



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETÀ INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UIBM

| | |
|---------------------------|------------------------|
| DOMANDA NUMERO | 101997900597789 |
| Data Deposito | 20/05/1997 |
| Data Pubblicazione | 20/11/1998 |

| | | | | |
|----------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|
| Sezione | Classe | Sottoclasse | Gruppo | Sottogruppo |
| G | 01 | L | | |

Titolo

PROCEDIMENTO E DISPOSITIVO PER LA MISURAZIONE DELLA FORZA DI TRAZIONE
APPLICATA AD UN CAVO LIBERO

UD 97 A 00 0 095

DESCRIZIONE dell'invenzione avente per titolo:

20 MAG. 1997

"PROCEDIMENTO E DISPOSITIVO PER LA MISURAZIONE
DELLA FORZA DI TRAZIONE APPLICATA AD UN CAVO
LIBERO"



a nome di Di Bartolomeo Paolo residente in Udine, Viale Palmanova
73/A, di nazionalità italiana, depositata il 20 MAG. 1997 al nr.

TESTO DELLA DESCRIZIONE

Formano oggetto della presente invenzione un dispositivo ed un procedimento per la misurazione automatica del valore della forza di trazione su un cavo sottoposto a tensionamento statico. In particolare il procedimento ed il dispositivo sono atti a rilevare il tensionamento del sartame di barche a vela.

Nel presente contesto il termine cavo è da considerarsi sinonimo di corda od asta, vale a dire di corpi con una dimensione preponderante rispetto alle altre, liberi da vincoli trasversali, con massa distribuita uniformemente per tutta la lunghezza e, limitatamente alle aste, realizzati in un materiale omogeneo ed isotropo.

Nei cavi, per effettuare misure di tensione, è noto l'utilizzo di dinamometri, ovvero di dispositivi comprendenti un elemento elastico montato in serie al cavo e sottoposto alla medesima forza di trazione. Nei dinamometri viene misurata la deformazione dell'elemento elastico ed in base a tale valore, conoscendo le caratteristiche elastiche dell'elemento stesso, si ottiene la forza applicata al cavo. Tale procedimento, per la presenza di un elemento strutturale

aggiuntivo al cavo, risulta più adatto ad installazioni permanenti piuttosto che per misure saltuarie. E' noto altresì un ulteriore metodo secondo il quale un tratto del cavo viene forzato a deviare dalla forma rettilinea; in tal modo nei punti di deviazione si può rilevare una forza correlata alla tensione a cui è sottoposto il cavo; misurando tale forza con un dinamometro è possibile risalire al carico di trazione applicato al cavo. Uno degli svantaggi del metodo sopracitato è legato al fatto che l'angolo di piegatura del cavo non deve essere né troppo grande, per evitare danneggiamenti del cavo, né troppo esiguo, al fine di mantenere una sufficiente precisione. Ciò comporta l'utilizzo di diversi dispositivi di rilevamento ognuno adatto ad una certa gamma di diametri. Inoltre la deviazione imposta al cavo causa in nello stesso un aumento non trascurabile della tensione. Il metodo di cui sopra è inoltre di difficile applicazione nel caso di cavi aventi un'accentuata rigidità, quali ad esempio aste metalliche.

Ulteriori inconvenienti sono legati al fatto che i dispositivi di misura noti sono in genere relativamente ingombranti e necessitano di una laboriosa messa in opera e taratura.

E' noto un ulteriore procedimento di misurazione della tensione che sfrutta il rilevamento dell'allungamento del cavo. Esso può essere realizzato tramite applicazione diretta alla superficie del cavo di estensimetri a lamina (strain gauges) generalmente per incollaggio; secondo tale metodo si deve prevedere quindi un'installazione permanente del dispositivo di rilevamento della tensione. Un primo inconveniente di tale metodo è legato al fatto che gli estensimetri a

20 MAG 1997



Paul H. Butler

20 MAG. 1997

lamina non sono indicati per cavi di tipo spiroidale. Ulteriori limiti del procedimento e del dispositivo di cui sopra sono legati alla sensibilità degli estensimetri rispetto a variazioni di temperatura e alla necessità di utilizzare apparecchi di lettura alquanto costosi.



Scopo del presente trovato è quello di realizzare un procedimento ed un dispositivo che consentano la misurazione della forza di trazione nei cavi in modo veloce ed accurato e che possano essere utilizzati per molti tipi di cavo senza la necessità di modificare gli stessi o di applicarvi in modo permanente dispositivi di rilevamento.

