

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102010901822401A1

Publication Date

20110923

Applicant

POLITECNICO DI TORINO

Title

DISPOSITIVO PER DIAGNOSTICA DI CARRELLI FERROVIARI MEDIANTE
L'APPLICAZIONE DI UNA VITE DI MISURA E TRASMISSIONE AD AUTONOMIA
ENERGETICA E RELATIVO METODO DI CONTROLLO

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

“DISPOSITIVO PER DIAGNOSTICA DI CARRELLI FERROVIARI
MEDIANTE L'APPLICAZIONE DI UNA VITE DI MISURA E
TRASMISSIONE AD AUTONOMIA ENERGETICA E RELATIVO METODO DI
CONTROLLO”

di POLITECNICO DI TORINO

di nazionalità italiana

con sede: CORSO DUCA DEGLI ABRUZZI 24

TORINO (TO)

Inventori: SOMA' Aurelio, DE PASQUALE Giorgio

* * *

La presente invenzione è relativa a una vite di misura e trasmissione wireless 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 una logica di elaborazione dati 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.

Da un punto di vista produttivo, è sentita l'esigenza di realizzare una vite di misura che possa dimensionalmente sostituire le attuali viti presenti in una boccola ferroviaria ed avente una struttura interna adatta a ridurre i costi di produzione. Allo stesso tempo, occorre rispettare gli stringenti vincoli di spazio imposti dalla dimensione delle viti. In particolare, occorre trovare una posizione ottimizzata di ciascun componente allo scopo di produrre l'energia sufficiente al funzionamento dei dispositivi elettronici e di trasmissione wireless montati a bordo della vite.

Lo scopo della presente invenzione è di realizzare un gruppo di misura e trasmissione di sollecitazioni dinamiche e termiche per limitare gli inconvenienti sopra specificati e adatto ad essere prodotto a costi ridotti.

Lo scopo della presente invenzione è realizzato tramite un gruppo di misura miniaturizzato e trasmissione secondo la rivendicazione 1. In particolare, viene assemblato un sistema miniaturizzato 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 cui:

- la figura 1 è una vista prospettica con particolari asportati per chiarezza di una vite di misura secondo la presente invenzione;
- la figura 2 è una vista prospettica schematica di un carrello ferroviario su cui la vite di misura è montata;
- la figura 3 è una vista laterale di dettaglio di figura 2; e
- la figura 4 è una sezione

In figura 1 è indicato con 1, nel suo insieme, una vite per rilevare e trasmettere dati sulla sollecitazione dinamica applicata in via non limitativa ad un carrello ferroviario, particolarmente di una carrozza per il trasporto di merci.

Il gruppo 1 comprende una centralina di bordo CPU, un pacco batteria ricaricabile 2, ad esempio una batteria ricaricabile normalmente reperibile in commercio, un sensore inerziale 3 preferibilmente MEMS, un sensore di una seconda grandezza fisica, come ad esempio di temperatura 4, almeno un convertitore miniaturizzato meccanico-elettrico di energia [vibration scavenger o harvester] 5 e un

trasmettitore 6 comprensivo di memoria programmabile provvisto di antenna. La CPU integra inoltre tre componenti elettronici quali:

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

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

un dispositivo microchip per elaborare i segnali analogici misurati dai sensori 3 e 4 eventualmente integrato in un chip del trasmettitore 6. Preferibilmente, l'elaborazione avviene a livelli di soglie discrete da trasmettere.

