

Come funziona un cella di carico

Che cos'è una cella di carico, quali sono i diversi tipi di sensori di forza e come funzionano nella misura?

Scopri in questa guida completa le funzionalità e le capacità di varie celle di carico, note anche come trasduttori di forza. Sensori di carico prodotti negli Stati Uniti da FUTEK Advanced Sensor Technology (FUTEK), un produttore leader di celle di carico che produce una vasta gamma di trasduttori di forza, utilizzando una delle tecnologie più avanzate nel settore dei sensori: la tecnologia degli estensimetri a metal foil.

Un sensore di forza è definito come un trasduttore che converte un carico meccanico in ingresso, peso, trazione, compressione o pressione in un segnale elettrico in uscita (definizione della cella di carico). I sensori di forza sono anche comunemente noti come trasduttori di forza.

Esistono diversi tipi di celle di carico in base a dimensioni, geometria e capacità.

Che cos'è una cella di carico, un sensore di forza o un trasduttore di forza?

Per definizione, la cella di carico è un tipo di trasduttore, in particolare un trasduttore di forza che converte una forza meccanica in ingresso come carico, peso (noti anche come sensori di peso), trazione-compressione o pressione (noti anche come sensori di pressione per la misura della pressione).

Cos'è un sensore di pressione?

I trasduttori di forza sono diventati un elemento essenziale in molti settori: automobilistico, produzione, impiantistica, aerospaziale e difesa, automazione industriale, medico farmaceutico e robotica, dove la misurazione affidabile del carico ad alta precisione è fondamentale (ad es. cella di carico medicale). Di recente, con i progressi nei robot collaborativi (Cobot) e nella robotica chirurgica, stanno emergendo nuove applicazioni di misura della forza, come i sensori medici in miniatura per la chirurgia robotica.

Cella di carico miniaturizzata in linea LCM100

Cella di carico ad anello LTH300



[VIDEO YOUTUBE](#)

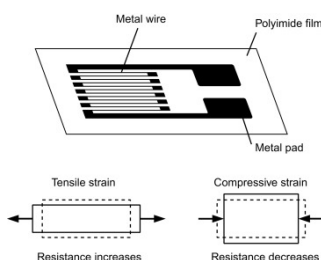


[VIDEO YOUTUBE](#)

Come funziona una cella di carico?

In primo luogo, dobbiamo comprendere la fisica e la scienza dei materiali alla base del principio di funzionamento della cella di carico e dell'estensimetro. L'estensimetro in metal foil è un materiale la cui resistenza elettrica varia con la forza applicata. In altre parole, converte (o trasduce) forza, pressione, trazione - compressione, coppia, peso, ecc., in una variazione di resistenza elettrica, che può essere quindi misurata. L'estensimetro metal foil è l'elemento costitutivo del principio di funzionamento del sensore di forza. La misurazione del peso tramite ponte estensimetrico è anche una delle applicazioni base per questa tecnologia.

Gli estensimetri sono conduttori elettrici a griglia saldamente fissati a una pellicola. Quando il supporto a film viene teso, il conduttore si allunga e si restringe. Quando viene compresso, si contrae e si accorcia. Questo cambiamento di forma fa sì che anche la resistenza del conduttore elettrico cambi. La deformazione applicata nella cella di carico può essere determinata in base a questo principio, poiché la resistenza dell'estensimetro aumenta oppure si riduce con la deformazione.

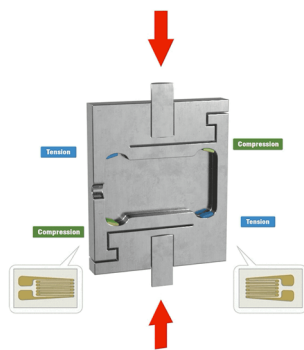


Strutturalmente, un sensore di forza (o trasduttore) è costituito da un corpo metallico (chiamato flexure) a cui sono collegati gli estensimetri a lamina. Il corpo del sensore è solitamente realizzato in alluminio o acciaio inossidabile, il che conferisce al sensore due importanti caratteristiche:

- robustezza per resistere a carichi elevati
- elasticità per deformarsi minimamente e tornare alla sua forma originale quando la forza viene rimossa

Quando viene applicata una forza (tensione-compressione), il corpo metallico funge da “molla” e si deforma in modo elastico (a meno che non sia sovraccaricato) e ritorna alla sua forma originale. Quando la flexure si deforma gli estensimetri cambiano la loro forma e di conseguenza la loro resistenza elettrica, che crea una variazione di tensione differenziale attraverso un circuito a ponte di Wheatstone.

