



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102009901719006
Data Deposito	31/03/2009
Data Pubblicazione	01/10/2010

Classifiche IPC

Titolo

**GRUPPO WIRELESS DI MISURA E TRASMISSIONE PER SOLLECITAZIONI DINAMICHE,
CARRELLO FERROVIARIO COMPRENDENTE TALE GRUPPO E RELATIVO METODO DI
CONTROLLO**

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

"GRUPPO WIRELESS DI MISURA E TRASMISSIONE PER SOLLECITAZIONI DINAMICHE, CARRELLO FERROVIARIO COMPRENDENTE TALE GRUPPO E RELATIVO METODO DI CONTROLLO"

di POLITECNICO DI TORINO

di nazionalità italiana

con sede: CORSO DUCA DEGLI ABRUZZI 24

TORINO (TO)

Inventori: DE PASQUALE Giorgio, SOMA' Aurelio

* * *

La presente invenzione è relativa a un gruppo wireless di misura e trasmissione per rilevare e inviare dati sulla sollecitazione dinamica di un dispositivo meccanico, come ad esempio un carrello ferroviario, a un carrello ferroviario comprendente tale gruppo. La presente invenzione è inoltre relativa a un metodo di controllo per tale gruppo wireless.

La misura delle sollecitazioni su un carrello ferroviario è essenziale per monitorare lo stato di usura del materiale rotabile ed eseguire operazioni di manutenzione solo quando è necessario. Infatti, le operazioni di manutenzione sono costose e richiedono tempi di sosta che riducono i profitti legati all'uso del materiale rotabile. Tuttavia, le operazioni di manutenzione

sono di estrema importanza per evitare rotture o danni durante l'esercizio del convoglio ferroviario. Risulta pertanto molto importante applicare metodi diagnostici affidabili per stabilire le condizioni del materiale rotabile e programmare le operazioni di manutenzione in modo efficiente e tale da ridurre i costi di gestione del materiale rotabile stesso.

In particolare, le carrozze di un convoglio passeggeri sono elettrificate ed è quindi eventualmente possibile strumentare il carrello con sensori e trasmettitori alimentati dalla corrente di linea. Al contrario, le carrozze di un convoglio merci non sono collegate all'alimentazione elettrica e la strumentazione di bordo per la diagnostica richiede di installare cablaggi di alimentazione e trasmissione dati a partire dalla motrice e lungo tutto il convoglio. Tale sistema diagnostico è chiaramente costoso e richiede anch'esso una manutenzione complessa poiché, in caso di malfunzionamento e in particolare di una interruzione del contatto elettrico, occorre eseguire dei test sui cablaggi lungo l'intero convoglio.

Inoltre, i convogli ferroviari, e in particolare i convogli merci, sono soggetti a normative severe che restringono le possibilità di modifica delle carrozze. In particolare, aggiungere una strumentazione di misura sul

carrello non viene normalmente consentito senza una riomologazione che richiede costi elevati di esecuzione e di fermo-macchina.

Lo scopo della presente invenzione è di realizzare un gruppo di misura e trasmissione di sollecitazioni dinamiche per limitare gli inconvenienti sopra specificati.

Lo scopo della presente invenzione è realizzato tramite un gruppo di misura miniaturizzato e trasmissione secondo la rivendicazione 1. In particolare, viene realizzato un microsistema wireless ad alimentazione autonoma mediante il recupero dell'energia dalle vibrazioni per il monitoraggio di carrelli ferroviari e relativi componenti.

Per una migliore comprensione della presente invenzione, essa verrà ulteriormente descritta con riferimento alle figure allegate, in particolare:

la Figura 1 è una vista prospettica di un esploso del gruppo di trasmissione e misura secondo la presente invenzione che ad esempio può essere installato all'interno di una vite di collegamento;

la Figura 2 è una vista prospettica di un componente del gruppo di figura 1; e

la Figura 3 è una vista prospettica di un carrello ferroviario su cui può essere montato il gruppo di figura 1.