Secondo la presente invenzione, il sensore di vibrazioni 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 di vibrazioni 3 è costituito da una pluralità di dispositivi monoassiali, 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 di vibrazioni 3 fornendo così in uscita valori da trasmettere mediante il dispositivo 6 dopo una prima elaborazione. Grazie ai livelli di precisione e di affidabilità finora raggiunti dai sensori inerziali di tipo MEMS è possibile montare il sensore inerziale 3 su un supporto 7 alloggiato in una sede 8 definita da una testa 9 della vite 1. In particolare, il supporto 7 è sostanzialmente piano ed è perpendicolare rispetto ad un gambo 10 filettato della vite 1. Inoltre, sono montati sul supporto 7 anche il trasmettitore 6 e la centralina di bordo CPU. Vantaggiosamente, almeno la centralina di bordo CPU e il sensore inerziale 3 sono interamente alloggiate anche in direzione assiale nella sede 8 all'interno della testa 9.

Il convertitore di energia 5 (illustrato solo schematicamente in figura) è preferibilmente del tipo magnetico-induttivo ed è configurato per convertire l'energia cinetica in energia elettrica e, in particolare, per caricare il pacco batteria 2. Secondo una forma preferita di realizzazione, il convertitore di energia 5 comprende un sistema massa-molla in cui la massa comprende

un magnete permanente. Il campo magnetico della massa si concatena con una pluralità di spire le quali veicolano una corrente elettrica se la massa è in movimento. In particolare, il sistema massa-molla viene dimensionato per entrare in risonanza nell'intervallo delle frequenze normalmente rilevate quando un carro ferroviario è in movimento a velocità di crociera.

Secondo la presente invenzione, il convertitore di energia 5 e il pacco batterie 2 viene alloggiato un foro cieco 11 del gambo 10. Inoltre, il convertitore di energia 5 viene saldamente fissato al gambo in modo da consentire la più efficace trasmissione delle vibrazioni. Ad esempio, il convertitore di energia 5 è incapsulato in un involucro e viene fissato per interferenza al gambo 10 nel foro 11. Analogamente, inoltre, il supporto 7 viene 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 1 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 12 del gambo 10 per essere il più vicino possibile al cuscinetto

della boccola e rilevarne la temperatura.

La vite 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 della vite 1. Preferibilmente, la vite 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 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 il convertitore di energia 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 la presente invenzione, la centralina di bordo CPU è programmata per risparmiare energia. In particolare, la centralina di bordo viene programmata in modo da attivare la rilevazione e la trasmissione del segnale almeno quando la carrozza è in movimento. Cioè non viene fatto alcun rilievo o trasmissione quando la carrozza è ferma. Potranno essere programmati dei cicli di misura e di stand-by direttamente comandati dalle soglie di tensione generata dal convertitore miniaturizzato 6. Il convertitore 6 permetterà l'accensione e la trasmissione dati se genererà una potenza elettrica superiore a un livello preimpostato in modo che tale soglia sia inferiore al livello di energia generato da un carrello non difettoso a velocità di crociera.

La logica di elaborazione dati a bordo della vite 1 è caratterizzata da parametri programmabili quali tempo ciclo, tempi di attivazione e spegnimento e soglie di attivazione e misura. In particolare, il tempo ciclo si riferisce ad un ciclo di misura del livello di vibrazioni e/o della temperatura. In questo modo, la misura non è continua ma, appunto, regolata tramite la programmazione

del tempo ciclo di misura. La soglia di attivazione è ad esempio programmata sulla base della potenza elettrica generata dal convertitore (5). In particolare, se la potenza elettrica generata è inferiore alla soglia, molto probabilmente il carrello viene movimentato in un deposito o per manutenzione e non è necessario eseguire misure diagnostiche. La soglia viene preimpostata ad un livello oltre al quale è molto probabile che il carrello sia in viaggio con un carico a bordo. In questa condizione chiaramente la diagnostica è utile e, in particolare, viene attivato almeno un ciclo di misura.

Preferibilmente, con riferimento alla figura 2, la vite 1 può essere impiegata, per fissare i cuscinetti 19 di una assile 20 in modo che il sensore di temperatura 4 sia prossimale e preferibilmente a contatto con la boccola di un cuscinetto 19. Inoltre, la vite 1 può essere una vite di un sistema frenante 21 oppure 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).

