



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

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102015000087484
Data Deposito	23/12/2015
Data Pubblicazione	23/06/2017

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	H	3	12
Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	02	D	41	28

Titolo

DISPOSITIVO PER L'ACQUISIZIONE ED IL CONDIZIONAMENTO DI UN SEGNALE ACUSTICO
GENERATO DA UNA SORGENTE DISPOSTA NEL VANO MOTORE DI UN VEICOLO

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

"DISPOSITIVO PER L'ACQUISIZIONE ED IL CONDIZIONAMENTO DI UN
SEGNALE ACUSTICO GENERATO DA UNA SORGENTE DISPOSTA NEL VANO
MOTORE DI UN VEICOLO"

di MAGNETI MARELLI S.P.A.

di nazionalità italiana

con sede: VIALE ALDO BORLETTI 61/63

CORBETTA (MI)

Inventori: DE CESARE Matteo, COVASSIN Federico, BARBUTO
Antonio, MONTI Federico

*** **

SETTORE DELLA TECNICA

La presente invenzione è relativa ad un dispositivo per l'acquisizione ed il condizionamento di un segnale acustico generato da una sorgente disposta nel vano motore di un veicolo.

ARTE ANTERIORE

Nell'ambito automobilistico è noto l'uso di sensori quali microfoni e/o accelerometri per l'acquisizione dei segnali generati da una sorgente all'interno del vano motore che vengono poi opportunamente trattati con algoritmi specifici per ricavare informazioni riguardanti i componenti disposti nel vano motore, come ad esempio la velocità di rotazione del turbocompressore, l'insorgere di

fenomeni di detonazione, i fenomeni di mancata accensione, il carico del motore, la chiusura delle valvole di aspirazione e/o scarico, etc.

Tipicamente, i sensori vengono installati direttamente sulla unità elettronica di controllo del motore a combustione interna oppure vengono alloggiati su un dispositivo di misurazione provvisto di un'unità di elaborazione (un microcontrollore) del segnale che è a sua volta collegato alla unità elettronica di controllo del motore a combustione interna.

Ad esempio, il documento EP-A1-1843024 descrive un metodo di controllo di un motore a combustione interna comprendente un blocco motore contenente degli organi rotanti ed una unità di controllo fisicamente separata dal blocco motore e provvista di un numero di sensori, i quali sono predisposti per rilevare l'intensità delle onde di pressione generate dal motore a combustione interna. L'unità di controllo è configurata per determinare, in funzione dell'intensità delle onde di pressione rilevate dai sensori, il valore di almeno un parametro funzionale del motore quale ad esempio, la velocità degli organi rotanti oppure l'insorgenza di fenomeni di detonazione all'interno dei cilindri.

Una soluzione del tipo sopra descritto presenta però alcuni svantaggi. In particolare, l'applicazione del

sensore direttamente sull'unità di controllo del motore a combustione interna risulta essere limitante dal punto di vista della flessibilità di posizionamento, a causa dei vincoli imposti dalle dimensioni dell'unità elettronica di controllo. Inoltre, tali soluzioni presentano costi non trascurabili, che sono legati ai componenti elettronici di elaborazione e processamento dei segnali di cui è provvisto il dispositivo di misurazione stesso.

DESCRIZIONE DELLA INVENZIONE

Scopo della presente invenzione è, pertanto, quello di fornire un dispositivo per l'acquisizione ed il condizionamento di un segnale acustico generato da una sorgente disposta nel vano motore di un veicolo che sia privo degli inconvenienti dello stato dell'arte e che sia di facile ed economica realizzazione.

Secondo la presente invenzione viene fornito un dispositivo per l'acquisizione ed il condizionamento di un segnale acustico generato da una sorgente disposta nel vano motore di un veicolo secondo quanto rivendicato nelle rivendicazioni allegate.

BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

La presente invenzione verrà ora descritta con riferimento ai disegni annessi, che ne illustrano un esempio di attuazione non limitativo, in cui:

- la figura 1 è una vista schematica di un

turbocompressore di un motore a combustione interna, al quale è affacciato un dispositivo per l'acquisizione ed il condizionamento di un segnale acustico realizzato in accordo con la presente invenzione;

- la figura 2 è una vista schematica e prospettica di una prima forma di attuazione del dispositivo della figura 1;

- la figura 3 è una vista schematica e prospettica di una seconda forma di attuazione del dispositivo della figura 1;

- la figura 4 è uno schema che illustra il principio di direzionalità utilizzato dal dispositivo delle figure 2 e 3; e

- le figure 5a-5c sono dei diagrammi, in particolare spettrogrammi, che illustrano i segnali acustici acquisiti dal dispositivo di acquisizione e condizionamento delle figure da 2 a 4.

