

Documentazione Tecnica:

# Affidabilità del Sensore

## Sommario

*FUTEK Advanced Sensor Technology, Inc. ha costruito in decenni un'immagine internazionale nella produzione di sensori di qualità e di affidabilità, caratteristiche importanti dei suoi prodotti.*

*Questo articolo descrive l'esperienza documentata sul campo e sui test a lungo termine di vita accelerata dei suoi sensori. Si ricavano i fattori di affidabilità e si determina l'MTBF sulla base di test di vita accelerata.*

*L'MTBF dei nostri sensori tipici è determinato ad essere superiore a 312 milioni di cicli all'interno di un margine di affidabilità del 90%. Sono descritte anche altre condizioni e fattori che influiscono sull'affidabilità dei sensori.*

## Ambiente

L'affidabilità del prodotto è un aspetto essenziale nella qualità complessiva dello stesso. Questo articolo esamina alcuni dei documentati successi nel settore dell'affidabilità. La spinta promossa sull'affidabilità dei nostri prodotti, garantisce che tutte le unità vengano progettate in modo coerente, con gli stessi margini conservativi nella tecnica progettuale e una produzione con rigide tolleranze, utilizzando gli stessi "calibri" di alta qualità sottoposti anch'essi alle rigide procedure di calibrazione. Offriamo alcuni modelli di celle di carico a "fatica nominale" ottenuto declassando la curva S-N con riduzione delle normali tensioni. Le celle avranno sicuramente una durata più lunga rispetto ai modelli declassati, tutto questo su basi analitiche e non su dati di test effettivi di laboratorio oppure applicativi.

## Esperienza sul campo

Per ottenere maggiori informazioni possiamo analizzare il nostro successo con le celle di carico modello LSB302 ( ) consegnate ad ogni sigolo cliente nel 2002. Abbiamo consegnato in totale 13.500 unità nell'arco di 8 mesi riscontrando solo 3 guasti dovuti a difetti di fabbricazione. Questo è un risultato eccezionale che rappresenta un margine del 0.999778, oppure una percentuale di ritorno del 0.022%. In termini di sistema di qualità "Six-Sigma" questo rappresenta un processo a 5-Sigma. Non è puramente un valore di affidabilità ma piuttosto una misura della capacità di processo nella fabbricazione. Per essere in grado di quotare i fattori di affidabilità associati a queste prestazioni e alle ore di funzionamento, le applicazioni, i cicli di lavoro e stress ambiente. Inoltre avremmo bisogno di capire la causa principale degli errori per poter determinare se i guasti sono imputabili all'affidabilità. Tutti questi fattori concorrono a determinare l'affidabilità di una famiglia di prodotto. Non possiamo avere tali dati dal cliente, ma possiamo indicare come esempio, una particolare capacità di fabbricazione, con una misura comunemente chiamata  $C_{PK}$ .

## Test di durata

Abbiamo effettuato un significativo test di durata per l'affidabilità della cella di carico modello LSB302 da 100lb (445 N) "S-Beam" con protezione dal sovraccarico, il campo di misura e il materiale del sensore che è in alluminio per molte celle di carico che si producono. Il test è iniziato nell'agosto del 2001 con l'unità ciclata a 3Hz con un carico equivalente del 113% del fondo scala il tutto a temperatura ambiente.

Il carico è stato incrementato al 200% del fondo scala durante il collaudo, il carico della cella è stata progressivamente ridotto fino al 125% del carico nominale. L'unità ha completato 600 milioni di cicli e tuttora continua a funzionare normalmente. confermando nelle analisi le sue caratteristiche. Se ipotizziamo lo stress medio per tutta la durata del test al 120%, possiamo dire che questo stress test accelerato è più o meno equivalente a 720 milioni di cicli di funzionamento a tensione nominale. Fortunatamente non ci sono stati errori di una unità in prova. Senza eventuali errori non siamo in grado di calcolare una vera percentuale di guasto. Idealmente si preferisce testare molte volte l'unità in modo sufficiente a generare errori. Quindi una autentica incidenza di guasti può essere calcolata utilizzando i dati provvisori (dati ottenuti sulle unità che non avevano riscontrato un guasto).