E' possibile prevedere una vite 1 per ciascun cuscinetto 19 e ciascuna vite 1 invia un relativo codice identificativo univoco affinché ciascun cuscinetto 19 sia

associabile in modo biunivoco ai dati provenienti dalla relativa vite 1.

I vantaggi che la vite 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 dal convertitore di energia 5. In questo modo non è necessario richiedere la riomologazione della carrozza. Inoltre, i vari componenti sono disposti all'interno della vite 1 in modo da consentire lo sfruttamento più efficiente dello spazio disponibile. In particolare, il convertitore di energia 5 può presentare dimensioni relativamente elevate e così viene disposto nel gambo 10 assieme con il pacco batteria 2. In questo modo è anche più semplice fissare il convertitore al gambo e consentire il trasferimento massimo di energia proveniente dalle vibrazioni.

La vite 1 che così è parte di uno strumento di diagnostica per misurare e trasmettere dati sul carrello ferroviario potrà ad esempio essere impiegata direttamente in luogo delle viti di chiusura sul coperchio boccola (figura 4 dettaglio 'a') oppure in luogo di uno dei (tre) bulloni di chiusura del pacco cuscinetti boccola (figura 4 dettaglio 'b'). Una vite per tali impieghi è normalmente

compresa fra M16 e M20. La programmabilità di una memoria interna della vite in modo wireless, ad esempio del trasmettitore 6, permetterà di stabilire i parametri diagnostici del sistema. In particolare, è importante sottolineare che la vite di misura può sostituire viti piene fra M16 e M20 per la chiusura del coperchio boccola e dei cuscinetti boccola senza che sia necessario riadattare la sede filettata e/o di avere una sede filettata dedicata.

Il sensore MEMS 3 è particolarmente compatto e può essere alloggiato nella testa 9 della vite 1. Inoltre, non è necessario applicare 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.

Il sensore di temperatura 4 monitora un ulteriore parametro importante per la valutazione dell'usura dei componenti di un carrello ferroviario come i cuscinetti di supporto degli assili oppure le pastiglie dei freni.

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

La vite 1 è programmabile in modalità wireless per evitare lo smontaggio per eseguire una riprogrammazione.

Il metodo di controllo basato su un ciclo di misura invece che su una misura continua, e sul fatto che esista una soglia minima di potenza elettrica al di sotto della quale i sensori non sono attivati e non trasmettono dati, consente di ridurre le dimensioni del pacco batterie 2 in modo da rendere più semplice il montaggio nel gambo 10 e da lasciare maggiore spazio per il montaggio del convertitore miniaturizzato 5.

Risulta infine chiaro che alla vite 1 qui descritta e illustrata possono essere apportate modifiche o varianti senza per questo uscire dall'ambito di tutela come specificato dalle rivendicazioni allegate.

RIVENDICAZIONI

1. Vite o elemento filettato di misura e trasmissione per fissare componenti di un carrello ferroviario, comprendente una testa (9) definente una sede (8) e configurata per essere serrata tramite un utensile; un gambo (10) filettato definente un foro (11); un sensore di vibrazioni miniaturizzato (3); un trasmettitore (6); una batteria (2) per alimentare i detti sensore di vibrazioni (3) e trasmettitore (6); e un convertitore miniaturizzato meccanico-elettrico di energia proveniente dalle vibrazioni (5) per ricaricare la detta batteria (2), in cui il detto trasmettitore (6) e il detto sensore di vibrazioni (3) sono alloggiati nella detta sede (8); e il detto convertitore miniaturizzato meccanico-elettrico di energia (5) e la detta batteria (2) sono alloggiati nel detto foro (11).

2. Vite o elemento filettato secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che il detto convertitore miniaturizzato meccanico-elettrico di energia (5) è fissato direttamente al detto gambo (10) e converte in energia le vibrazioni dovute al moto del detto carrello ferroviario.