FORME DI ATTUAZIONE PREFERITE DELL'INVENZIONE

Nella figura 1, con il numero 1 è indicato nel suo un motore a combustione interna alloggiato nel vano motore di un veicolo e comprendente un turbocompressore 1*. Il turbocompressore 1* è a sua volta provvisto di una turbina 2 e di un compressore 3 provvisto di un disco 4 palettato girevole attorno ad un asse Z di rotazione ed un diffusore 5 fisso. Come è noto, il compressore 3 è disposto lungo un

condotto di aspirazione (non illustrato), mentre la turbina 2 è disposta lungo un condotto di scarico(non illustrato). La turbina 2 ed il compressore 3 sono collegati tra loro meccanicamente; in questo modo, i gas di scarico espulsi dai cilindri (non illustrati) portano in rotazione ad alta velocità la turbina 2, che trascina in rotazione il compressore 3, così da aumentare la pressione dell'aria alimentata nel condotto di aspirazione.

All'interno del vano motore, è alloggiato un dispositivo 6 per l'acquisizione ed il condizionamento di un segnale S sonoro da cui derivare informazioni funzionali sul turbocompressore 1*, come ad esempio la velocità di rotazione del disco 4 palettato. Secondo una preferita variante il dispositivo 6 per l'acquisizione ed il condizionamento di un segnale S sonoro è disposto in una posizione affacciata al ed in corrispondenza del turbocompressore 1*. Secondo una ulteriore variante, il dispositivo 6 per l'acquisizione ed il condizionamento di un segnale S sonoro è alloggiato in un qualsiasi punto del vano motore.

Secondo quanto meglio illustrato nelle figure da 2 a 4, il dispositivo 6 per l'acquisizione ed il condizionamento di un segnale sonoro comprende due gruppi 7, 8 di misurazione, ciascuno dei quali è provvisto di rispettivi microfoni 9 configurati per l'acquisizione del

segnale S sonoro lungo una rispettiva direzione X e Y di provenienza. In altre parole, i due gruppi 7, 8 di misurazione sono atti ad acquisire il segnale S sonoro lungo due direzioni X e Y di provenienza che sono tra loro differenti.

In particolare, il gruppo 7 di misurazione è realizzato in modo tale da rilevare il segnale S sonoro nella direzione X di provenienza ed è provvisto di almeno due microfoni 9* rivolti verso una sorgente 10 di interesse, come ad esempio il disco 4 palettato del turbocompressore 1*. Il gruppo 8 di misurazione è realizzato invece in modo tale da rilevare il segnale S sonoro nella direzione Y di provenienza ed è provvisto di almeno un microfono 9** che non è rivolto verso la sorgente 10 di interesse. Il microfono 9** è preferibilmente orientato verso l'ambiente circostante per rilevare il rumore ambientale.

Nella trattazione che segue, si indicherà con S il segnale sonoro in generale rilevato dal dispositivo 6 e generato dalla sorgente 10 di interesse, con S_x il segnale rilevato lungo la direzione X di provenienza generato dalla sorgente 10 di interesse e con S_y il segnale rilevato lungo la direzione Y di provenienza generato dalla sorgente 10 di interesse.

Il gruppo 7 di misurazione è orientato verso la

sorgente 10 (cioè è orientato nella direzione X di provenienza) e rileva il segnale S_x il cui andamento è illustrato nella figura 5a. Come illustrato nello spettrogramma, il segnale S_x comprende sia un segnale S_s ad alte frequenze emesso dalla sorgente 10, sia un segnale S_a generato dall'ambiente circostante (cioè il cosiddetto rumore ambientale) a frequenza medio basse.

Il gruppo 8 di misurazione, invece, è orientato verso l'ambiente circostante (cioè è orientato nella direzione Y di provenienza) e rileva il segnale S_y , il cui andamento è illustrato nella figura 5b. Come illustrato nello spettrogramma, il segnale S_y comprende solo il segnale S_a emesso dall'ambiente circostante (cioè solo il rumore ambientale) a frequenza medio basse e non è interessato dal segnale S_s emesso dalla sorgente 10. Il segnale rilevato dal gruppo 8 di misurazione è utilizzato per rimuovere il rumore ambientale dal segnale rilevato dal gruppo 7 di misurazione.

I segnali S_x , S_y acquisiti vengono trasmessi ad un filtro 11 di condizionamento e ad un filtro 12 anti-aliasing. Nello specifico, il filtro 11 di condizionamento è realizzato per eliminare una frequenza f continua nei segnali S_x , S_y acquisiti ed effettuare almeno uno stadio di amplificazione. Mentre, il filtro 12 anti-aliasing è configurato per filtrare le frequenze f superiori alla metà

di una frequenza f_c di campionamento.

Nelle figure 2 e 3 è illustrato il dispositivo 6 per l'acquisizione ed il condizionamento che comprende un corpo 13 di supporto scatolare che è configurato per alloggiare i due gruppi 7, 8 di misurazione, il filtro 11 di condizionamento ed il filtro 12 anti-aliasing. Nella preferita forma di attuazione il corpo 13 di supporto presenta una forma sostanzialmente parallelepipedica.

