



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

UIBM

DOMANDA NUMERO	102000900851023
Data Deposito	01/06/2000
Data Pubblicazione	01/12/2001

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	F		

Titolo

MISURATORE DI PORTATA A VIBRAZIONI DI GUSCIO CON MASSE AGGIUNTE

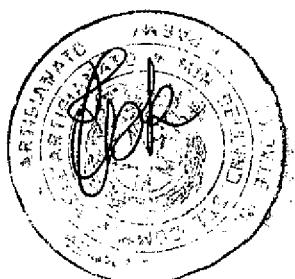
M 4

DESCRIZIONE dell'INVENZIONE avente per TITOLO: "MISURATORE DI PORTATA A VIBRAZIONI DI GUSCIO CON MASSE AGGIUNTE" a nome degli ing. Marco Amabili, residente a S. Benedetto del Tronto (AP) via De Gasperi n° 51, e Rinaldo Garziera, residente ad Appiano Gentile (CO).

TESTO DELLA DESCRIZIONE

Un guscio sottile è caratterizzato dall'avere spessore h molto minore di R ed una lunghezza L dello stesso ordine di grandezza del raggio R . I misuratori di portata esistenti a forza di Coriolis sfruttano le vibrazioni di un tubo di lunghezza L molto maggiore del raggio R ($L = 20 \sim 100 R$), che quindi si comporta come un corpo monodimensionale (trave). Infatti il modo di vibrare utilizzato per la misura prevede l'oscillazione dell'asse del tubo stesso.

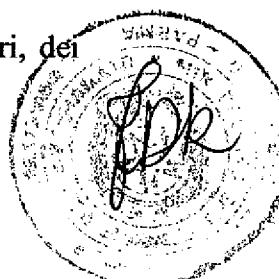
Il misuratore di portata e densità a guscio oscillante (vedi Figura 1) sfrutta i modi di vibrare con più di una onda circonferenziale del guscio; tali forme modali sono descritte da una figura lobata regolare in una sezione trasversale del guscio, come mostrato in Figura 2. I modi con più di una onda circonferenziale non presentano spostamento dell'asse del guscio. Questi modi di vibrare sono quelli a frequenza più bassa per un guscio corto e pertanto permettono la realizzazione di strumenti di misura più compatti di quelli a forza di Coriolis esistenti. Il fatto che il guscio oscillante abbia lunghezza dello stesso ordine di grandezza del raggio permette l'applicazione su condotti di grande diametro senza essere costretti a creare misuratori estremamente lunghi (e quindi costosi) come quelli esistenti. Più il guscio è corto rispetto al diametro, maggiore è il numero di onde circonferenziali che ha il modo fondamentale (cioè il modo a frequenza più bassa). La sensibilità dello strumento, cioè la differenza di fase misurata dai sensori, cresce all'aumentare del numero di onde circonferenziali.



Lo strumento di misura a guscio oscillante è composto da un guscio circolare cilindrico che deve essere collegato alla tubazione che trasporta il flusso da misurare. Si osserva che il guscio circolare cilindrico può essere sostituito da gusci a sezione non circolare o ad asse non rettilineo senza che sia alterato il principio di funzionamento degli strumenti di misura oggetto della presente rivendicazione; quindi anche tali varianti saranno oggetto di rivendicazione. Un esempio di connessione del guscio a solo titolo esplicativo, ma non limitativo, è illustrata nella Figura 1; in molte applicazioni sarà opportuno prevedere dei raccordi tronco conici tra la tubazione ed il misuratore e delle flange di collegamento.

Il guscio può essere posto in oscillazione da uno o più eccitatori, sebbene la vibrazione potrebbe anche solo essere indotta dal flusso in particolari applicazioni senza alterare il funzionamento dello strumento. Il modo fondamentale di vibrare sembra essere il più vantaggioso per la realizzazione dello strumento di misura a guscio vibrante, sebbene l'utilizzo di altri modi a frequenza più alta non cambi il principio di funzionamento dello strumento e quindi siano da ritenere varianti coperte dalla presente rivendicazione.