3. Vite o elemento filettato secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzata dal fatto che il detto sensore di vibrazioni (3) è collegato al trasmettitore (6), e dal fatto di comprendere una centralina (CPU) programmabile per eseguire una prima

elaborazione dei dati comprendente la fase di comparare la potenza generata dal detto convertitore (5) rispetto a un valore soglia preimpostato, e la fase di attivare un ciclo di misura se la detta potenze è superiore alla detta soglia.

4. Vite o elemento filettato secondo la rivendicazione 3, caratterizzata dal fatto che detto trasmettitore (6) comprende la detta centralina (CPU) e una memoria e programmabile.

5. Vite o elemento filettato secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 3 o 4, caratterizzata dal fatto che la detta centralina (CPU) è programmabile in modalità wireless.

6. Vite o elemento filettato secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzata dal fatto di comprendere un sensore di temperatura (4) disposto nel detto foro (11) in corrispondenza di una porzione di estremità del detto gambo (10).

7. Vite o elemento filettato secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che almeno uno dei detti sensore di vibrazioni (3) convertitore (5) sono MEMS.

8. Carrello ferroviario comprendente una vite o elemento filettato di misura e trasmissione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, la detta vite

essendo fra M16 e M20 e impiegata per fissare un coperchio boccola oppure un pacco cuscinetti boccola.

9. Carrozza ferroviaria comprendente una vite o elemento filettato secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 7 o un carrello secondo la rivendicazione 8, caratterizzata dal fatto di comprendere una centralina locale di controllo configurata per essere collegata tramite un protocollo di comunicazione Wireless alla detta vite (1) e per essere un ponte radio con ulteriori centraline di altre carrozze.

10. Metodo di elaborazione dati di una vite o elemento filettato secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 7, caratterizzato dal fatto di comprendere la fase di comparare la potenza generata dal detto convertitore (5) rispetto a un valore soglia preimpostato, e la fase di attivare un ciclo di misura se la detta potenza è superiore alla detta soglia, un tempo ciclo del detto ciclo di misura e la detta soglia essendo programmabili.

p.i.: POLITECNICO DI TORINO

Edoardo MOLA

CLAIMS

1. A measuring and transmitting bolt or threaded element for fixing components of a railway boogie, comprising a head (9) defining a seat (8) and configured to be tightened by means of a tool; a threaded stem (10) defining a hole (11); a miniaturised vibration sensor (3); a transmitter (6); a battery (2) to power said vibration sensor (3) and transmitter (6); and a miniaturised mechanic to electric converter (5) to recharge said battery (2), wherein said transmitter (6) and said vibration sensor (3) are housed in said seat (8); and said miniaturised mechanic to electric energy converter (5) and said battery (2) are housed in said hole (11).

2. The screw or threaded element according to claim 1, characterised in that said miniaturised mechanic to electric energy converter (5) is fixed directly to said stem (10) and converts the vibrations due to the motion of said railway boogie into energy.

3. The screw or threaded element according to any of the preceding claims, characterised in that said vibration sensor (3) is connected to the transmitter (6), and by comprising a control unit (CPU) programmable to perform a first processing of the data comprising the step of comparing the power generated by said converter (5) with respect to a preset threshold value, and the step of

activating a measuring cycle if said power is above said threshold.

4. The screw or threaded element according to claim 3, characterised in that said transmitter (6) comprises said control unit (CPU) and a programmable memory.

5. The screw or threaded element according to any of claims 3 or 4, characterised in that said control unit (CPU) is programmable in a wireless mode.

6. The bolt or threaded element according to any of the preceding claims, characterised by comprising a temperature sensor (4) arranged in said hole (11) at an end portion of said stem (10).

7. The bolt or threaded element according to any of the preceding claims, characterised in that at least one of said vibration sensor (3) and converter (5) are MEMS.