Possiamo, tuttavia, calcolare una "vita media" basata sulla distribuzione one-sided Chi-squared unilaterale entro un limite di confidenza specificato, diremmo per il 90%. Possiamo affermare al 90% che la vita media o MTBF è almeno equivalente. Il calcolo deriva da:

Dove:

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{2 \cdot (N \cdot \tau) \cdot A_f}{\chi^2_{(\alpha, 2+\phi)}}$$

$\frac{1}{\lambda}$  = mean life or MTBF

$N$  = the numbers of elements (1 sensor)

$\tau$  = the test time or number of cycles (600 x 10<sup>6</sup>)

$A_f$  = the acceleration factor (120%)

$\chi^2_{(\alpha, 2+\phi)}$  = the Chi-squared distribution function (with  $\alpha$  = 90% confidence level and  $\phi$  = zero degrees of freedom for no failures) = 4.605 from the standard Chisquared probability tables.

This evaluates as:

or,

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{2 \cdot (1 \cdot 600 \times 10^6) \cdot 1.20}{4.605} \text{ cycles}$$

$$\frac{1}{\lambda} = 312 \text{ million cycles}$$

## Conclusion

Sulla base di questo test possiamo affermare che siamo convinti al 90% che la vita media o MTBF di questo sensore supera i 312 milioni di cicli. Questo vale per l'intera popolazione ed implica che, se anche una unità ha superato i 600 milioni di cicli, in una vasta popolazione alcune delle celle avrebbero fallito prima o poi. Ciò che questo significa veramente è che siamo sicuri al 90% che l'MTBF di questo modello si attesta tra i 312 milioni di cicli e i 600 milioni di cicli. Bisogna comprendere che questa stima viene applicata all'intera famiglia di prodotti e che l'attendibilità dipende anche dall'applicazione specifica, dai carichi diretti e assiali applicati e, in misura minore, la vibrazione ambientale a cui è sottoposta. Il sovraccarico, le elevate temperature al di là delle specifiche e i carichi estranei possono compromettere le prestazioni di qualsiasi sensore. Un'altra nota che si esprime all'MTBF dal momento che le celle di carico non sono riparabili, è la certezza che stiamo realmente misurando il tempo medio prima dell'errore MTTF. Tuttavia, è frequente in materia di affidabilità, fare riferimento a questa misura MTBF, che si può applicare alla prima misura di errore poichè le unità non sono riparabili. Il calcolo matematico è lo stesso per entrambi, cambia solo la nomenclatura.

Poichè l'unità in prova continua a funzionare con successo, l'affidabilità stimata è di 312 milioni di cicli e può essere ricalcolata e continuerà ad incrementare fino a quando si verifica un guasto. Questa stima rappresenta l'affidabilità intrinseca o ottimale del componente in un ambiente favorevole senza sollecitazioni estranee o influenza di fattori ambientali. E' anche importante ricordare che stiamo affermando l'affidabilità dell'intero sistema e non solo del singolo componente. Tutto è sotto test: la flessione, i dimensionamenti, i cablaggi, le giunzioni elettriche di saldatura, i terminali, gli adesivi e i rivestimenti. Ciò include ogni elemento del sistema che potrebbe causare un errore. La deformazione dell'alluminio è probabilmente il fattore con più bassa incidenza di guasto nel sistema. Se avessimo i dati, potremmo prevedere il tasso di guasto del sensore combinando i singoli valori di guasto. Il calcolo sarebbe simile a questa formula (usando 149 milioni di cicli come valore di errore presunto):

$$\lambda_{Sensor} = \lambda_{flexure} + \lambda_{gages} + \lambda_{wiring} + \lambda_{solder} + \lambda_{terms} + \lambda_{adhesive\ and\ curing} + \lambda_{coatings} = 1 - .9999999968$$

Questo è davvero un risultato eccezionale in termini di affidabilità e si paragona ad un processo di controllo che supera i 6-sigma nel sistema di misura Six-Sigma. Avremo sicuramente modo di continuare a fare test e a ricercare maggiori opportunità per misurare l'affidabilità dei prodotti. Nel frattempo, possiamo utilizzare la vita media (312 milioni di cicli) per esprimere l'affidabilità dei nostri prodotti fino a quando avremo ulteriori dati per perfezionare il calcolo.