Un ulteriore scopo è quello di realizzare un procedimento ed un dispositivo che non richiedano né lo smontaggio del cavo né un suo allentamento con successivo ritensionamento.

Un ulteriore scopo è quello di realizzare un procedimento ed un dispositivo che non necessitino di una taratura preventiva del dispositivo di misura con uno strumento di riferimento.

Un ulteriore scopo è quello di realizzare un dispositivo che possa essere utilizzato per cavi aventi qualunque diametro.

Infine, un ulteriore scopo è quello di realizzare un dispositivo di economica realizzazione, vale a dire la cui circuiteria utilizzi componenti elettronici di costo contenuto e non necessiti di operazioni di taratura.

Questi ed altri scopi che appariranno evidenti ad un esperto del ramo vengono raggiunti da un procedimento e da un dispositivo conformi alla parte caratterizzante delle rivendicazioni indipendenti.

20 MAG. 1997

Per una migliore comprensione della presente invenzione si allegano a titolo esemplificativo, ma non limitativo, disegni in cui:

la figura 1 rappresenta uno schema a blocchi di un dispositivo secondo l'invenzione;

la figura 2 mostra una vista prospettica schematica delle parti costituenti un trasduttore secondo l'invenzione.

Il procedimento secondo l'invenzione è basato sulla analisi della propagazione delle onde trasversali ingenerate da un operatore mediante una sollecitazione meccanica in un cavo che, sulla lunghezza in esame, sia libero da vincoli, ovvero in un cavo in cui le onde trasversali possano propagarsi liberamente.

E' noto che la forma assunta da un cavo a seguito di una sollecitazione meccanica laterale si può descrivere, secondo la scomposizione di Fourier, come una somma di onde sinusoidali o armoniche, ciascuna con propria ampiezza e fase, ed aventi frequenza multipla rispetto ad un onda fondamentale altresì detta prima armonica.

Assumendo piccole ampiezze di oscillazione, tali che la corda non offra resistenza apprezzabile alla flessione e che la sua tensione si possa ritenere costante, la velocità di tali onde è legata alla tensione del cavo dell'equazione

$$S = v^2 \cdot d \text{ dove:}$$

-S è la tensione del cavo (N)

-v è la velocità di propagazione delle onde trasversali (m/s)

-d è la massa per unità di lunghezza del cavo (kg/m).



Paul A. Sant'Anna

20 MAG. 1997

L'equazione di cui sopra può essere altresì scritta nella forma

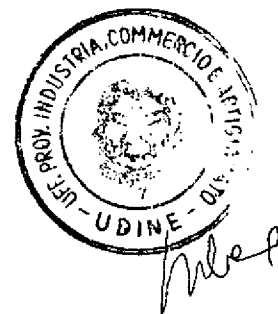
$$S = d \cdot f^2 \cdot (2L/n)^2 \text{ dove:}$$

- f è la frequenza di oscillazione trasversale (Hz)
- L è la lunghezza del tratto oscillante (m)
- n è l'indice dell'armonica (ad esempio 1,2,3...)

Grazie alle equazioni di cui sopra è possibile calcolare la forza di trazione in un cavo, nota la velocità di propagazione delle onde trasversali, ovvero identificando e misurando almeno una delle frequenze di oscillazione trasversale ed essendo conosciute la massa/metro del cavo e la lunghezza del tratto oscillante.

Il procedimento secondo l'invenzione prevede di memorizzare in una opportuna memoria le grandezze caratteristiche del cavo quali la massa/metro e la lunghezza del cavo, di sollecitare meccanicamente il cavo in modo da ingenerarvi onde trasversali, di rilevare in modo automatico la frequenza fondamentale di oscillazione trasversale, ed infine di calcolare automaticamente e visualizzare, in base ai dati memorizzati ed alla frequenza rilevata, la forza di tensione a cui è sottoposto il cavo.

Il dispositivo secondo l'invenzione comprende (fig. 1) mezzi 1 di rilevamento delle onde trasversali ingenerate in un cavo 2 mediante una sollecitazione, mezzi di digitalizzazione 7 per la conversione del segnale in forma numerica, mezzi di interfaccia 3 atti a permettere la selezione dei particolari parametri del cavo in esame (massa/metro e lunghezza del cavo) ed a visualizzare il risultato, e mezzi di elaborazione 4, atti a calcolare automaticamente la forza di



Rob. A. B. B.