8. A railway boogie comprising a measuring or transmission bolt or threaded element according to any of the preceding claims, said bolt being between M16 and M20 and used to fix an axle-box cover or an axle-box bearing.

9. A railway carriage comprising a bolt or threaded element according to any of claims 1 to 7 or a boogie according to claim 8, characterised by comprising a local control unit configured to be connected by means of a wireless communication protocol to said bolt (1) and to be

a radio link with additional control units of other carriages.

10. A data processing method for a bolt or threaded element according to any of claims 1 to 7, characterised by comprising the step of comparing the power generated by said converter (5) with respect to a preset threshold value, and the step of activating a measuring cycle if said power is above said threshold, a cycle time of said measuring cycle and said threshold being programmable.

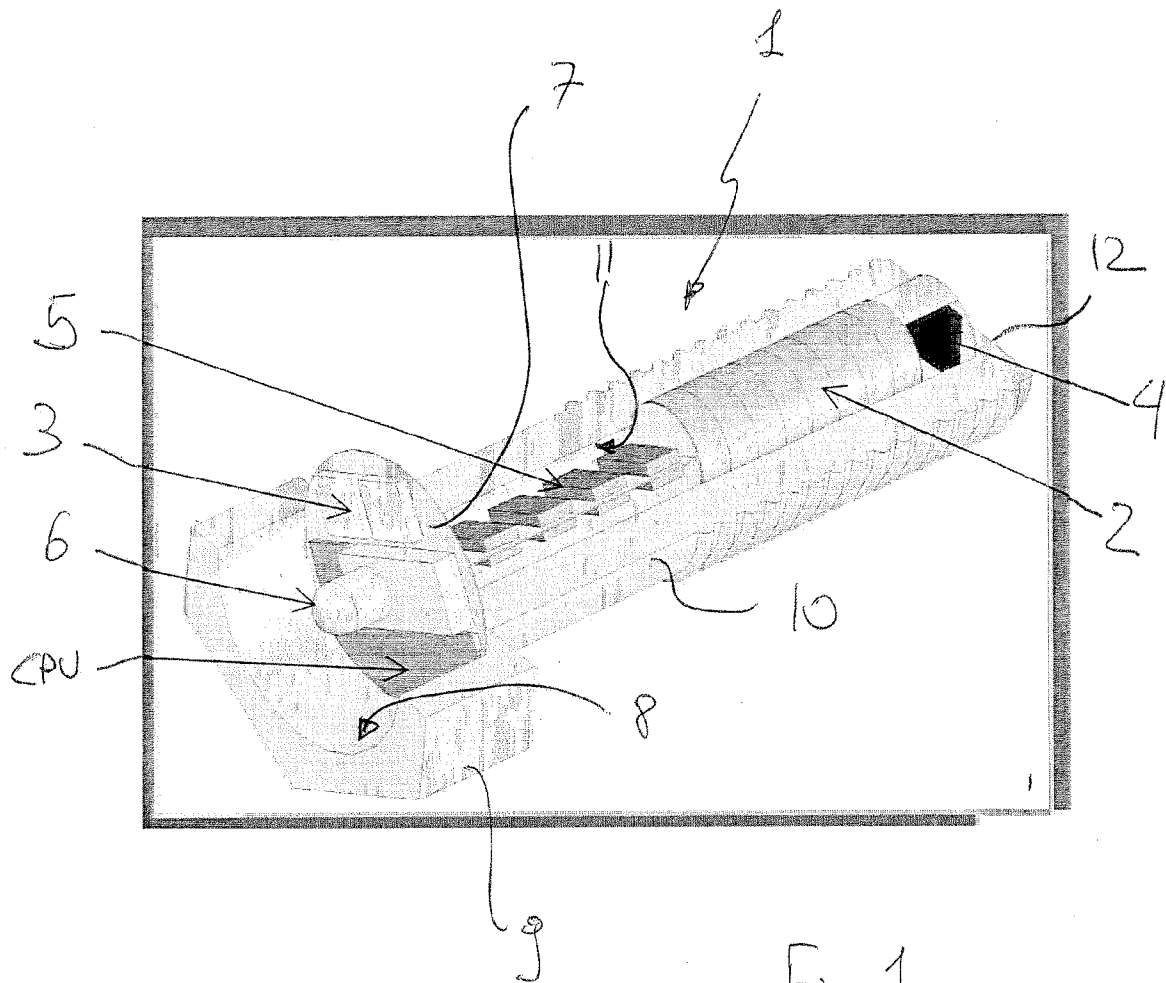


Fig. 1

p.i.: POLITECNICO DI TORINO

Edoardo MOLA
(Iscrizione Albo nr. 1200/BM)

