



Ministero delle Imprese e del Made in Italy

Ricevuta di presentazione

per

Brevetto per modello di utilità



Domanda numero: 202025000005971

Data di presentazione: 18/12/2025

Proposta di brevetto per Modello di Utilità

Sistema portatile a batteria con disco rotante multi-laser per reverse-engineering di camme elettroniche (M-LACAM)

La presente domanda riguarda un sistema portatile alimentato a batteria per la profilatura e l'analisi funzionale di camme elettroniche mediante acquisizione ottica a ricezione diretta su superficie assorbente. L'invenzione comprende un disco emettitore rotante equipaggiato con una pluralità di sorgenti laser solidali al moto dell'albero da analizzare e un elemento ricevitore con superficie assorbente su cui sono disposti uno o più sensori fotosensibili.

L'allineamento coassiale tra ciascun laser e il relativo sensore elimina la necessità di specchi o angoli di riflessione, riducendo interferenze, riflessi e rumore ambientale. Grazie all'assenza di vincoli geometrici di riflessione e all'impiego di una superficie ricevente assorbente, l'elemento ricevitore può essere posizionato a distanze variabili rispetto al disco emettitore, in funzione delle esigenze operative e delle condizioni contingenti dell'ambiente industriale, senza compromettere il corretto funzionamento del sistema. Il disco ricevitore è privo di pattern, marcature o codifiche incrementali o assolute.

Almeno due canali laser-sensore operano in parallelo, consentendo acquisizione ridondata, maggiore risoluzione e affidabilità anche in presenza di polvere o disturbi industriali. Il sistema è idoneo al reverse-engineering del profilo di moto di camme, con struttura semplificata, montaggio rapido e utilizzo in ambito mobile.

DESCRIZIONE DELL'INVENZIONE

Titolo

Multi-Laser CAM profiling (M-LACAM)

Sistema portatile a batteria con disco rotante multi-laser per reverse-engineering di camme elettroniche

Settore tecnico

L'invenzione appartiene al campo della metrologia industriale, dell'automazione, e dei sistemi di rilevazione ottica del movimento.

Trova applicazione nella profilatura di camme elettroniche, nell'analisi della legge di moto di alberi rotanti e nei processi di reverse-engineering in ambito meccanico, mecatronico ed elettromeccanico.

Stato dell'arte

Sistemi di misura per camme e profili rotanti esistenti sfruttano principalmente:

- sensori ottici statici che richiedono superfici riflettenti, un allineamento ottico preciso e una geometria di incidenza fissa;
- encoder ad alta risoluzione, che necessitano di connessione meccanica rigida con l'albero e non sono sempre applicabili su macchine complesse;
- sistemi laser con specchi o inclinazioni di riflessione, sensibili a vibrazioni, polvere industriale e variazioni ambientali;
- strumenti non portatili, generalmente alimentati da sistemi esterni, montati su banco ottico e richiedenti calibrazioni accurate, non adatti a interventi rapidi in ambito industriale.

Questi sistemi sono spesso difficili da utilizzare in operazioni di revamping, diagnostica su impianti esistenti o reverse-engineering di parti prive di marcature ottiche, in quanto richiedono una configurazione geometrica rigida e non tollerano variazioni ambientali.

Problema tecnico da risolvere

La necessità riscontrata nel settore riguarda la possibilità di:

- acquisire rapidamente la legge di moto di una camma nel modo più semplice possibile sfruttando fasci laser come mezzo di misura;
- eliminare la necessità di superfici riflettenti, specchi di allineamento o geometrie ottiche predeterminate, tipiche dei sistemi ottici convenzionali;
- consentire il posizionamento degli elementi di misura a distanza variabile tra la sorgente di emissione e l'elemento ricevente, senza richiedere allineamenti

critici o configurazioni geometriche rigide, così da adattarsi agevolmente a diversi contesti industriali, ingombri meccanici o condizioni di montaggio;