Pertanto, la variazione di tensione elettrica è proporzionale alla forza fisica applicata alla flexure.

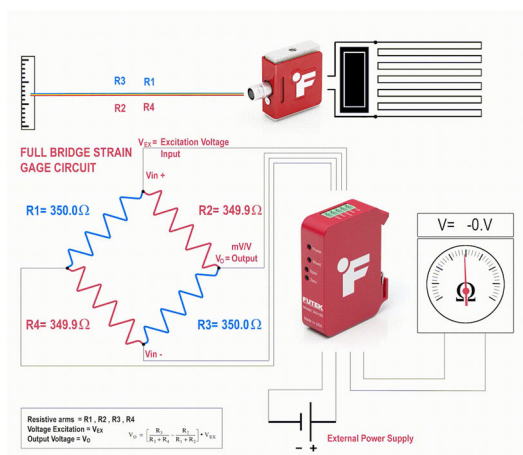


IN CHE MODO LE CELLE DI CARICO AIUTANO A FAR FUNZIONARE UN ROBOT UMANOIDE?

Questi estensimetri sono disposti in quello che viene chiamato un circuito a ponte di Wheatstone (vedi diagramma animato del circuito delle celle di carico). Ciò significa che quattro estensimetri sono interconnessi come un circuito ad anello e la griglia di misurazione della forza da misurare è allineata di conseguenza.

Il modulo amplificatore della cella di carico (o convertitore di segnale del sensore) genera una tensione di eccitazione regolata alla cella di carico e converte il segnale di uscita mV/V in un segnale più utile all'utente. Le funzioni dell'amplificatore estensimetrico includono la tensione di eccitazione, il filtraggio e l'attenuazione del rumore, l'amplificazione del segnale e la conversione dello stesso di uscita in V, mA, ADC, USB.

Inoltre, la variazione della tensione in uscita dell'amplificatore estensimetrico è calibrata per essere linearmente proporzionale alla forza newtoniana applicata alla deformazione.



Un concetto importante per quanto riguarda i trasduttori di forza è la sensibilità e l'accuratezza. La precisione del sensore di forza può essere definita come la più piccola quantità di forza che può essere applicata al corpo del sensore necessaria per provocare una variazione lineare e ripetibile all'uscita in tensione.

Maggiore è la precisione della cella di migliore è la sensibilità nella misura. In applicazioni come l'automazione, la robotica chirurgica, l'aerospaziale, la linearità delle celle di carico è fondamentale per programmare accuratamente con

il PLC o il sistema di controllo DAQ con la misura accurata della forza. Alcune delle nostre celle di carico pancake presentano una non linearità di $\pm 0,1\%$ e una non ripetibilità di $\pm 0,05\%$ FS.

CELLE DI CARICO A MAGAZZINO E A PRONTE PER LA SPEDIZIONE

Quali sono i vantaggi delle celle di carico basate sugli estensimetri?

I sensori a cella di carico con estensimetri metal foil a griglia (non a filo) sono la tecnologia più comune, la sua elevata precisione, affidabilità a lungo termine, varietà di forme e geometrie.

Inoltre, i sensori di misura della forza estensimetrici sono meno influenzati dalle variazioni di temperatura.

La massima precisione che si raggiunge può essere conforme a molti standard dalla robotica chirurgica all'aerospaziale. Costruzione robusta in acciaio inossidabile ad alta resistenza o alluminio mantiene elevate prestazioni per una lunga vita lavorativa anche nelle condizioni più rigorose. Alcuni progetti di celle di carico possono arrivare fino a miliardi di cicli (durata di vita).

Una pletera di geometrie e forme personalizzate, nonché opzioni di montaggio. per qualsiasi soluzione di pesata.

Una gamma completa con capacità che vanno da 10 grammi a 100.000 libbre.

Quali sono i modelli di celle di carico?

Sebbene esistano diverse tecnologie per misurare la forza, ci concentreremo sul tipo più comune, la cella di carico l'estensimetrica metal foil. All'interno dei sensori di forza, ci sono una varietà di forme e geometrie del corpo, ognuna adatta ad applicazioni distinte. La conoscenza della struttura interna della cella è la base per una selezione ottimale per l'applicazione.

Cella di carico assiale: più comunemente indicata come trasduttore di forza in linea o sensore di forza con filettatura. Questo trasduttore di forza può essere utilizzato sia in applicazioni di forza di compressione che di trazione (nota anche come cella di carico push-pull o giunto di forza). I sensori in linea offrono un'elevata precisione ed elevata rigidità con un minimo spazio di montaggio. Sono ottimi per la loro resistenza, per le applicazioni di misura della forza di compressione in moltissime applicazioni. Disponibile anche in versioni miniaturizzate come le micro celle di carico (noto anche come micro sensore di forza, cella di carico in miniatura, sensore di forza in miniatura o cella di carico di milligrammo).