Secondo una prima forma di attuazione illustrata nella figura 2, il corpo 13 di supporto presenta in corrispondenza di una parete 14 frontale il gruppo 7 di misurazione ed in corrispondenza di una parete 15 laterale, disposta ortogonalmente alla parete 14 frontale, il gruppo 8 di misurazione. In altre parole, il gruppo 7 di misurazione è ricavato in corrispondenza della parete 14 frontale che è disposta ortogonalmente rispetto alla direzione X di provenienza; mentre, il gruppo 8 di misurazione è ricavato in corrispondenza della parete 15 laterale che è disposta ortogonalmente rispetto alla direzione Y di provenienza. In questo caso la direzione X di provenienza è ortogonale alla direzione Y di provenienza.

In questa forma di attuazione, il gruppo 7 di misurazione comprende rispettivamente almeno due microfoni 9*, in particolare quattro microfoni 9* disposti su due

righe e due colonne ed equispaziati fra di loro. Analogamente, il gruppo 8 di misurazione comprende rispettivamente almeno un microfono 9**, in particolare quattro microfoni 9** disposti su due righe e due colonne ed equispaziati fra di loro.

Secondo una seconda forma di attuazione, illustrata nella figura 3, il corpo 13 di supporto presenta in corrispondenza della parete 14 frontale sia il gruppo 7 di misurazione sia il gruppo 8 di misurazione.

In questa forma di attuazione, il gruppo 7 di misurazione comprende tre microfoni 9* mentre, il gruppo 8 di misurazione è ottenuto mediante un singolo microfono 9**. I quattro microfoni 9 sono disposti su due righe e due colonne ed equispaziati fra di loro. Il gruppo 8 di misurazione è ottenuto mediante la schermatura di un microfono 9. In questo modo, pur essendo disposto con lo stesso orientamento dei microfoni 9*, il microfono 9** non potrà rilevare il segnale S_x in direzione X di provenienza (essendo schermato lungo detta direzione X di provenienza) e potrà acquisire esclusivamente il segnale S_y lungo la direzione Y di provenienza.

In altre parole, in questa forma di attuazione, i gruppi 7, 8 di rilevazione sono disposti in corrispondenza della stessa parete 14 frontale del corpo 13 di supporto che è disposta ortogonalmente rispetto alla direzione X di

provenienza ma almeno uno dei microfoni 9 risulta essere schermato in modo tale da definire il gruppo 8 di misurazione. Appare evidente che sono possibili ulteriori varianti in cui il gruppo 7 di misurazione comprende due microfoni 9* allineati mentre, il gruppo 8 di misurazione è ottenuto mediante un singolo microfono 9**.

I microfoni 9 che sono allineati nella stessa riga sono disposti l'uno rispetto all'altro ad una distanza D_1 prestabilita; mentre, i microfoni 9 sovrapposti lungo la stessa colonna sono disposti l'uno rispetto all'altro ad una distanza D_2 prestabilita. Le distanze D_1 e D_2 sono calcolate come meglio descritto nella trattazione che segue.

E' chiaro che i microfoni 9 possono essere disposti con un qualsiasi layout in cui la direzione X di provenienza è diversa dalla direzione Y di provenienza.

Il dispositivo 6 per l'acquisizione ed il condizionamento sfrutta il principio di direzionalità dei segnali s sonori che si basa sul ritardo di ricezione da parte di diversi microfoni 9 del segnale S sonoro generato dall'unica sorgente 10.

In particolare, secondo quanto illustrato nella figura 4, il segnale S sonoro emesso dalla sorgente 10 è rilevato sia dal microfono 9' sia dal microfono 9'', i quali vengono campionati ed elaborati per dare origine ad una sequenza

finita di L campioni, cioè ad un segnale tempo-discreto. Tale sequenza finita di L campioni, ossia il segnale tempo discreto, viene poi elaborato operando un algoritmo noto come trasformata DFT discreta di Fourier (*Discrete Fourier Transform*). Le trasformate DFT discrete di Fourier forniscono una versione campionata dello spettro dei segnali sonori rilevati sia dal microfono 9' sia dal microfono 9'', ossia restituisce i valori in termini di modulo (cioè ampiezza) e fase (cioè posizione) che lo spettro dei segnali sonori rilevati sia dal microfono 9' sia dal microfono 9'' assume in corrispondenza di determinate frequenza equispaziate. In altre parole ancora, la trasformata DFT discreta di Fourier rappresenta un campionamento in frequenza dello spettro dei segnali sonori rilevati sia dal microfono 9' sia dal microfono 9''.

Due vettori, ciascuno dei quali comprende un numero L di elementi (chiamati anche *bin*) contengono le informazioni relative al campionamento in frequenza dello spettro dei segnali sonori rilevati rispettivamente sia dal microfono 9' sia dal microfono 9''. In altre parole, un bin rappresenta il passo di discretizzazione della trasformata DFT discreta di Fourier. Il numero L di bin è opportunamente scelto in modo da soddisfare entrambe le esigenze di rapidità e precisione nella risposta e rappresenta il passo di discretizzazione di trasformata DFT

discreta di Fourier. Il contenuto informativo di ciascuno dei bin L è pari al rapporto f_s/L dove L rappresenta il numero dei bin e f_s rappresenta la frequenza di campionamento. Secondo il ben noto teorema del campionamento di Nyquist-Shannon, da un lato, la frequenza f_s di campionamento deve essere almeno il doppio della frequenza del fenomeno che si vuole osservare; dall'altro lato, è necessario evitare al contempo, di aggravare eccessivamente l'onere computazionale per l'unità ECU di controllo elettronica.