- ottenere ridondanza, precisione e affidabilità anche in presenza di polvere, vibrazioni o condizioni ambientali non controllate;
- rendere possibile l'acquisizione simultanea e isocrona del moto di due o più assi meccanici, in particolare in configurazioni master-slave, senza richiedere encoder meccanicamente accoppiati o sincronizzazioni complesse, al fine di consentire l'analisi comparata dei movimenti e la ricostruzione accurata delle leggi di moto e delle traiettorie relative;
- permettere la centralizzazione dell'acquisizione dati proveniente da più sistemi di misura associati ad assi differenti, in modo da rendere praticabili operazioni di diagnostica, revamping e retrofitting di macchinari esistenti, non predisposti per sistemi di misura digitali moderni;
- disporre di uno strumento portatile e autonomo, utilizzabile su qualunque macchina o impianto senza necessità di modifiche meccaniche strutturali o predisposizioni specifiche.

Soluzione proposta

L'invenzione introduce un sistema composto da:

- 1) disco emettitore rotante dotato di N sorgenti laser montate radialmente o distribuite sul perimetro, alimentate a batteria e rigidamente solidali all'albero della camma.
- 2) unità ricevente con superficie assorbente priva di riflessione ottica, su cui sono installati uno o più elementi fotosensibili orientati coassialmente ai singoli fasci laser.
- 3) allineamento ottico coassiale ovvero ogni laser è perfettamente allineato agli elementi fotosensibili corrispondenti senza la necessità di nessun prisma, nessun angolo, nessun mirror setup.

Quando il fascio è interrotto, deviato o modulato dal profilo dell'albero in rotazione, il sensore riceve variazioni di intensità convertite in segnale elettrico.

I dati multi-canale vengono elaborati da un'elettronica di acquisizione che ricostruisce la legge di moto o la forma della camma con risoluzione dipendente da N e dalla velocità di campionamento.

Vantaggi tecnici e industriali

<i>Aspetto innovativo</i>	<i>Vantaggio ottenuto</i>
Assenza di superfici riflettenti ma solo assorbenti	Eliminazione interferenze e riflessi Immunità a polvere e bagliore industriale
Coassialità laser-elemento fotosensibile	Nessun allineamento complesso, robustezza meccanica

Distanza variabile dal profilo di camma tra emettitore e ricevitore	Nessuna triangolazione o geometrie ottiche rigide da rispettare
Multi-laser simultanei	Ridondanza, maggiore risoluzione e affidabilità
Alimentazione a batteria	Sistema portatile, utilizzabile su macchine esistenti
Applicazione diretta su camme reali	Ideale per reverse-engineering e revamping

Rispetto allo stato dell'arte, l'invenzione permette misure anche su superfici non trattate, non lucide, sporche o in movimento senza contatto fisico.

Possibili varianti costruttive

- Numero laser variabile da 2 a N in funzione della risoluzione richiesta.
- Geometrie alternative: disco, tamburo, corona circolare o supporto lineare.
- Ricevitore in configurazione piana, curvata o cilindrica.
- Sensori fotosensibili diversi come fotodiodi, fototransistor, SPAD, CMOS lineari o matrici.
- Elaborazione real-time via microcontrollore, PLC o FPGA.
- Comunicazione dati via WiFi/Bluetooth per telemetria continua.

La struttura modulare permette l'impiego su qualsiasi macchina senza modifica meccanica permanente.

Descrizione disegni

Breve descrizione dei disegni

Nella figura 1 è rappresentata una vista d'insieme di un esempio realizzativo del sistema secondo l'invenzione, comprendente un elemento emettitore e un elemento ricevitore disposti in configurazione sostanzialmente coassiale e posizionabili a distanza variabile tra loro.

Nella figura 2 è illustrato un dettaglio dell'elemento emettitore, nel quale sono visibili una pluralità di aperture o sedi attraverso le quali sono emessi i fasci di luce generati dalle sorgenti laser.

Nella figura 3 è illustrato un dettaglio dell'elemento ricevitore, comprendente una superficie assorbente e una pluralità di aperture o sedi in corrispondenza delle quali sono disposti i rispettivi sensori fotosensibili.

Descrizione dettagliata

Con riferimento alla figura 4, è rappresentata una vista esplosa di un esempio realizzativo del sistema secondo l'invenzione.