Cella di carico a colonna: FUTEK fornisce un'ampia gamma di celle di carico di questa struttura (note anche come cella di carico a colonna) progettate per applicazioni a compressione e alta capacità come il test della forza di serraggio della morsa della macchina CNC. Questi modelli offrono una struttura robusta con una capacità che va da 2.000 a 30.000 libbre. FUTEK ha anche sviluppato una serie di modelli di celle di carico miniatura per applicazioni in cui le dimensioni sono un fattore critico.

Cella di carico a bottone: questi trasduttori di forza hanno un'unica superficie piana e bombata (nota anche come ogiva) su cui viene applicata la forza di compressione. La cosa impressionante delle celle di carico a bottone è il design delle stesse a basso profilo. Per quanto piccole le celle di carico, sono note per la loro robustezza e vengono utilizzate nelle applicazioni a fatica. Alcune applicazioni richiedono modalità miniaturizzate come il bottone di carico subminiaturizzato LLB130. La misura del carico sui cuscinetti volventi è un'applicazione in cui vengono utilizzati i bottoni di carico.

Cella di carico a "S": con altri nomi tra cui a "Z", S Type Load Cell o Shear Beam Load Cell, la S Beam Load Cell è una cella di carico a trazione e compressione con filettature femmina per il montaggio. Dotata di elevata precisione è una cella di carico a profilo sottile, compatto, questo tipo di sensore di forza è ottimo per l'elaborazione in linea e le applicazioni di feedback di controllo automatizzato. Le celle di carico a "S" possono essere utilizzate anche come sensori di flusso senza contatto in applicazioni di misura del flusso di fluidi.

Cella di carico a foro passante: conosciuta anche come cella di carico a ciambella o cella di carico a rondella, la cella di carico a foro passante ha tradizionalmente un diametro interno non filettato utilizzata per misurare i carichi di compressione che richiedono il passaggio di un'asta attraverso il suo centro. Uno degli usi principali di questo tipo di sensore è misurare il carico ai bulloni.

Celle di carico Pancake: le celle di carico Pancake o celle di carico universale hanno un foro filettato centrale per misurare i carichi in trazione e compressione. Questi trasduttori di forza sono utilizzati in applicazioni che richiedono un'elevata resistenza meccanica, un'elevata durata a fatica o misurazioni in linea ad alta capacità, come prove di carico

sui materiali, celle di carico per sistemi di pesatura di serbatoi o applicazioni di celle di carico per gru. Sono inoltre altamente resistenti ai carichi fuori asse e sono disponibili anche come cella di carico pancake a basso profilo.

Cella di carico a stelo: nota anche come cella di carico attuatore, questo tipo di trasduttore di carico offre una filettatura maschio e una filettatura femmina per il montaggio. La combinazione di filettatura maschio e femmina è particolarmente adatta nelle applicazioni in cui è necessario adattare un sensore di forza in un dispositivo esistente.

Cella di carico a flessione: Offre un design sottile che lo rende ideale per le applicazioni OEM. Utilizzate in compressione, le celle di carico a flessione possono essere utilizzate per misurare la forza, la pressione superficiale e lo spostamento per applicazioni OEM. Con le sue dimensioni miniaturizzate, la cella di carico a sbalzo è un'ottima scelta per ambienti ristretti.

Cella di carico a punto singolo: Cella di carico montata lateralmente con un design a punto singolo appositamente realizzata per applicazioni OEM che richiedono alta precisione o produzione di alto volume. Questi sensori di forza basati su estensimetri misurano la tensione e la compressione e sono noti anche come sensori compatti a parallelogramma o cella di carico a punto singolo. Le celle di carico a montaggio laterale come i sensori della serie LSM sono una soluzione consigliata per la misura di peso OEM e sono sensori utilizzati negli impianti di riempimento.

Sono disponibili anche altri design unici come le celle di carico a perno di carico e la cella di carico della cintura di sicurezza e altri.



[VIDEO YOUTUBE](#)



[VIDEO YOUTUBE](#)

COSA SERVE A UNA CELLA DI CARICO PER FUNZIONARE SU MARTE?