20 MAG. 1997

tensione a cui è sottoposto il cavo, in base al segnale fornito dai mezzi di rilevamento 1 e digitalizzazione 7 ed ai suddetti parametri memorizzati nella memoria 4B.



I mezzi 1 di rilevamento della onde trasversali comprendono un trasduttore 5 amovibilmente collegato al cavo tra le due estremità A-B del cavo stesso ed una unità 6 di condizionamento del segnale proveniente dal trasduttore.

Il trasduttore 5 può essere del tipo atto a rilevare l'oscillazione rispetto ad un sistema di riferimento fisso oppure inerziale.

Nel primo caso può essere utilizzato un trasduttore di posizione lineare di tipo convenzionale per l'esperto del ramo (ad esempio LVDT oppure di tipo resistivo). In tal caso la parte mobile del trasduttore viene fissata ad un punto qualsiasi del tratto oscillante del cavo mentre la parte fissa è vincolata ad un punto fermo tramite una convenzionale struttura di supporto (non rappresentata). Ai fini della precisione di misura è importante che la massa della parte mobile sia minima rispetto al tipo di cavo sottoposto a misura per non creare variazioni nell'impedenza incontrata dalle onde propagantesi lungo il cavo. Posto che l'asse del trasduttore giaccia sul piano di propagazione delle onde trasversali, il segnale fornito in uscita riproduce il moto del punto prescelto.

La seconda opzione prevede un trasduttore gravante interamente sulla corda, oscillante solidalmente con essa e del tutto libero dal sistema di riferimento fisso. Esso, per rilevare l'oscillazione, fa riferimento ad una massa interna e può avere una

Rob. D. Bolzano

20 MAG. 1997

risposta velocimetrica o accelerometrica secondo il tipo prescelto.

Anche in questo caso il segnale rilevato riproduce la componente dell'oscillazione del cavo lungo l'asse del trasduttore ed è quindi cura dell'operatore sollecitare il cavo concordemente a tale asse per ottenere il massimo segnale.

L'utilizzo di un accelerometro, per le minori dimensioni rispetto ad un trasduttore velocimetrico, consente di minimizzare la massa aggiunta e quindi il disturbo al moto della corda.

Rispetto al trasduttore di posizione, il rilevamento del moto trasversale sotto forma di velocità (derivata prima) o di accelerazione (derivata seconda) comporta un maggiore contenuto di armoniche superiori, al punto che queste possono addirittura superare in ampiezza la fondamentale. Rispetto a un trasduttore di posizione, quindi, questo secondo tipo di trasduttori, pur con i vantaggi succitati, esige una maggiore efficacia nel condizionamento e processamento del segnale.

Buoni risultati si sono ottenuti con un accelerometro del tipo 4375 prodotto dalla ditta Bruel & Kjaer. Esso presenta buona linearità, un'estesa banda passante e dimensioni molto limitate (circa 10x8 mm). Poiché tale trasduttore risulta di costo alquanto elevato, esso può essere vantaggiosamente sostituito da uno più economico che, pur con linearità minore, assicura in ogni modo prestazioni eccellenti. Tale trasduttore comprende una convenzionale capsula microfonica preferibilmente di tipo "electret", vale a dire a condensatore con amplificazione incorporata.



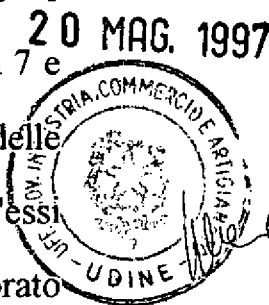
Paolo D. Brindani

Alternativamente essa può essere di tipo elettromagnetico o piezoelettrico. Tale capsula presenta un corpo di forma cilindrica 7 e porta sulla base superiore 7A un piccolo foro 8 per l'ingresso delle onde sonore. Su questa base vengono incollati due elementi anch'essi circolari e con lo stesso diametro della base: un distanziatore forato 9, ovvero una rondella con spessore di circa 0.5 mm, e sopra questo una membrana 10 di gomma o lattice o materiale comunque elastico con spessore di circa 0,2 mm. Si viene così a creare tra la membrana 10 e la base 7A una camera d'aria chiusa che determina un accoppiamento pneumatico tra la membrana stessa e la membrana presente all'interno del microfono le cui oscillazioni vengono convertite in segnale elettrico. Sopra la membrana, in posizione centrale, è fissata tramite incollaggio una piccola massa 11 di forma sferica, ad esempio di piombo, che costituisce la parte inerziale del trasduttore. Variando questa massa e lo spessore della membrana si può ottimizzare sensibilità, frequenza propria e coefficiente di smorzamento dell'insieme.