L'elemento emettitore (3) è configurato per essere reso solidale all'asse rotante della camma o dell'albero da analizzare (1), mediante mezzi di fissaggio quali, a titolo esemplificativo e non limitativo, vite, innesto meccanico, accoppiamento magnetico tramite magneti al neodimio o sistemi equivalenti.

L'elemento emettitore comprende una pluralità di sorgenti laser (4), alimentate in modo autonomo tramite batteria ricaricabile, power-bank o altro sistema di alimentazione locale (5), ricaricabile attraverso una porta di connessione (6).

Le sorgenti laser sono alloggiati all'interno dell'elemento emettitore ed emettono i rispettivi fasci luminosi attraverso opportune aperture (15) ricavate sul disco emettitore, le quali sono configurate per consentire l'uscita controllata dei fasci laser verso l'elemento ricevitore.

Un sensore di prossimità o di allineamento, ad esempio un sensore a infrarossi (IR), e almeno un accelerometro (7) sono integrati nell'elemento emettitore e/o nell'elemento ricevitore e sono configurati per rilevare la complanarità, il corretto posizionamento reciproco tra il disco emettitore e il disco ricevitore, nonché la rotazione dell'elemento emettitore, al fine di abilitare l'accensione delle sorgenti laser esclusivamente in presenza di condizioni di allineamento valide, riducendo il rischio di emissioni non controllate.

L'elemento ricevitore comprende un disco (8) con superficie otticamente assorbente, realizzata mediante materiali o trattamenti ad alta capacità di assorbimento ottico, quali, a titolo esemplificativo, vernici opache, materiali a base di carbon black, nanotubi di carbonio o rivestimenti optically-black, atti a eliminare riflessioni indesiderate e segnali parassiti.

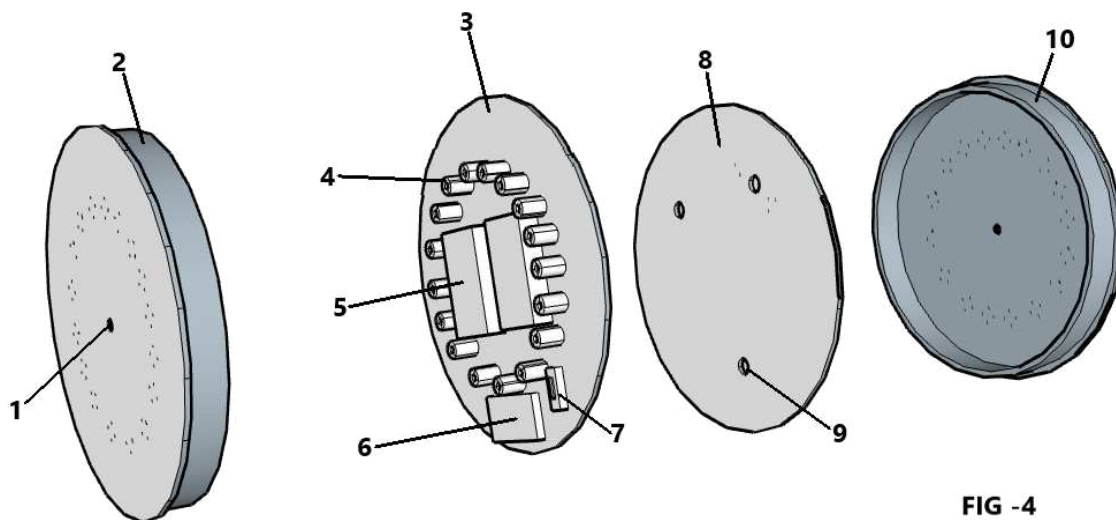
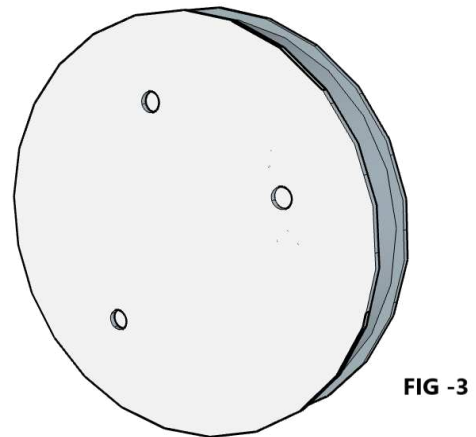
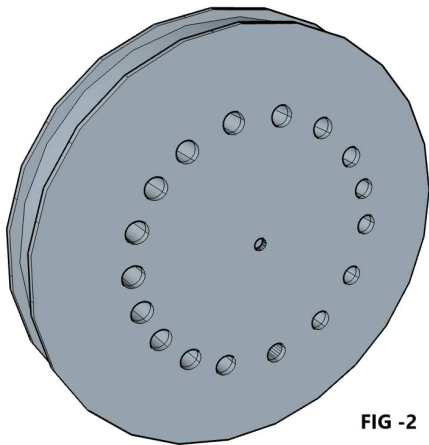
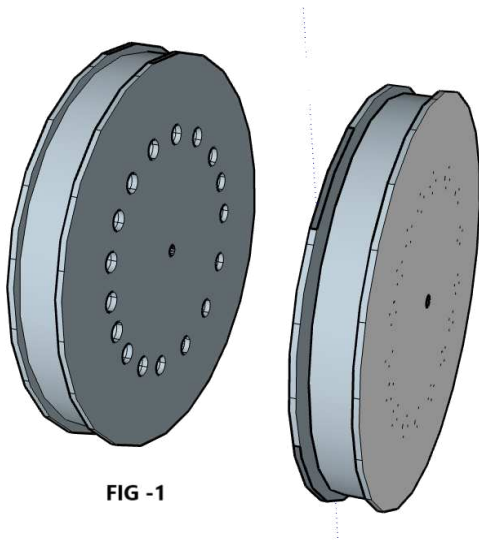
Sul disco ricevitore sono ricavate una pluralità di aperture o sedi (9) che consentono agli elementi fotosensibili (11), quali fotodiodi, fototransistor o sensori equivalenti, di rilevare i singoli fasci laser emessi dall'elemento emettitore, quando il sensore di prossimità lato ricevitore (14) risulta correttamente allineato con il corrispondente sensore lato emettitore (7).

