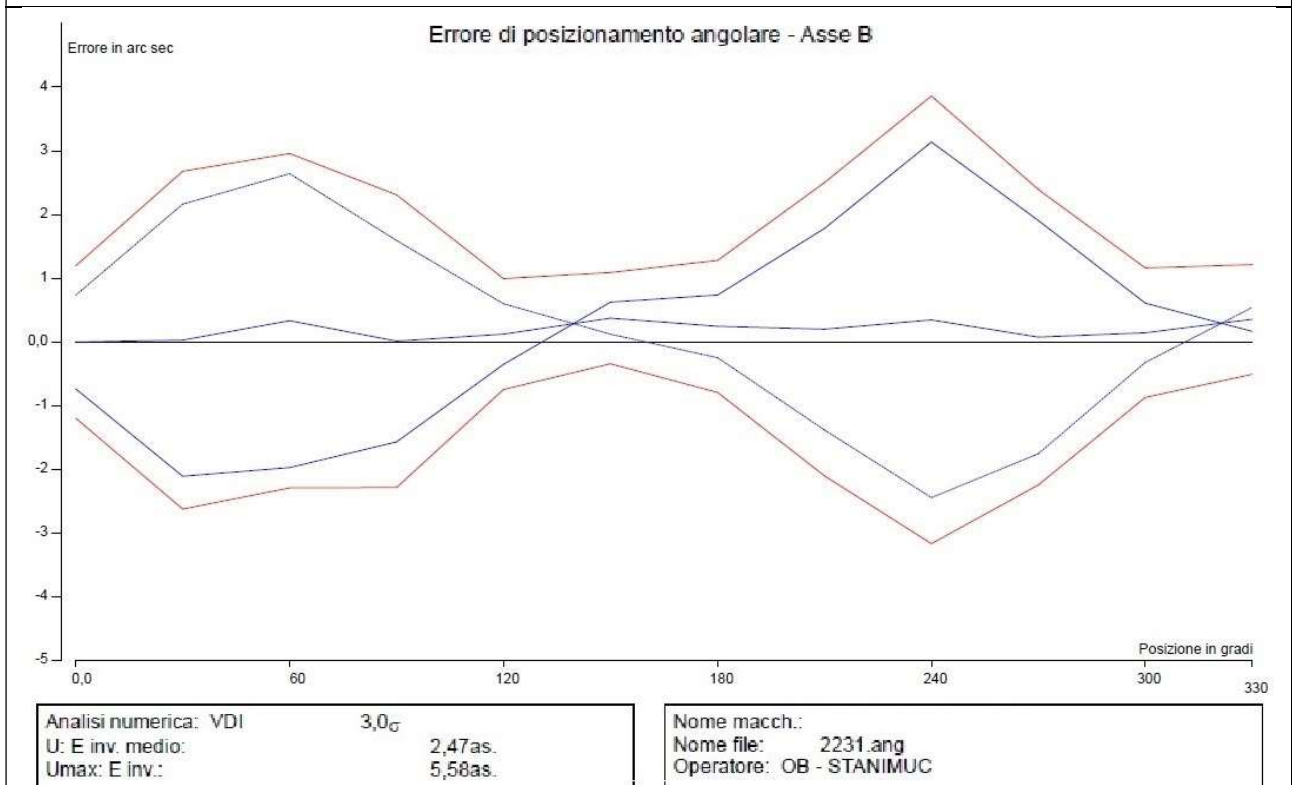


Figura 6 – Inversione con valore medio assoluto non nullo secondo VDI/DGQ 3441

3.2.3 Compensazione di una inversione non costante

Come detto sopra, quando il valore algebrico medio è stato compensato, o è già nullo, non si può più migliorare la situazione numericamente, ma si devono prendere provvedimenti di natura meccanica. Nell'esempio citato è evidente che lo stesso tratto di corsa (l'arco da 60° a 240° oppure l'arco opposto da 240° a 60°) è contemporaneamente più lungo di 180° in un senso di rotazione e più corto di 180° nel senso opposto.

La causa principale di un comportamento di questo tipo è una elasticità di qualche componente, o accoppiamento, o montaggio. L'unico oggetto che si allunga sotto uno sforzo e si accorcia sotto lo sforzo opposto è un sistema elastico, quindi si deve iniziare l'analisi in questo modo. Nel caso presente non basta dire che c'è un'eccentricità, perché se la causa fosse solo questa le due sinusoidi dei tracciati nei due sensi non sarebbero opposte ma concordi.

Se non è possibile intervenire meccanicamente in modo immediato per l'impossibilità di fermare la macchina, un palliativo temporaneo è costituito dalla introduzione di due colonne di compensazione di passo invece di una sola. Una colonna di valori deve compensare gli errori nel senso positivo dell'asse (un tracciato del grafico), e l'altra gli errori in senso negativo (il tracciato opposto).

4. CONCLUSIONI

Per coloro che sono abituati a leggere i valori di P, Pa, Ps ed U, posto che ne interpretino correttamente i significati, la VDI/DGQ 3441 può fornire valutazioni finali di una misura conclusa, ma non fornisce le informazioni diagnostiche indispensabili durante la calibrazione dell'asse, che invece sono indicate chiaramente dalla ISO 230-2.