In figura 1 è indicato con 1, nel suo insieme, un

gruppo per rilevare e trasmettere dati sulla sollecitazione dinamica applicata ad un carrello ferroviario, particolarmente di una carrozza per il trasporto di merci.

Il gruppo 1 comprende un processore di elaborazione una batteria ricaricabile 2, ad esempio una batteria ricaricabile normalmente reperibile in commercio, un sensore MEMS inerziale 3, un sensore di una seconda grandezza fisica, come ad esempio di temperatura 4, almeno un convertitore meccanico-elettrico di energia [scavenger] MEMS 5 e un trasmettitore 6 provvisto di antenna. Il gruppo 1 comprende inoltre tre componenti elettronici quali:

un primo dispositivo raddrizzatore per convertire la corrente alternata generata dal convertitore di energia MEMS 5;

un secondo dispositivo che stabilizza la tensione di uscita dal convertitore 5 ad un valore nominale costante. Questo è collegato al sensore MEMS inerziale 3 e definisce il livello di tensione costante rispetto al quale sono rilevate le variazioni di tensione dovute alle vibrazioni;

e

un terzo dispositivo microchip per elaborare i segnali analogici misurati dai sensori. Preferibilmente, l'elaborazione avviene a livelli di soglie discrete da trasmettere.

Secondo la presente invenzione, il sensore inerziale 3

è di tipo capacitivo ed è miniaturizzato tramite l'impiego di tecnologie MEMS come le tecniche di microfabbricazione del silicio comprendenti una fase di fotolitografia e derivanti dalle lavorazioni sui circuiti integrati (bulk micromachining, surface micromachining, ecc.). Vantaggiosamente, il sensore inerziale 3 è costituito da una pluralità di dispositivi monoassiali (un esempio è illustrato in figura 2), disposti lungo assi ortogonali in modo da poter rilevare le vibrazioni almeno lungo due assi, preferibilmente ortogonali fra loro e contenuti in un piano perpendicolare alle rotaie e cioè lungo l'asse Z (direzione verticale) e lungo l'asse Y direzione laterale. Il dispositivo di elaborazione del segnale consentirà di elaborare i segnali del sensore inerziale 3 fornendo così in uscita un valore RMS delle vibrazioni da trasmettere mediante il dispositivo 6.

Il convertitore di energia MEMS 5 è un dispositivo miniaturizzato configurato per convertire l'energia cinetica in energia elettrica e, in particolare, per caricare la batteria 2. Secondo una forma preferita di realizzazione, il convertitore di energia MEMS 5 è anch'esso monoassiale e presenta la medesima struttura del sensore inerziale 3, cioè comprende uno o più dispositivi monoassiali ciascuno dei quali presenta la medesima vista in pianta di quello/quelli impiegati per realizzare il

sensores inerziales 3. In particolare, la figura 2 rappresenta la struttura di un dispositivo monoassiale adibita alla funzione di generazione di energia (microscavenging) e di rilevazione (microaccelerometro); la differenza tra le due funzioni e' prodotta unicamente dalle modalita' di alimentazione e connessione nel circuito elettrico.

I convertitori di energia MEMS 5 possono essere a loro volta montati lungo assi perpendicolari fra loro e preferibilmente identici o paralleli agli assi Z e Y dei dispositivi compresi nel sensore inerziale 3.

Vantaggiosamente, la batteria 2, il sensore inerziale MEMS 3, il sensore di temperatura 4 e i convertitori di energia MEMS 5 e il trasmettitore 6 sono collegati elettricamente fra loro e sono montati su un supporto 7 (in figura 1 sono illustrate le due facce opposte del supporto 7) annegato all'interno di una vite 8 del gruppo 1. In particolare, la vite 8 definisce un foro preferibilmente concentrico a un gambo 9 filettato della vite 8. I componenti MEMS sopra citati montati sul supporto 7 sono ricoperti da un involucro (non illustrato) e il supporto 7, una volta che sono stati fissati tutti gli altri componenti, viene montato nel foro della vite e fissato tramite una resina polimerica che, dopo essere indurita, trasmette le vibrazioni meccaniche dalla vite 8 al sensore