Le trasformate DFT discrete di Fourier calcolate, in maniera sincrona per ogni microfono $9'$, $9''$ vengono elaborate da un apposito algoritmo per tener conto della diversa posizione dei microfoni $9'$, $9''$ e generare una sorta di sensore virtuale per ciascuno dei gruppi di misurazione indicati con 7 e 8.

L'elaborazione delle trasformate DFT discrete di Fourier calcolate, in maniera sincrona per ogni microfono $9'$, $9''$ può consistere nella somma dei segnali rilevati dai diversi microfoni $9'$, $9''$ in modo che eventuali disturbi su un microfono $9'$, $9''$ vengano compensati dai dati provenienti dall'altro microfono $9'$, $9''$; oppure, alternativamente, è possibile rifasare i segnali rilevati dai diversi microfoni $9'$, $9''$ calcolando il ritardo (cioè in funzione delle distanze relative tra i microfoni $9'$, $9''$

e della posizione della sorgente 10 di interesse).

L'onda di pressione sonora generata dalla sorgente 10 non viene però ricevuta in contemporanea dai due microfoni 9' e 9''; il microfono 9'' rileva il segnale S sonoro con un certo ritardo rispetto al microfono 9' dovuto alla distanza Δu aggiuntiva che l'onda di pressione sonora deve percorrere. Tale ritardo temporale nel dominio delle trasformate di Fourier si traduce in uno sfasamento pari a $e^{-i2\pi f\tau}$. In cui, f è la frequenza dell'onda incidente e la grandezza τ è pari a $(d/c)\sin(\theta)$, dove c è la velocità del suono, d è la distanza tra i due microfoni 9', 9'' allineati (cioè la distanza D_1) e θ è l'angolo di incidenza tra il piano definito dai microfoni 9 e la direttrice della sorgente 10. Variando l'angolo θ di incidenza si varia la direzione di rilevamento del segnale S sonoro.

Se la frequenza f dell'onda incidente supera un livello f_{TV} di soglia si ottiene uno sfasamento maggiore di 2π che genera il fenomeno di distorsione del segnale S sonoro noto come aliasing.

Per poter applicare algoritmi di direzionalità senza incorrere nel fenomeno di aliasing deve quindi essere verificata la seguente disuguaglianza:

$$d < \frac{\lambda}{2} = \frac{c}{2f} \quad [2]$$

In cui f è la frequenza dell'onda incidente, c è la velocità del suono e λ la lunghezza d'onda. La disuglianza sopra indicata deve essere verificata sia per la distanza D_1 , sia per la distanza D_2 introdotte in precedenza, che sono quindi funzione della lunghezza d'onda del segnale S sonoro acquisito.

Secondo una terza forma di attuazione, non illustrata, il dispositivo è provvisto di un ulteriore gruppo di misurazione provvisto di almeno un microfono 9**. In particolare, il gruppo 16 di misurazione è atto ad acquisire il segnale S sonoro lungo una terza direzione W , differente rispetto alle direzioni X e Y , in modo tale da ottenere una direttività spaziale.

Nella trattazione che precede si è fatto esplicito riferimento al trattamento del segnale S sonoro generato dalla rotazione del disco 4 palettato del turbocompressore 1* ma il dispositivo 6 per l'acquisizione ed il condizionamento può essere impiegato per il trattamento del segnale S sonoro generato da un qualsiasi componente disposto nel vano motore.

E' sott'inteso che a seconda dei fenomeni che si desidera misurare o monitorare è possibile disporre particolari catene filtranti che consentono di isolare le componenti a diverse frequenze tipiche dei relativi fenomeni.

Il dispositivo 6 per l'acquisizione ed il condizionamento del segnale S sonoro fin qui descritto presenta alcuni vantaggi. In particolare, il dispositivo 6 è compatto, presenta un'elevata flessibilità di posizionamento all'interno del vano motore ed è compatibile con qualsiasi unità ECU di elaborazione elettronica presente a bordo del veicolo.

R I V E N D I C A Z I O N I

1.- Dispositivo (6) per l'acquisizione ed il condizionamento di un segnale (S) sonoro generato da una sorgente (10) disposta nel vano motore di un veicolo comprendente:

un primo gruppo (7) di misurazione provvisto di almeno due primi microfoni (9, 9*) che sono orientati verso la sorgente (10) e sono configurati per il rilevamento di un primo segnale (S_x) acustico lungo una prima direzione (X) di provenienza;

un secondo gruppo (8) di misurazione provvisto di almeno un secondo microfono (9, 9**) configurato per il rilevamento di un secondo segnale (S_y) acustico lungo una seconda direzione (Y) di provenienza;

il dispositivo è **caratterizzato dal fatto che** la prima direzione (X) di provenienza è diversa dalla seconda direzione (Y) di provenienza.