Sembra conveniente che la misura della vibrazione sia effettuata per mezzo di due sensori posti sulla stessa generatrice del cilindro dove è posizionato un eccitatore, ed in posizioni assiali sufficientemente distanti. Una possibile configurazione, a solo titolo esplicativo ma non limitativo, è mostrata in Figura 1, dove i sensori sono stati posti a distanza uguale dalla mezzeria del guscio. E' altresì evidente che un numero diverso di sensori può essere utilizzato per effettuare la misura di vibrazione senza alterare il principio di funzionamento dello strumento, così come sono possibili posizionamenti diversi dei sensori, tutte soluzioni da considerare come varianti coperte dalla presente rivendicazione. I sensori stessi possono essere degli accelerometri, dei



sensori di prossimità capacitivi, dei sensori ottici o qualsiasi altro tipo di sensore adatto a misurare spostamento, velocità od accelerazione.

Il misuratore di portata a guscio vibrante è basato sul principio che i modi di vibrare di un guscio circolare cilindrico (o di un guscio di forma diversa, come preventivamente detto) vengono modificati dal passaggio al suo interno di un flusso. Per un guscio simmetrico senza masse aggiunte il modo fondamentale di vibrare ha forma modale simmetrica rispetto ad un piano (ortogonale all'asse del guscio) posto a metà della lunghezza del guscio stesso ed è un modo naturale, cioè tutti i punti del guscio che si muovono in fase. La presenza di un flusso fa sì che la forma del modo fondamentale di vibrare perda la sua simmetria e presenti una differenza di fase tra punti posti assialmente in posizioni diverse. La presenza di modi complessi, con differenza di fase tra punti distanti assialmente, è una caratteristica dei sistemi giroscopici. Tale differenza di fase, oppure il tempo di ritardo nel raggiungere una certa ampiezza (ad esempio la massima ampiezza) nella posizione stabilita, possono essere utilizzati per ricavare la portata di massa del flusso. Tale caratteristica è pressoché lineare, tenendosi a debita distanza dalla velocità critica del guscio.

La differenza di fase viene calcolata tra i segnali registrati dai sensori di vibrazione. Il tempo di ritardo viene calcolato tra i segnali che giungono dai sensori, per esempio (non limitativo) per mezzo di una cross-correlazione dei segnali stessi. Tale misura del tempo di ritardo, oltre che avere una caratteristica lineare, è indipendente dalla densità del fluido permettendo una misura della portata di massa.

La misura di densità di massa del flusso si può ottenere anch'essa per mezzo del guscio vibrante. Infatti le frequenze naturali del guscio sono funzione della densità di massa del fluido contenuto fermo; la velocità del fluido, nel campo di interesse dello strumento, pressoché non altera questo risultato. Quindi la misura è indipendente dalla



velocità del flusso. La caratteristica lineare è ottenuta tra la densità e l'inverso del quadrato delle frequenze di vibrazione. Pertanto è possibile la misura indipendente della portata di massa e della densità con lo stesso guscio vibrante.

Un corretto funzionamento dello strumento di misura a guscio vibrante si ottiene quando si conosce esattamente il modo di vibrazione del guscio. Per far ciò l'utilizzo degli eccitatori risulta utile. Tali eccitatori possono essere controllati in frequenza in modo da eccitare il modo voluto per ogni densità di massa del flusso; infatti densità diverse danno luogo a diverse frequenze di vibrazione del guscio, come già detto.