inerziale MEMS 3 e può svolgere l'azione di filtro per vibrazioni di alta frequenza. Ad esempio la resina può essere a matrice epossidica. Preferibilmente, la vite 8 è la vite di una boccola che supporta radialmente l'assile del carrello della carrozza trasporto merci e il sensore di temperatura 4 è disposto in prossimità di una porzione di fondo 10 del gambo 8 per essere il più vicino possibile al cuscinetto della boccola e rilevarne la temperatura. Secondo una forma di realizzazione particolarmente preferita, il foro della vite 8 può essere ad esempio passante e il sensore di temperatura 4 è a contatto con la boccola del cuscinetto dell'assile.

Il gruppo 1 fa parte di un sistema di monitoraggio comprendente una centralina di controllo locale montata sulla carrozza e una centralina principale montata sulla motrice e provvista di dispositivi di allarme e/o visualizzazione per segnalare anomalie al macchinista. Ciascuna centralina di controllo locale può essere dotata di un proprio convertitore elettro-meccanico di energia più potente di quello del gruppo 1. Preferibilmente, il gruppo 1 e la rispettiva centralina di controllo locale, e le centraline di controllo locali e la centralina di controllo principale comunicano tramite protocolli wireless, vantaggiosamente a basso consumo di energia e a corto raggio, come il protocollo IEEE 802.15.4 oppure ad esempio

protocollo denominato 'ZigBee' (marchio registrato) sviluppato da ZigBee Alliance.

In figura 2 è illustrato un sensore inerziale MEMS 3 / un convertitore di energia MEMS 5 utilizzabile in un gruppo secondo la presente invenzione. Il sensore inerziale MEMS 3 comprende una massa sismica 11 sospesa su un substrato 12 tramite molle a lamina 13. Preferibilmente, la massa sismica 11 e molle a lamina 13 definiscono un unico corpo di un materiale semiconduttivo, come silicio. Le molle a lamina 13 sono notevolmente più flessibili lungo una direzione A, illustrata in figura con la freccia, e sono configurate in modo che la massa sismica 11 possa vibrare lungo la direzione A. Preferibilmente le molle a lamina 13 sono rettilinee e sono parallele fra loro e sono ortogonali alla direzione A.

Vantaggiosamente, il sensore inerziale MEMS 3 / convertitore di energia MEMS 5 è capacitivo. La capacità è definita tramite una pluralità di risalti 14 fissi rispetto alla massa sismica 11 e trasversali rispetto alla direzione A. Secondo una forma di realizzazione preferita, i risalti 14 sono rettilinei e ortogonali alla direzione A. I risalti 14 sono interposti fra corrispondenti risalti digitali 15 fissi rispetto al substrato 12. Preferibilmente, i risalti 14 e i risalti digitali 15 presentano la medesima forma, in particolare rettilinea, e la medesima lunghezza. Tramite

delle piazzole 16, una differenza di potenziale viene applicata ai risalti 14 e i risalti digitali 15 in modo che sia definita una capacità C variabile in funzione della posizione relativa fra i risalti 14 e i risalti digitali 15.

Il sensore 3 / convertitore 5 è monoassiale, cioè la massa sismica 11 vibra sostanzialmente solo lungo la direzione A. Per rilevare le vibrazioni lungo gli assi Y e Z precedentemente citati, è possibile prevedere almeno una coppia di dispositivi come quelli illustrati in figura 2 e descritti in precedenza, in cui le direzioni A siano perpendicolari fra loro e rispettivamente parallele agli assi Y e Z come definiti in precedenza.