2.- Dispositivo secondo la rivendicazione 1 e comprendente un filtro (11) di condizionamento del primo segnale (S_x) acustico e del secondo segnale (S_y) acustico; ed un filtro (12) anti-aliasing del primo segnale (S_x) acustico e del secondo segnale (S_y) acustico.

3.- Dispositivo secondo la rivendicazione 1 oppure 2, in cui il secondo gruppo (8) di misurazione non è orientato verso la sorgente (10).

4.- Dispositivo secondo la rivendicazione 3, in cui la prima direzione (X) di provenienza è ortogonale alla seconda direzione (Y) di provenienza.

5.- Dispositivo secondo la rivendicazione 3, in cui la prima direzione (X) di provenienza è parallela ma di verso opposto alla seconda direzione (Y) di provenienza.

6.- Dispositivo secondo una delle rivendicazioni precedenti e comprendente un corpo (13) di supporto configurato per alloggiare il primo gruppo (7) di misurazione ed il secondo gruppo (8) di misurazione; in cui, il primo gruppo (7) di misurazione e il secondo gruppo (8) di misurazione sono disposti su differenti pareti (14, 15) del detto corpo (13) di supporto.

7.- Dispositivo secondo la rivendicazione 6, in cui il primo gruppo (7) di misurazione è realizzato in corrispondenza di una parete (14) frontale del corpo (13) di supporto disposta ortogonalmente rispetto alla prima direzione (X) di provenienza ed il secondo gruppo di misurazione è realizzato in corrispondenza di una parete (15) laterale dell'elemento (13) di supporto disposta ortogonalmente rispetto alla seconda direzione (Y) di provenienza.

8.- Dispositivo secondo la rivendicazione 1 oppure 2, in cui il secondo gruppo (8) di misurazione è orientato verso la sorgente (10) e schermato dalla sorgente (10)

lungo detta prima direzione (X) di provenienza.

9.- Dispositivo secondo la rivendicazione 8 e comprendente un corpo (13) di supporto configurato per alloggiare il primo gruppo (7) di misurazione ed il secondo gruppo (8) di misurazione; in cui, il primo gruppo (7) di misurazione ed il secondo gruppo (8) di misurazione sono disposti in corrispondenza di una parete (14) frontale dell'elemento (13) di supporto disposta ortogonalmente rispetto alla prima direzione (X) di provenienza.

10.- Dispositivo secondo una delle rivendicazioni precedenti, in cui i primi microfoni (9*) e/o i secondi microfoni (9**) sono allineati oppure sovrapposti l'uno rispetto all'altro ad una prima distanza (D_1) e rispettivamente ad una seconda distanza (D_2) che sono funzione della lunghezza d'onda del segnale (S) acustico acquisito.

11.- Dispositivo secondo la rivendicazione 10, in cui i primi microfoni (9*) e i secondi microfoni (9**) sono disposti allineati e distanziati l'uno rispetto all'altro dalla prima distanza (D_1) e/o sono disposti sovrapposti e distanziati l'uno rispetto all'altro dalla seconda distanza (D_2).

12.- Dispositivo secondo una delle rivendicazioni precedenti e comprendente un terzo gruppo (16) di misurazione provvisto di almeno un microfono (9**); in cui,

il terzo gruppo (16) di misurazione è configurato per acquisire il segnale (S) acustico lungo una terza direzione (W); ed in cui la prima direzione (X), la seconda direzione (Y) e la terza direzione (W) sono tra loro diverse.

p.i.: MAGNETI MARELLI S.P.A.