La struttura descritta è contenuta in una capsula protettiva impermeabile (non rappresentata).

Il fissaggio del trasduttore alla corda può venire realizzato con del materiale plastico modellabile oppure mediante una convenzionale pinzetta fissata al corpo del trasduttore.

L'unità 6 di condizionamento del segnale rilevato dal trasduttore prevede una sezione di amplificazione 6A ed una di filtraggio 6D. In particolare la sezione 6A di amplificazione può

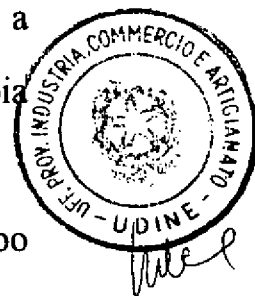


Roberto Bontade

essere di tipo a controllo automatico di guadagno, tendente cioè a presentare in uscita un livello di segnale costante per un'ampia gamma di ampiezza d'ingresso.

La successiva sezione di filtraggio 6D è preferibilmente di tipo passabanda e consiste di 2 stadi in successione. Un primo stadio passa-alto 6B con frequenza di taglio di 2Hz (sempre nel caso del sartiame di barche a vela) provvede ad eliminare eventuali disturbi di bassa frequenza dovuti ad esempio al movimento dell'imbarcazione. A tal fine si può, ad esempio, adottare un circuito Butterworth da 18dB/ottava realizzato con amplificatori operazionali, tuttavia anche un semplice circuito RC con la medesima frequenza di taglio consente risultati soddisfacenti. Il secondo stadio di filtraggio 6C in serie al primo può essere un filtro passa-basso del quarto ordine con risposta di tipo Butterworth la cui frequenza di taglio viene controllata da un microprocessore 4A, in modo da poter assumere qualsiasi valore compreso nell'intervallo 2-70Hz (il funzionamento di tale secondo stadio è illustrato nel seguito).

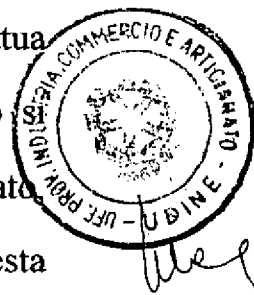
Lo stadio 6C è atto ad attenuare le frequenze al disopra della fondamentale, comprendenti sia le armoniche superiori sia eventuale rumore. Il segnale in uscita da tale stadio passa ad un convenzionale convertitore analogico digitale 7 ed è quindi inviato in forma digitale ad un convenzionale microprocessore 4A. Per la digitalizzazione può essere utilizzata una risoluzione di 8 bit con tempo di conversione di 10 ms ma anche una semplice ed economica conversione a 2 bit (tramite due semplici comparatori) fornisce discreti risultati. Il



Roberto B. B. B.

microprocessore 4A previsto nell'unità di elaborazione 4 effettua un'analisi delle frequenze presenti in tale segnale. In tal modo si ottiene una prima grossolana misurazione del parametro cercato, ovvero della frequenza fondamentale. Sulla base di questa misurazione il microprocessore (come convenzionale per l'esperto del ramo), regola la frequenza di taglio del secondo stadio di filtraggio 6C in modo che le frequenze al di sopra di questa vengano eliminate dal segnale prima della digitalizzazione. Tramite aggiustamenti successivi governati dal microprocessore la frequenza di taglio si avvicina alla frequenza fondamentale di oscillazione portando così in ingresso all'unità di digitalizzazione 7 un segnale che approssima una sinusoide pura. A questo punto, avendo sintonizzato il secondo stadio di filtraggio 6C, il microprocessore 4A calcola, in modo convenzionale per l'esperto del ramo, un valore medio che rappresenta la misurazione finale della frequenza fondamentale. Allo scopo può essere utilizzato un filtraggio numerico di tipo FIR ad almeno 11 coefficienti con calcolo svolto a 16 bit di precisione. Il valore di frequenza fondamentale misurato è quindi utilizzato secondo le equazioni suesposte per calcolare il risultato voluto, cioè la forza applicata alla corda. A tal fine il microprocessore preleva da una memoria 4B le costanti relative al cavo, immagazzinate grazie all'interfaccia 3, procede automaticamente al calcolo della forza di trazione e la visualizza sull'unità 3B.