In uso, la condizione di funzionamento che consente di estrarre la maggior parte dell'energia dalle vibrazioni e la risonanza della massa sismica 11. Tuttavia, le vibrazioni che sollecitano il carrello presentano un ampio spettro di frequenze. Il gruppo 1 viene pertanto realizzato in modo da consentire l'estrazione dell'energia in un modo efficace e prevede più di una frequenza di risonanza per i convertitori 5. In una forma di realizzazione, i convertitori 5 presentano uno schema costruttivo qualitativamente uguale fra loro e uguale a quello dei sensori 3, e.g. numero di risalti 14, 15, forma della massa sismica 11 etc. Differiscono tuttavia in modo

quantitativo per lo spessore delle molle a lamina 13 e/o per la massa delle massa sismica 11. In questo modo, le caratteristiche dinamiche di ciascun sensore sono diverse da quelle degli altri, e in particolare è diversa la frequenza di risonanza. Secondo un'ulteriore forma di realizzazione, è possibile applicare tramite la batteria 2 una tensione iniziale al convertitore 5. Tale tensione iniziale comporta un precarico elastico sulle molle a lamina 13 che cambia la frequenza di risonanza del convertitore. In particolare, la frequenza di risonanza minore corrisponde alla condizione nella quale non viene applicata alcuna tensione iniziale. In quest'ultimo caso, un unico convertitore può avere più di una frequenza di risonanza e la gestione della tensione iniziale viene controllata tramite un processore montato a bordo del supporto 7.

In uso, il carrello viene sottoposto a sollecitazioni dinamiche di varia natura ad esempio durante le curve e/o l'eterogeneità della rigidità della massicciata e/o per gli effetti di usura delle rotaie e per la dinamica del veicolo dovuto al contatto ruota-rotaia. Le vibrazioni meccaniche sono trasformate in energia elettrica per caricare la batteria 2 tramite i convertitori di energia MEMS 5.

La batteria 2 alimenta sia il sensore inerziale 2 che

il sensore di temperatura 4. La batteria 2 alimenta inoltre il trasmettitore 6 che invia i dati alla centralina di controllo montata sulla carrozza e/o su quella presente in motrice.

Secondo un metodo preferenziale di funzionamento del gruppo 1, i sensori 3, 4 rilevano valori rispettivamente del livello RMS di vibrazioni e di temperatura solamente quando la batteria 2 è carica e quando è necessario. Ad esempio, è possibile che il gruppo 1 comprenda un interruttore elettrico che chiude il circuito automaticamente quando la batteria 2 raggiunge una determinata carica in termini di tensione di uscita. Alternativamente, è possibile che il gruppo 1 sia programmato per avere un secondo canale di trasmissione che attivi la trasmissione dei dati rilevati dai sensori 3, 4 solo a richiesta. Inoltre, il segnale di temperatura e/o il livello RMS di vibrazione sono trasmessi solamente se il loro valore supera una soglia predeterminata considerata critica e pertanto da segnalare.

I vantaggi che il gruppo 1 secondo la presente invenzione consente di ottenere sono i seguenti.

Il monitoraggio di un convoglio merci può essere eseguito in modo affidabile e preciso con un consumo energetico nullo poiché tutta l'energia richiesta dai sensori 3, 4 viene fornita dai convertitori di energia MEMS

5 In questo modo non è necessario richiedere la riomologazione della carrozza.

Il sensore MEMS 3 e i convertitori di energia MEMS 5 presentino la medesima struttura, cioè la medesima vista in pianta, semplifica il processo di definizione della maschera per il processo fotolitografico. Infatti, una volta stabilito le caratteristiche del modulo strutturale, è possibile impiegare ripetutamente il modulo identificato sia per il/i sensori 3 che per il/i convertitori 5 dipendentemente dalle sollecitazioni dinamiche che si intendono misurare e dall'energia necessaria al gruppo 1 per misurare e trasmettere. In questo modo la maschera per il processo fotolitografico richiederà solamente più la fase del disegno delle piazzole e delle piste [tracks] di connessione elettrica.

Quando il gruppo 1 è montato in una vite non sono necessarie applicazioni della strumentazione sul carrello e il gruppo può essere interamente realizzato e testato in modo remoto rispetto all'officina dove viene svolta la manutenzione del carrello. Inoltre, il montaggio non richiede manodopera specializzata nell'applicazione di strumentazione di misurazione dinamica.