Roberta MUSCONI

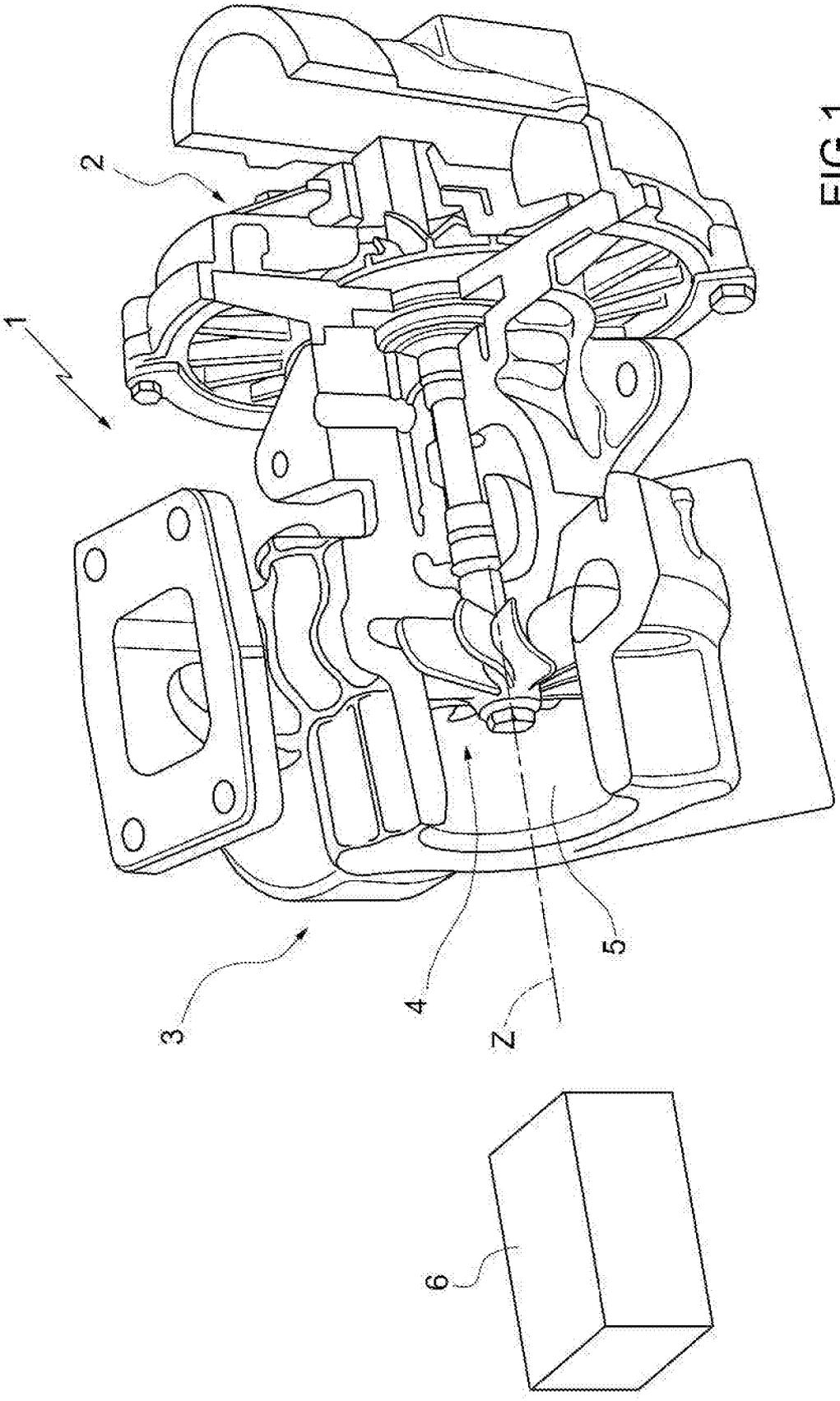
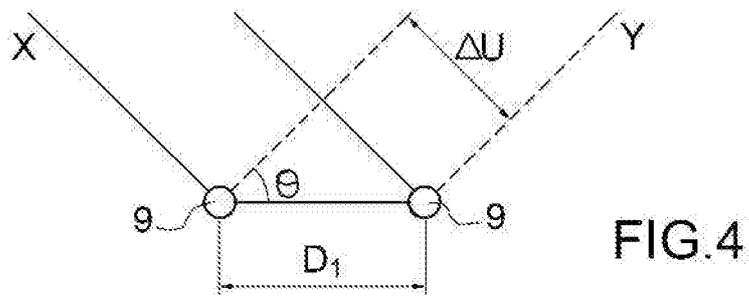