Al fine di evitare che altri modi, oltre a quello desiderato, partecipino alla vibrazione del guscio è utile avere una sufficiente separazione tra la frequenza del modo desiderato e quelli più prossimi in frequenza. Una buona separazione in frequenza del modo fondamentale del guscio dai modi successivi è ottenibile con un buon proporzionamento del guscio. Tale separazione può essere migliorata attraverso l'inserimento di opportune masse aggiunte al guscio stesso. Tali masse possono essere anche quelle dei sensori e degli eccitatori stessi, nel caso che si utilizzino sensori ed eccitatori a contatto con il guscio vibrante. Un vantaggioso posizionamento di tali masse è circonferenzialmente su un antinodo rispetto all'eccitazione, eventualmente sulla stessa generatrice di posizionamento dei sensori di vibrazione. L'effetto di una massa aggiunta è quello di traslare la frequenza dei modi verso valori minori; ma tale traslazione è maggiore per il modo fondamentale rispetto ai successivi, come chiaramente illustrato in Figura 3 che mostra la recettanza ("receptance") del guscio e quella di una massa puntiforme. I punti di intersezione sono le nuove frequenze del sistema con la massa aggiunta mentre le frequenze originali del guscio sono gli asintoti verticali della recettanza del guscio.

Altro vantaggio fornito dall'aggiunta di masse localizzate sul guscio è quello di



incrementare la sensibilità dello strumento. A titolo esemplificativo ma non limitativo, l'inserimento di masse aggiunte sulla stessa generatrice di un guscio circolare cilindrico dove sono posizionati i sensori di rilevamento di vibrazione permette un notevolissimo incremento della differenza di fase (sensibilità dello strumento). Ovviamente l'entità di queste masse deve essere opportunamente calibrata per massimizzare l'effetto desiderato senza alterare la linearità dello strumento. Anche il posizionamento delle masse assialmente è importante. A titolo esemplificativo, delle masse poste in corrispondenza dei punti di misura della vibrazione incrementano notevolmente la sensibilità dello strumento.

Si deve osservare che la meccanica di vibrazione di un guscio con masse aggiunte è profondamente diversa da quella di un guscio senza masse (Figura 4). Infatti le forme modali vengono distorte in modo significativo, al punto da renderle di forma diversa dai modi del guscio senza masse. Inoltre c'e' una perdita della simetria. Per questa ragione l'oggetto della presente rivendicazione, cioè la misura della portata di massa e della densità attraverso un guscio oscillante con masse aggiunte va considerata come idea profondamente innovativa rispetto a quella della vibrazione di un guscio senza masse, che rappresenta un sistema molto più semplice e non ottimizzato dal punto di vista della separazione in frequenza e della sensibilità.

I misuratori a guscio oscillante oggetto della presente rivendicazione possono anche essere inseriti in un flusso, anulare od illimitato, oltreche' contenere un flusso come descritto in precedenza, restando identico il loro funzionamento. In tali applicazioni i sensori e gli eventuali eccitatori saranno posizionati dalla parte opposta della pelle del guscio rispetto a quella lambita dal flusso.



RIVENDICAZIONI

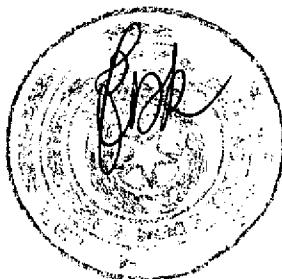
1. Misuratore di portata di massa e di velocità di un flusso (di fluido, liquido o gas, e di solido a particelle) a guscio vibrante con masse localizzate aggiunte. Tale misura è effettuata valutando la differenza di fase o il tempo di ritardo tra i segnali provenienti dai sensori di vibrazione (con o senza contatto) posti sul guscio stesso, eventualmente fungendo essi stessi da masse aggiunte. L'effetto delle masse aggiunte al guscio è quello di incrementare la separazione in frequenza tra il modo eccitato e gli altri modi e di incrementare la sensibilità (differenza di fase) dello strumento.
2. Misuratore densità di massa di un fluido (liquido o gas, e di solido a particelle), fermo od in moto, a guscio vibrante con masse localizzate aggiunte. Tale misura è effettuata valutando la differenza di fase o il tempo di ritardo tra i segnali provenienti dai sensori di vibrazione (con o senza contatto) posti sul guscio stesso, eventualmente fungendo essi stessi da masse aggiunte. L'effetto delle masse aggiunte al guscio è quello di incrementare la separazione in frequenza tra il modo eccitato e gli altri modi e di incrementare la sensibilità (differenza di fase) dello strumento.
3. Misuratore di portata di massa, di velocità di un flusso (di fluido, liquido o gas, e di solido a particelle) e densità di massa a guscio vibrante molto corto con e senza masse aggiunte in modo che la forma modale di vibrazione presenti molte onde circonferenziali. Tale misura è effettuata valutando la differenza di fase o il tempo di ritardo tra i segnali provenienti dai sensori di vibrazione (con o senza contatto) posti sul guscio stesso, eventualmente fungendo essi stessi da masse aggiunte.