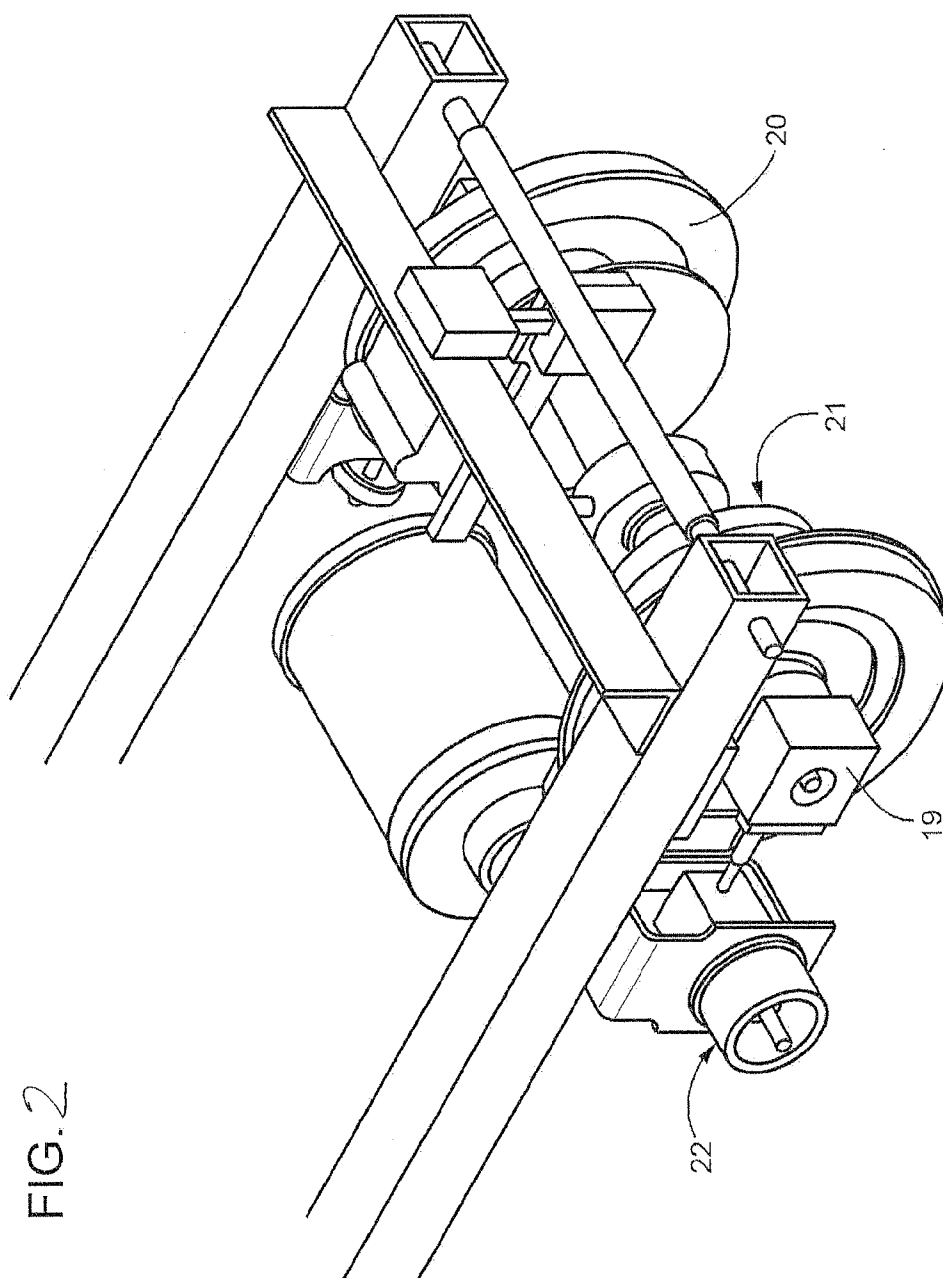


FIG. 2

p.i.: POLITECNICO DI TORINO

Edoardo MOLA
(Iscrizione Albo nr. 1200/BM)

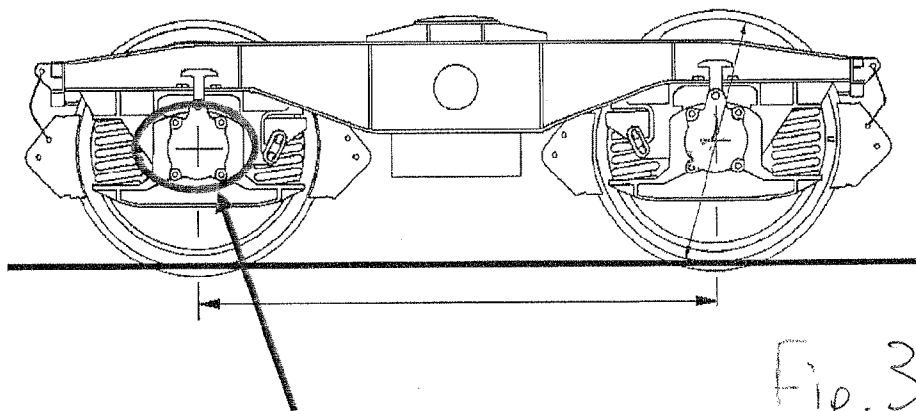