E' da sottolineare che il programma di gestione del microprocessore 4A non viene illustrato in dettaglio in quanto del



Paolo A. Baldoni

20 MAG. 1997

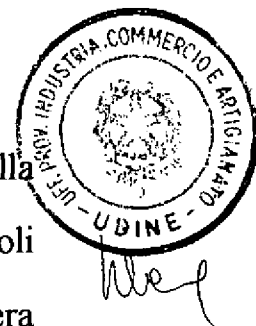
tutto convenzionale per l'esperto del ramo sulla base di quanto fin qui illustrato.

L'interfaccia 3 prevede preferibilmente una usuale tastiera 3A ed un usuale schermo 3B. Vantaggiosamente, l'unità di condizionamento 6, quella di digitalizzazione 7, quella di elaborazione 4 e l'interfaccia 3 sono conglobate in un unico dispositivo collegabile mediante un cavo al trasduttore 5. Tale dispositivo è, vantaggiosamente, alimentato tramite una batteria ed è alloggiato in un contenitore portatile impermeabile ed antiurto.

Si vuole infine ribadire che la forma di realizzazione fin qui illustrata è stata fornita a titolo puramente esemplificativo e che sono previste numerose varianti tutte rientranti nel medesimo concetto inventivo, ad esempio l'interfaccia 3 e l'unità di elaborazione 4 potrebbero essere sostituiti da un convenzionale elaboratore (PC) collegato tramite apposita interfaccia alla sezione di rilevamento 6.



Robt. A. Boller

RIVENDICAZIONI

1. Procedimento per la misurazione automatica del valore della forza di trazione applicata ad almeno un tratto libero da vincoli trasversali di un cavo, o libero da vincoli trasversali sull'intera lunghezza, caratterizzato dal fatto di prevedere una fase di selezione e memorizzazione di grandezze caratteristiche del cavo di cui si vuole misurare la forza di trazione, una fase di sollecitazione del cavo, atta ad indurre nel cavo stesso onde trasversali, una fase di rilevamento di almeno un parametro correlato alla oscillazione del cavo, una fase di elaborazione di detto parametro rilevato e di dette grandezze selezionate, atta a calcolare automaticamente il valore cercato della forza di trazione, ed una fase di visualizzazione di tale valore calcolato.

Paolo D. L. L. L.

2. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto di rilevare e misurare almeno una delle frequenze proprie o armoniche di oscillazione trasversale del cavo quando viene sollecitato.

3. Procedimento secondo la rivendicazione 2, caratterizzato dal fatto di rilevare e misurare la frequenza fondamentale di oscillazione o prima armonica.

4. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto di selezionare e memorizzare almeno la lunghezza e la massa per unità di lunghezza del tratto di cavo di cui si vuole ricavare la forza di trazione.

5. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato

dal fatto che la sollecitazione del cavo è tale da ingenerare nello stesso onde trasversali, rispetto a mezzi di rilevamento (5) di almeno un parametro correlato alla propagazione di dette onde.

6. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal rilevare la forza di trazione applicata al sartiame di imbarcazioni.

7. Dispositivo per la misurazione automatica del valore della forza di trazione applicata ad almeno un tratto libero da vincoli trasversali di un cavo caratterizzato dal fatto di prevedere mezzi (1) atti a rilevare almeno una grandezza relativa alla propagazione delle onde trasversali ingenerate nel cavo a seguito di una sollecitazione del cavo stesso, mezzi di digitalizzazione (7) atti a convertire detta grandezza in termini numerici, mezzi di interfaccia (3A) atti a permettere la selezione di grandezze caratteristiche del cavo di cui si deve effettuare la misura, mezzi di memorizzazione (4B) delle suddette grandezze caratteristiche, mezzi di elaborazione (4A) atti a calcolare automaticamente il valore della forza di trazione in base al segnale proveniente da detti mezzi di rilevamento e digitalizzazione (1,7) e primi mezzi di interfaccia (3A), secondi mezzi di interfaccia (3B) atti a visualizzare il valore di forza di trazione calcolato da detti mezzi di elaborazione.