I segnali acquisiti dai sensori sono inviati a un sistema centralizzato di acquisizione dati (12), configurato per effettuare l'acquisizione isocrona dei segnali relativi al moto di due o più assi, consentendo la ricostruzione accurata delle traiettorie master-slave e la conseguente generazione di curve di interpolazione, quali curve di Bézier o altre curve impiegate per la progettazione e il reverse-engineering di camme elettroniche.

I dati elaborati dal sistema centralizzato possono essere trasferiti verso sistemi esterni mediante connessioni wireless, quali Wi-Fi o Bluetooth, oppure tramite una porta di comunicazione fisica (13).

L'elemento emettitore e l'elemento ricevitore sono alloggiati rispettivamente in involucri protettivi (2, 10), atti a garantire il funzionamento del sistema in ambienti industriali, anche in presenza di polvere, vibrazioni o condizioni operative gravose.

ALLEGATO DISEGNI Multi-Laser CAM profiling (M-LACAM)



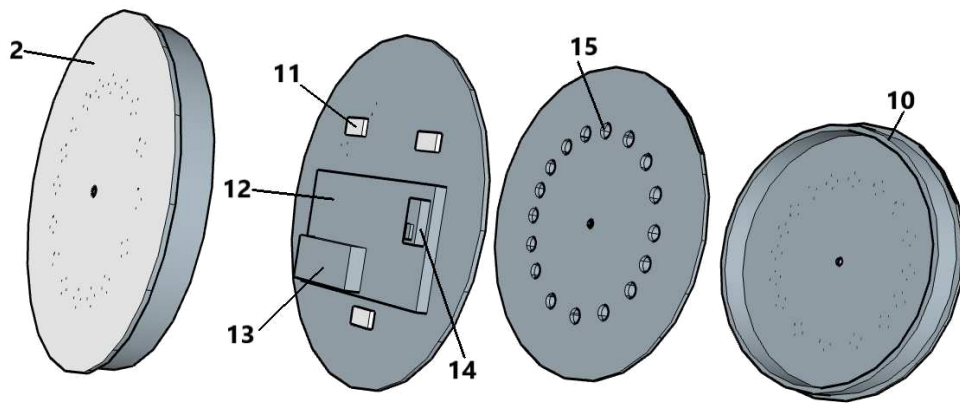


FIG -5

RIVENDICAZIONI

Multi-Laser CAM profiling (M-LACAM)