Rilevare il livello RMS delle vibrazioni e non il valore della grandezza in continuo consente di ridurre l'energia di funzionamento del gruppo 1.

Risulta infine chiaro che al gruppo 1 qui descritto e illustrato possono essere apportate modifiche o varianti senza per questo uscire dall'ambito di tutela come specificato dalle rivendicazioni allegate.

Ad esempio, con riferimento alla figura 3, il gruppo 1 può essere impiegato, quando presenta la vite 8, per fissare i cuscinetti 19 di una assile 20. Inoltre, il gruppo 1 può essere un organo di un sistema frenante 21, ad esempio il supporto 7 può essere montato in una foro di una pinza dei freni, oppure può essere un organo di una sospensione primaria 22 del carrello. Le sospensioni primarie nei veicoli ferroviari permettono il collegamento meccanico dell'assile ferroviario con il telaio del carrello mediante elementi elastici (molle) ed eventuali elementi smorzanti (ammortizzatori).

Inoltre, i dispositivi monoassiali che costituiscono il convertitore di energia MEMS 5 possono presentare sia orientazioni differenti dell'asse A che masse e/o rigidità differenti fra loro in modo da presentare rispettive frequenze di risonanza differenti e potere così ampliare l'intervallo di frequenze aventi un elevato rendimento relativamente alla generazione di energia per alimentare il/i dispositivi compresi nel sensore inerziale MEMS 3.

RIVENDICAZIONI

1. Gruppo wireless di misura e trasmissione comprendente un involucro (8) definente un foro, un sensore di vibrazioni MEMS (3), un trasmettitore (6), una batteria (2) per alimentare i detti sensore di vibrazioni MEMS (3) e trasmettitore (6), e un convertitore meccanico-elettrico MEMS di energia (5) per ricaricare la detta batteria (2), e un supporto (7) su cui sono montati i detti sensore, trasmettitore, batteria e convertitore di energia (3, 6, 2, 5) il detto supporto (7) essendo fissato rigidamente al detto involucro all'interno del detto foro.

2. Gruppo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che il detto sensore di vibrazioni MEMS (3) e il detto convertitore meccanico-elettrico MEMS di energia (5) sono realizzati tramite un processo di fotolitografia e presentano la medesima struttura vista in pianta.

3. Gruppo secondo la rivendicazione 1 o 2, caratterizzato dal fatto che almeno uno fra i detti sensore di vibrazioni MEMS (3) e convertitore meccanico-elettrico MEMS di energia (5).

4. Gruppo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto di comprendere mezzi per controllare il precarico iniziale di mezzi elastici (13) del detto convertitore meccanico-elettrico MEMS di energia (5) per controllare la frequenza di risonanza del

detto convertitore.

5. Gruppo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che il detto involucro è un elemento filettato.

6. Gruppo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che il detto sensore di vibrazioni MEMS (3) misura un livello RMS.

7. Carrello ferroviario comprendente un gruppo di misura e trasmissione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti.

8. Carrello ferroviario secondo le rivendicazioni 5 e 6, caratterizzato dal fatto che il detto gruppo comprende un sensore di temperatura (4) disposto in corrispondenza di una porzione di estremità del detto involucro filettato.

9. Carrozza ferroviaria comprendente un gruppo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 6 o un carrello secondo una delle rivendicazioni 7 e 8, caratterizzata dal fatto di comprendere una centralina locale di controllo configurata per essere collegata tramite un protocollo di comunicazione Wireless al detto gruppo (1) e per essere un ponte radio con ulteriori centraline di altre carrozze, la detta centralina comprendendo un convertitore elettromeccanico di energia per alimentare le proprie funzioni di dialogo con il detto gruppo (1) e di ponte radio.