Fig. 3

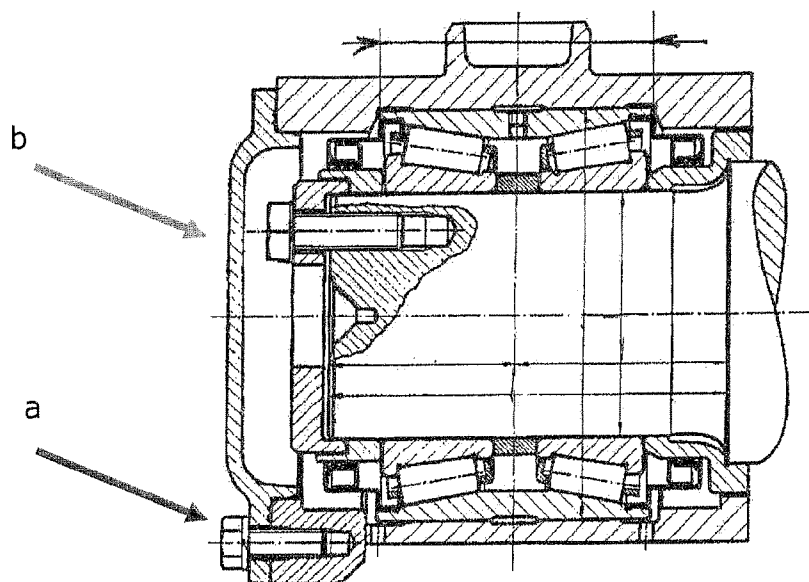


Fig. 4

p.i.: POLITECNICO DI TORINO

Edoardo MOLA
(Iscrizione Albo nr. 1200/BM)