Rivendicazione indipendente (principale)

1. Dispositivo di rilevazione del movimento di un asse rotante mediante fascio laser, caratterizzato dal fatto che il sistema comprende un disco emettitore solidale all'asse rotante, sul quale sono montate una o più sorgenti laser alimentate autonomamente (ad esempio a batteria), ed un disco ricevente separato, svincolato meccanicamente dal disco emettitore, costituito da una superficie otticamente assorbente priva di pattern, marcature o codifiche incrementali/assolute, sul quale sono montati uno o più sensori fotosensibili (ad esempio fotodiodi). Sul disco emettitore sono presenti N sorgenti laser con allineamento coassiale a sensore fotosensibile su disco ricevente privo di superfici riflettenti. La misura della posizione dell'asse rotante è determinata esclusivamente dall'interazione tra il fascio emesso dal disco emettitore e i sensori fotosensibili montati sul disco ricevente, in assenza di riferimenti ottici graduati, codifiche angolari o superfici riflettenti, con eventuale elaborazione multi-canale per ricostruire la legge di moto dell'asse. Almeno due coppie laser-sensore operano simultaneamente per la stessa misura, consentendo acquisizione ridondata.

Rivendicazioni dipendenti

2. Dispositivo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che ogni sorgente laser è allineata coassialmente al rispettivo fotodiodo o sensore equivalente, ottenendo una ricezione diretta del fascio senza necessità di specchi, prismi o ottiche deflettrici.

3. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che l'elemento ricevitore costituito da un disco assorbente può essere posizionato ad una distanza variabile dal disco emettitore, senza necessità di mantenere allineamenti critici, geometrie ottiche predeterminate o calibrazioni ottiche preventive, rendendo il sistema adattabile a diversi contesti industriali o condizioni di montaggio.

4. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che la superficie del disco ricevitore è realizzata con materiali o trattamenti ad alta capacità di assorbimento ottico, atti a eliminare riflessioni indesiderate verso i sensori tipo vernici opache, materiali carbon black, nanotubi di carbonio o rivestimenti optically-black.

5. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che il disco emettitore integra N sorgenti laser, preferibilmente in numero maggiore o uguale a 2, che operano simultaneamente per la medesima misura, fornendo ridondanza e incremento della densità spaziale di campionamento.

6. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che il disco emettitore è solidale all'asse rotante della camma o dell'albero da analizzare, fissato mediante vite, innesto meccanico o magnete al neodimio.

7. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che il gruppo laser emettitore è autonomamente alimentato tramite batteria ricaricabile, power-bank o altro sistema di alimentazione locale, senza collegamento fisso alla macchina su cui è installato.

8. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che la struttura coassiale dei fasci laser e l'assenza di vincoli ottici di riflessione permettono l'impiego simultaneo di più dischi ricevitore, ciascuno accoppiato a un rispettivo disco emettitore solidale ad assi differenti, tali ricevitori essendo connessi ad un unico sistema centralizzato di acquisizione dati configurato per effettuare l'acquisizione isocrona dei segnali relativi al moto di due o più assi, consentendo la ricostruzione accurata delle traiettorie master-slave e la conseguente generazione di curve di interpolazione, quali curve di Bézier o altre curve impiegate per la progettazione e il reverse-engineering di camme elettroniche.

9. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che comprende un sensore di prossimità o di allineamento, ad esempio un sensore a infrarossi (IR), e almeno un accelerometro, configurati per rilevare la complanarità, il corretto posizionamento reciproco tra il disco emettitore e il disco ricevitore e la rotazione del disco emettitore, al fine di abilitare l'accensione delle sorgenti laser esclusivamente in presenza di condizioni di allineamento valide, prevenendo l'emissione dei fasci laser verso l'ambiente esterno e riducendo il rischio di esposizione accidentale degli occhi dell'operatore durante le fasi di montaggio, regolazione o utilizzo in ambienti industriali.

10. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che il disco ricevitore è privo di pattern, marcature o codifiche incrementali/assolute.