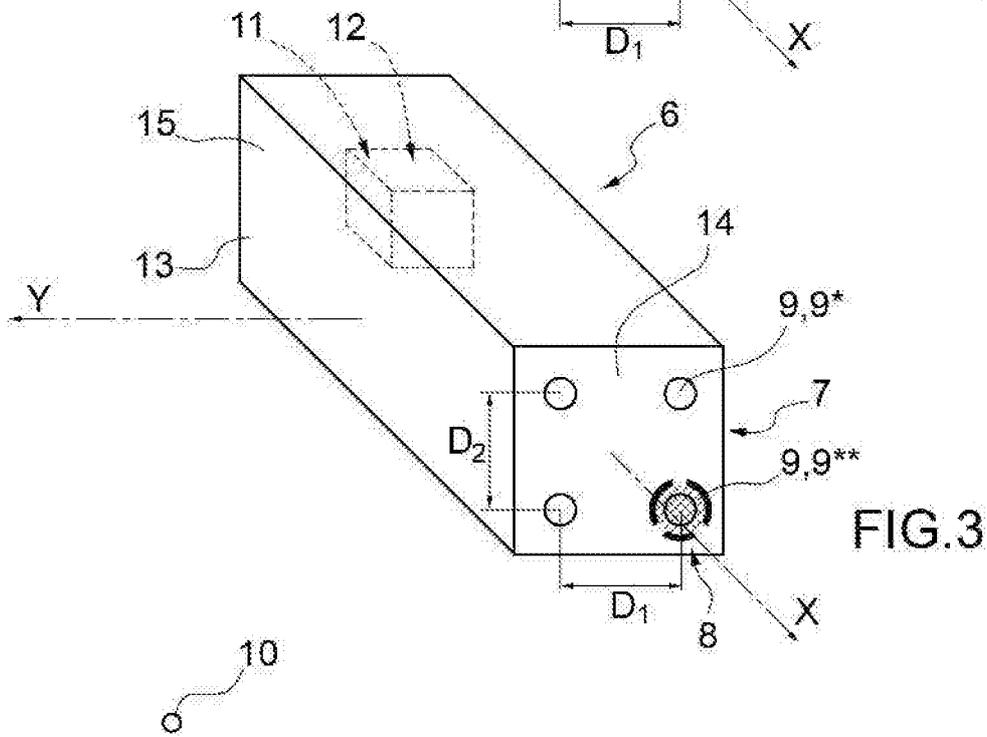
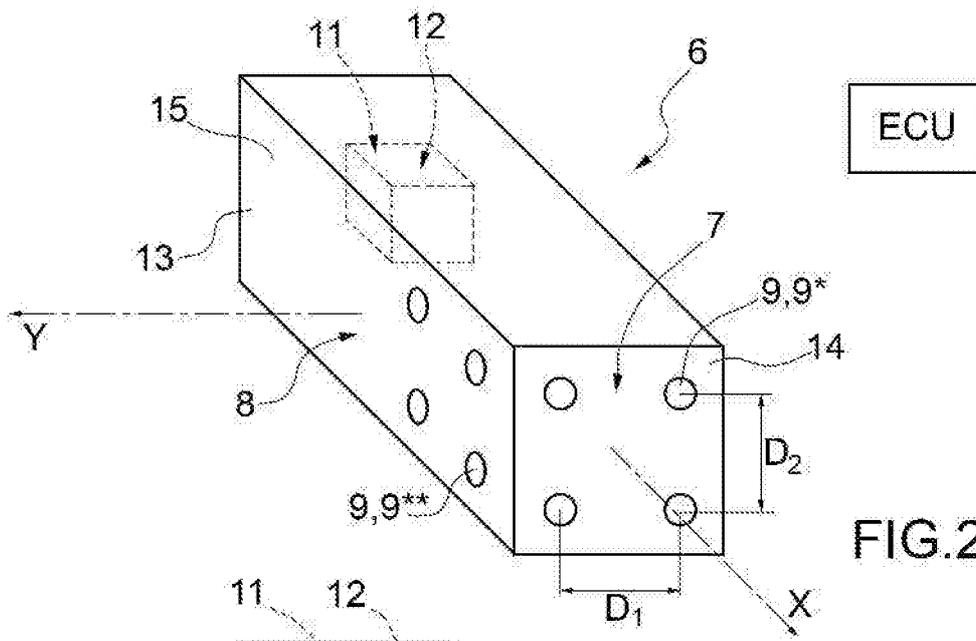