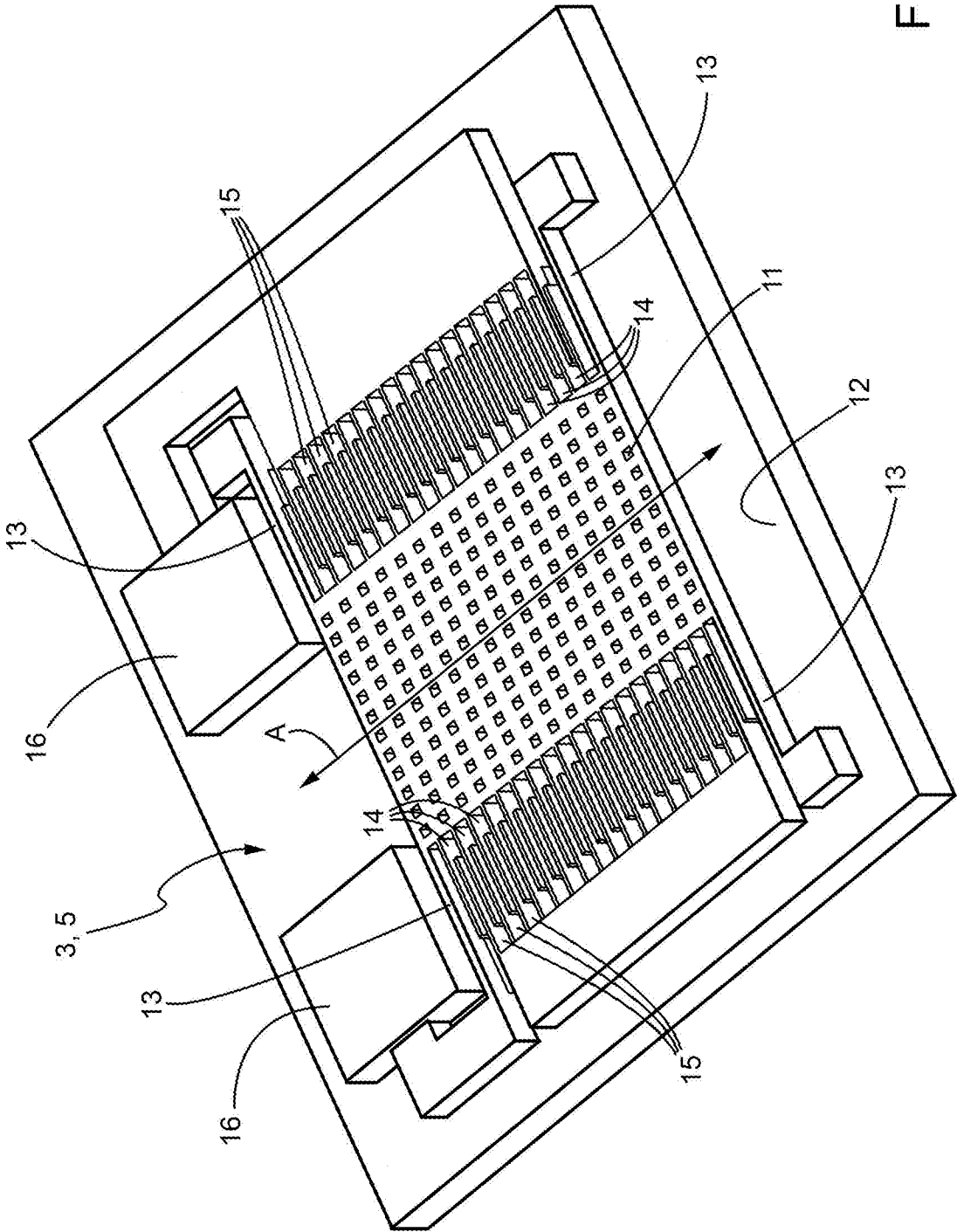
10. Metodo di controllo di un gruppo secondo una

qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto di comprendere la fase di inviare i dati provenienti dal detto sensore di vibrazioni MEMS (5) tramite il detto trasmettitore (6) solamente quando i detti dati sono superiori a una soglia predeterminata.