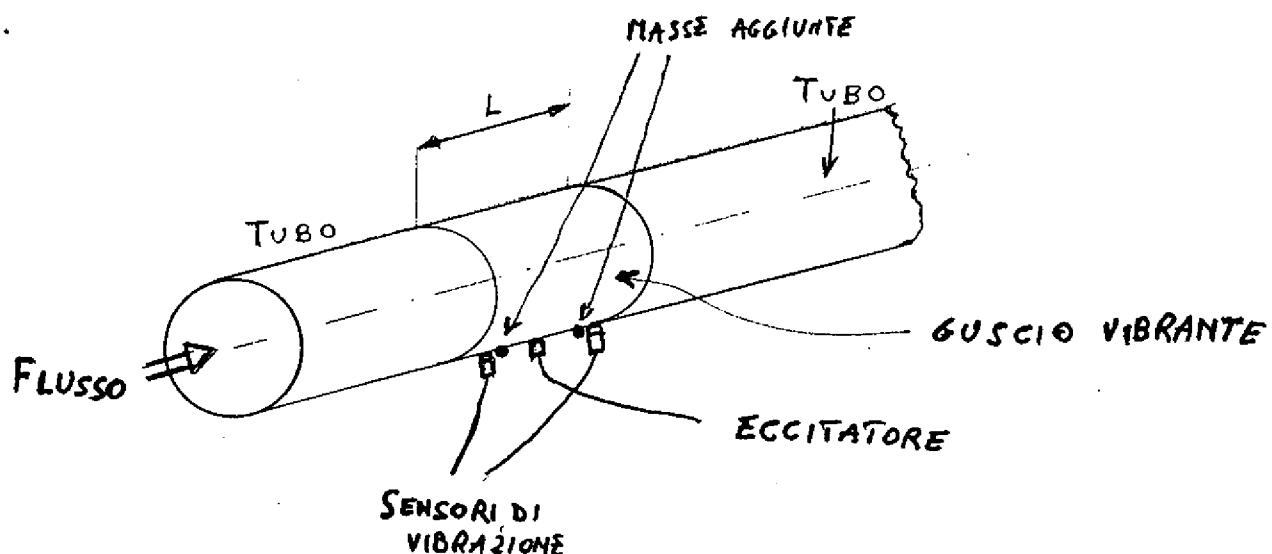
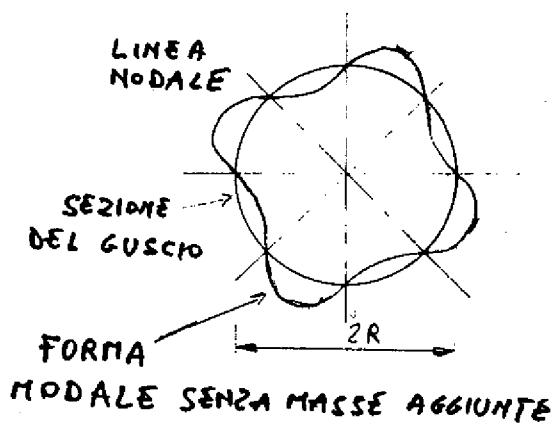
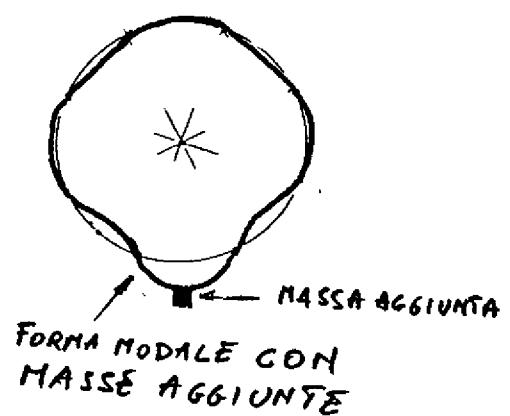
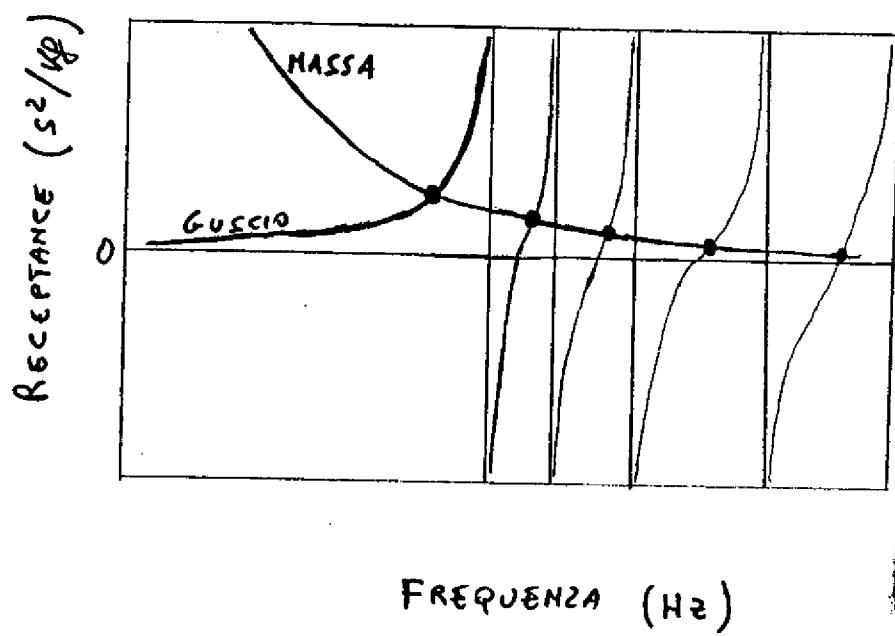
Le rivendicazioni 1, 2 e 3 sono da intendersi per flussi interni, esterni ed anulari rispetto al guscio oscillante. Inoltre la forma del guscio vibrante può essere circolare cilindrica,



cilindrica a sezione non circolare oppure il guscio può avere asse curvilineo con sezione generica. In queste categorie vanno inclusi sia gusci chiusi che aperti in senso circonferenziale, gusci lunghi (tubi) e gusci piatti (piastre) con diverse condizioni di vincolo ai bordi.

Relativamente alle rivendicazioni ai punti 1, 2 e 3, si deve osservare che la meccanica di vibrazione di un guscio con masse aggiunte è profondamente diversa da quella di un guscio senza masse. Infatti le forme modali vengono distorte in modo significativo, al punto da renderle di forma diversa dai modi del guscio senza masse. Inoltre c'è una perdita della simmetria. Per questa ragione l'oggetto delle presenti rivendicazioni, cioè la misura della portata di massa e della densità attraverso un guscio oscillante con masse aggiunte va considerata come idea profondamente innovativa rispetto a quella della vibrazione di un guscio senza masse, che rappresenta un sistema molto più semplice e non ottimizzato dal punto di vista della separazione in frequenza e della sensibilità.



FIGURA 1FIGURA 2FIGURA 4FIGURA 3