8. Dispositivo secondo la rivendicazione 7, caratterizzato dal fatto che i mezzi di rilevamento (1) sono del tipo atto a rilevare almeno una delle frequenze di oscillazione trasversale del cavo, ingenerate a seguito delle sollecitazioni del cavo stesso.

9. Dispositivo secondo la rivendicazione 7, caratterizzato dal

20 MAG. 1997



Paolo A. Bontade

20 MAG. 1997

fatto che i mezzi di rilevamento (1) comprendono almeno un trasduttore (5) amovibilmente associabile al cavo.

10. Dispositivo secondo la rivendicazione 7, caratterizzato dal fatto che i mezzi di rilevamento (1) comprendono almeno un trasduttore (5) di posizione lineare.

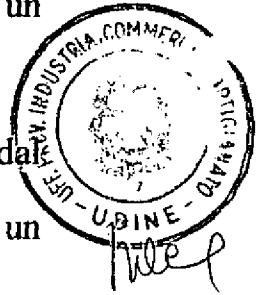
11. Dispositivo secondo la rivendicazione 7, caratterizzato dal fatto che i mezzi di rilevamento (1) comprendono almeno un trasduttore di oscillazione (5) di tipo velocimetrico o accelerometrico.

12. Dispositivo secondo la rivendicazione 11, caratterizzato dal fatto che i mezzi di rilevamento (1) comprendono un trasduttore di oscillazione (5) presentante una convenzionale capsula microfonica (7) che, in corrispondenza di un foro (8) per l'ingresso delle onde sonore, prevede elementi (9,10) atti a creare con la base (7A) della capsula, in cui è previsto detto foro, una camera d'aria chiusa, almeno un tratto di detti elementi essendo costituito da una membrana elastica (10) presentante una massa inerziale (11).

13. Dispositivo secondo la rivendicazione 12, caratterizzato dal fatto che la capsula microfonica è del tipo "electret".

14. Dispositivo secondo la rivendicazione 12, caratterizzato dal fatto che la capsula microfonica è del tipo elettromagnetico.

15. Dispositivo secondo la rivendicazione 7, caratterizzato dal fatto che i mezzi di rilevamento (1) comprendono una unità di condizionamento (6) del segnale proveniente da un trasduttore (5) detta unità comprendendo una sezione di amplificazione (6A) di tale



Roberto Brambilla

20 MAG. 1997

segnale ed una di filtraggio (6D).

16. Dispositivo secondo la rivendicazione 15, caratterizzato dal fatto che la sezione di amplificazione (6A) è del tipo a controllo automatico del guadagno.

17. Dispositivo secondo la rivendicazione 15, caratterizzato dal fatto che la sezione di filtraggio (6D) è del tipo passabanda e prevede un primo stadio passa alto (6B) ed un secondo stadio (6C) del tipo sintonizzabile da un microprocessore (4A) al fine di eliminare frequenze di oscillazione o armoniche al di sopra della frequenza fondamentale.

18. Dispositivo secondo la rivendicazione 17, caratterizzato dal fatto che il primo stadio di filtraggio (6B) ha una frequenza di taglio di 2Hz.

19. Dispositivo secondo la rivendicazione 17, caratterizzato dal fatto che il secondo stadio di filtraggio passa-basso (6C) è controllato dal microprocessore (4A) in modo da poter assumere una frequenza di taglio compresa tra 2 e 70 Hz.

20. Dispositivo secondo la rivendicazione 15, caratterizzato dal fatto che l'unità di condizionamento (6) prevede in serie alla sezione di filtraggio (6B) una sezione di digitalizzazione del segnale (6E).

21. Dispositivo secondo la rivendicazione 7, caratterizzato dal fatto che i mezzi di elaborazione (4) comprendono una sezione per il calcolo di un valore medio della frequenza di oscillazione rilevata dai mezzi di rilevamento (5,6).



Paul O. Briden

22. Dispositivo secondo la rivendicazione 21, caratterizzato dal fatto che la sezione per il calcolo del valore medio utilizza un filtraggio numerico del tipo FIR.

23. Dispositivo secondo la rivendicazione 7, caratterizzato dal fatto che i mezzi di rilevamento (5,6), di digitalizzazione (7), di interfaccia (3) e di elaborazione (4) sono alloggiati in un contenitore impermeabile, portatile, alimentato a batteria.