FIG.1



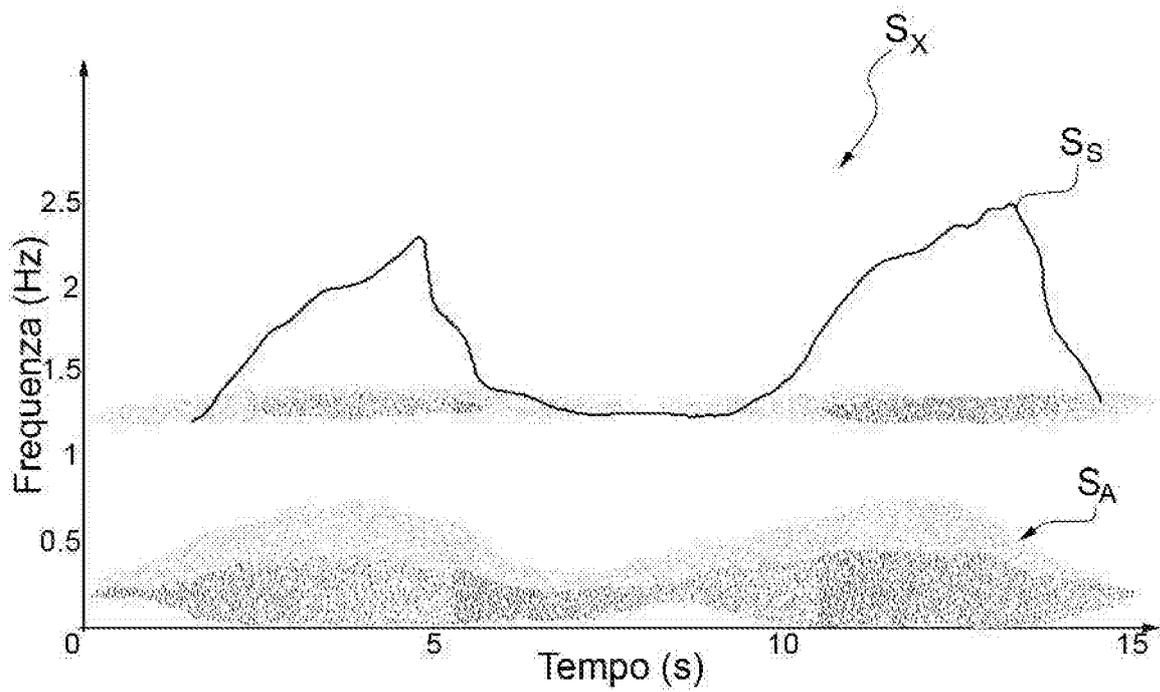


FIG.5a

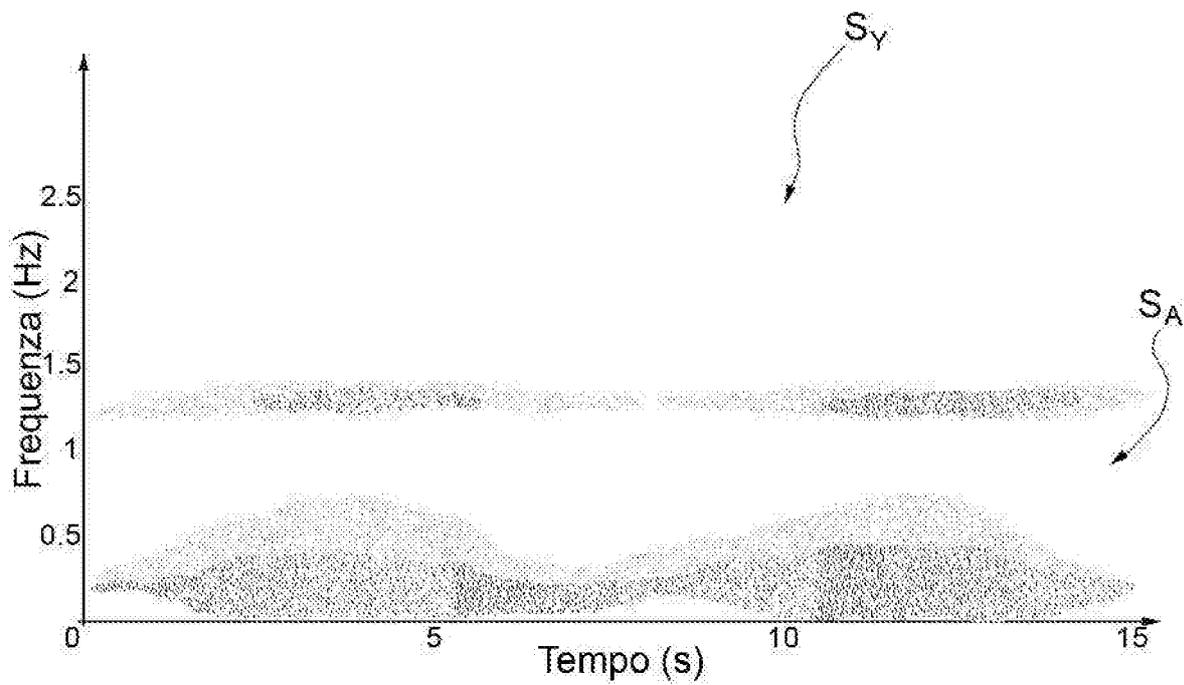


FIG.5b

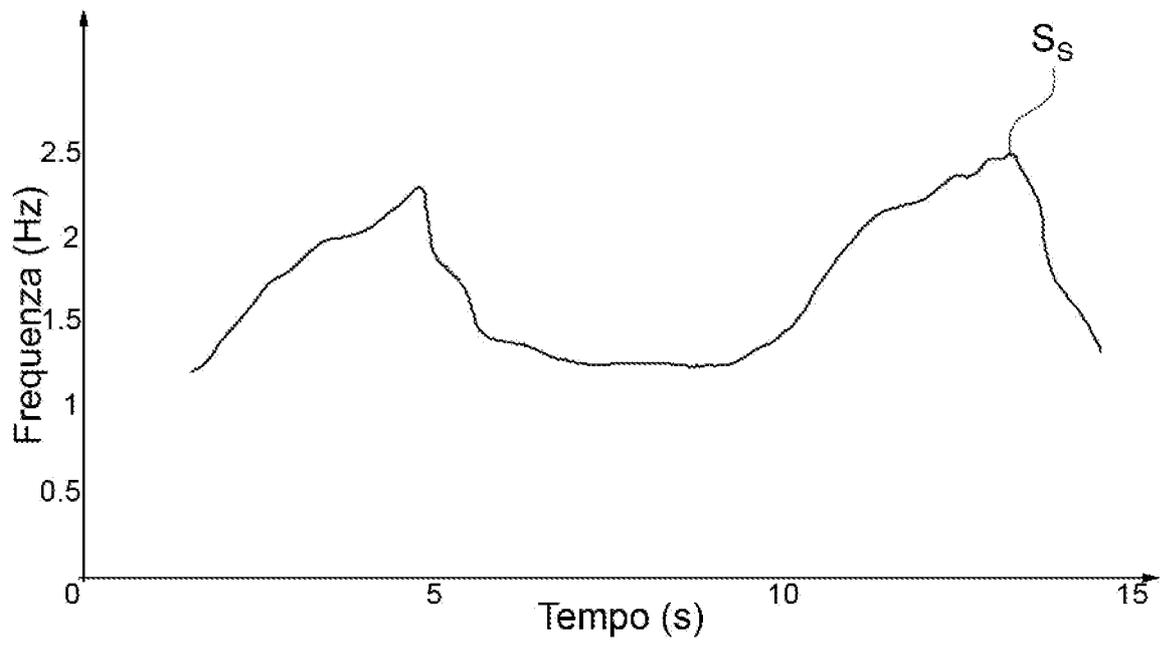


FIG.5c