p.i.: POLITECNICO DI TORINO

Edoardo MOLA

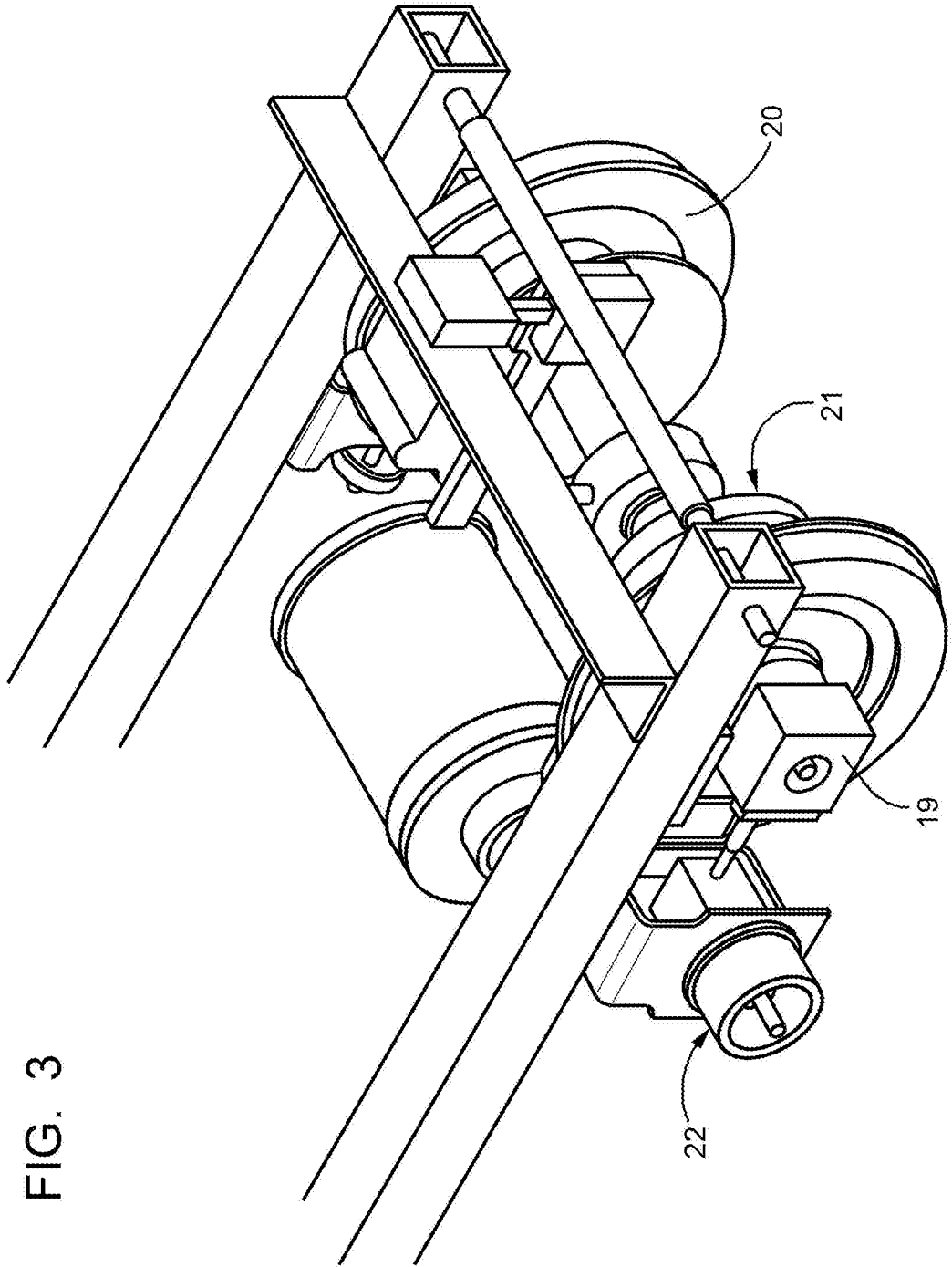
FIG. 2



p.i.: POLITECNICO DI TORINO

Edoardo MOLA
(Iscrizione Albo nr. 1200/BM)

FIG. 3



p.i.: POLITECNICO DI TORINO

Edoardo MOLA
(Iscrizione Albo nr. 1200/BM)