24. Dispositivo secondo la rivendicazione 7, caratterizzato dal fatto che almeno i mezzi di elaborazione (4) e di interfaccia (3) sono funzionalmente sostituiti da un elaboratore "personal computer".

Red. D. Butcher

20 MAG. 1997



UD 97 A 00 0 095

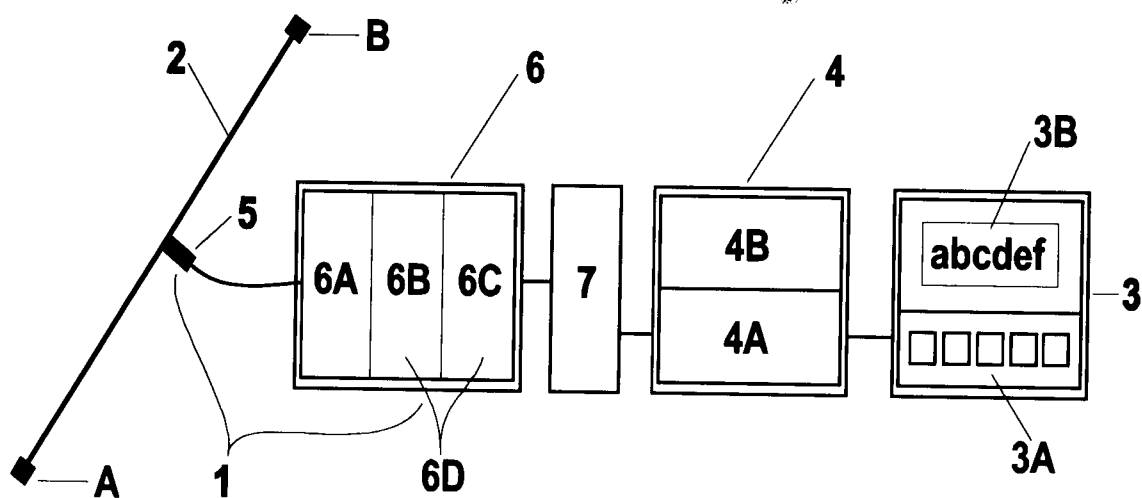


Fig.1

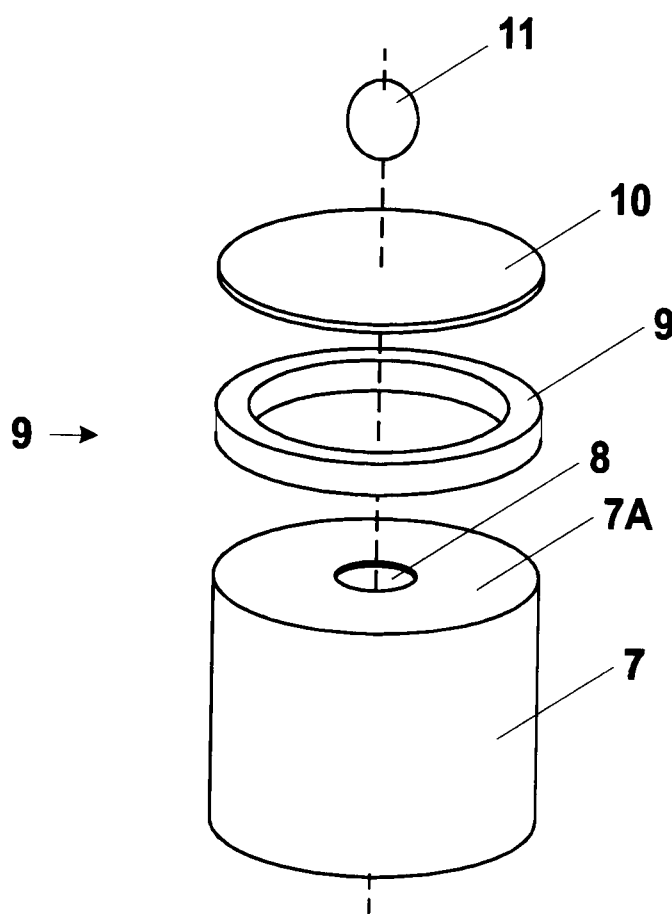


Fig.2

20 MAG. 1997

Patent
Doc. D. B. B. B.