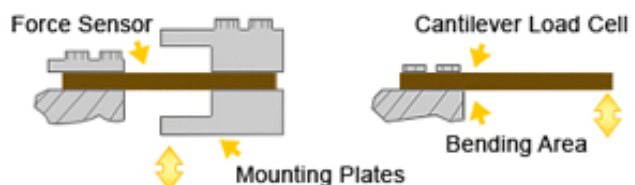
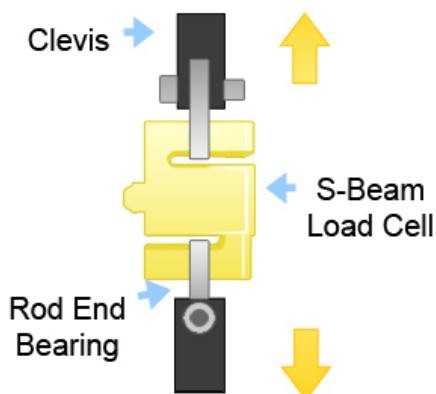
Come scegliere una cella di carico per la tua applicazione?

Comprendiamo che la scelta del trasduttore di carico giusto è un compito arduo, poiché non esiste un vero standard industriale su come selezionare le celle di carico. Ci sono anche alcune sfide che si incontrano, tra cui trovare l'amplificatore per estensimetri compatibile, il condizionatore di segnale per estensimetri o richiedere un prodotto personalizzato che aumenterebbe i tempi di consegna del prodotto.

Per aiutarti a selezionare il tuo sensore di forza, FUTEK ha sviluppato una guida in 5 fasi facile da seguire. Ecco un esempio per aiutarti a restringere le tue scelte. Per ulteriori informazioni consulta la nostra guida completa "Considerazioni importanti nella selezione di una cella di carico."

Passaggio 1: comprendere l'applicazione e la misura, I sensori di carico sono diversi dai sensori di pressione industriali (noti anche come trasduttori di pressione) o dai sensori di coppia.

Passaggio 2: definire le caratteristiche di montaggio del sensore e il suo assemblaggio. Un carico statico o dinamico? Definire il tipo di montaggio. Come assemblare questo sensore di forza?



Passaggio 3: definire i requisiti del campo di misura minimo e massimo. Assicurarsi di selezionare il campo rispetto al carico operativo massimo e determinare tutti i carichi estranei (carichi laterali o carichi decentrati) e i momenti prima di selezionare il campo di misura. In alcuni casi, sarà necessaria una cella di carico multi assiale come un sensore a 6 assi. Una delle tipiche applicazioni di celle di carico multi assiale nel settore aerospaziale è il banco prova per la spinta del motore a razzo necessario per caratterizzare le curve di spinta e l'Isp in condizioni di prova statica.

Passaggio 4: definire i requisiti di dimensioni e geometria (larghezza, peso, altezza, lunghezza, ecc.) e requisiti di prestazioni meccaniche (uscita, non linearità, isteresi, deformazione, resistenza del ponte, risoluzione, risposta in frequenza, ecc.) Altre caratteristiche da considerare includono la permeabilità del sensore (cella di carico sommergibile), criogenica, ad alta temperatura, ponti multipli o ridondanti e TEDS IEEE1451.4.

Passaggio 5: definire il tipo di uscita richiesto dall'applicazione. L'uscita del circuito dei trasduttori di forza è in mV/V (millivolt per volt). Quindi, se il PLC, il DAQ richiede un segnale analogico (es. cella di carico da 4-20 mA), uscita digitale o comunicazione seriale (es. uscita celle di carico digitali o cella di carico USB), avrai sicuramente bisogno di un amplificatore. Alcune applicazioni richiedono un indicatore digitale della cella di carico o un display portatile per la lettura locale della cella di carico. Assicurati di selezionare l'amplificatore giusto e calibrato per l'intero sistema di misura (trasduttore di carico + condizionatore di segnale). Questa soluzione chiavi in mano si traduce in una maggiore compatibilità e precisione dell'intero sistema di misurazione della forza.

Se combinate con un sensore potenziometrico o un LVDT le celle di carico sono il fulcro della moderna automazione di fabbrica.

FUTEK dispone di modelli speciali di moduli di condizionamento di segnale universale che supporta un'ampia gamma di ingressi sensore come di tipo a impulsi encoder ± 10 VDC, 0-20 mA, ± 400 mV/V e TTL. Il modulo condizionatore di segnale universale USB USB520 può essere abbinato a vari tipi di sensori ed elimina la necessità di alimentazione esterna al sensore e all'apparecchiatura di visualizzazione. Il modulo è alimentato dal PC tramite un cavo USB, fornendo una tensione di eccitazione 5-24 VDC al sensore e contemporaneamente 5 VDC per gli Encoder.

Per maggiori dettagli sulla nostra guida in 5 fasi, visita "Come scegliere una cella di carico" linee guida complete.