



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

# UIBM

<b>DOMANDA NUMERO</b>	<b>101997900608981</b>
<b>Data Deposito</b>	<b>04/07/1997</b>
<b>Data Pubblicazione</b>	<b>04/01/1999</b>

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	64	C		

Titolo

**METODO DI SORVEGLIANZA DI UN GRUPPO DI TRASMISSIONE IN UN VEICOLO DOTATO DI SENSORI ACCELEROMETRICI, IN PARTICOLARE IN UN ELICOTTERO.**

D E S C R I Z I O N E

del brevetto per invenzione industriale

di FINMECCANICA S.P.A.

di nazionalità italiana,

con sede a 00195 ROMA, PIAZZA MONTE GRAPPA, 4

Inventori: MAINO Bruno, BELLAZZI Alberto

\*\*\* \*\*

PO 97A 000591

La presente invenzione è relativa ad un metodo di sorveglianza di un gruppo di trasmissione in un veicolo dotato di sensori accelerometrici, in particolare in un elicottero.

Come è noto, negli elicotteri è essenziale monitorare continuamente gli organi di trasmissione del moto per evidenziarne tempestivamente anomalie o condizioni di guasto incipiente ed evitarne la rottura durante il volo.

A tale scopo, la trasmissione è dotata di sensori accelerometrici i cui segnali vengono elaborati per l'evidenziazione di anomalie. Tuttavia gli attuali metodi di elaborazione dei segnali dei sensori per il riconoscimento di anomalie non sono sufficientemente sensibili ed in grado di individuare i guasti con sufficiente anticipo rispetto alla rottura catastrofica.

Scopo della presente invenzione è quello di realizzare un metodo di sorveglianza in grado di

CERBARO Elena  
iscrizione Albo nr 426/BM

evidenziare affidabilmente e precocemente possibili condizioni di anomalia e malfunzionamento che potrebbero portare a guasti.

Secondo la presente invenzione viene realizzato un metodo di sorveglianza di un gruppo di trasmissione in un veicolo dotato di sensori accelerometrici, in particolare in un elicottero, caratterizzato dal fatto di comprendere le fasi di:

- acquisire un primo segnale da un sensore accelerometrico;

- calcolare una trasformata nel dominio delle frequenze di detto primo segnale ottenendo una sequenza iniziale di campioni, ciascuno di detti campioni avendo una propria ampiezza ed una propria frequenza;

- elaborare detta sequenza iniziale di campioni per ottenere una sequenza finale di campioni;

- calcolare un momento di ordine sesto di detta sequenza finale di campioni; e

- confrontare detto momento di ordine sesto con almeno una prima soglia prefissata.

L'invenzione verrà ora descritta con riferimento ai disegni allegati, che ne illustrano esempi di realizzazione non limitativi, in cui:

- la figura 1 è una vista dall'alto di un elicottero, nella quale è evidenziata schematicamente la

trasmissione dell'elicottero stesso;

- la figura 2 presenta uno schema semplificato della trasmissione dell'elicottero mostrante la posizione di sensori associati ai diversi organi della trasmissione;

- le figure 3-5 mostrano schemi di flusso relativi a fasi di metodo secondo l'invenzione; e

- le figure 6-8 mostrano spettri in frequenza relativi al presente metodo.

Nelle figure 1 e 2 un elicottero 100 è mostrato schematicamente relativamente agli organi necessari per la comprensione della presente invenzione.

In particolare, l'elicottero 100 comprende un primo motore 101, un secondo motore 102 ed un terzo motore 103; il primo motore 101 è collegato, tramite una prima linea di trasmissione 104 includente un primo, un secondo ed un terzo riduttore 105-107, ad un ingranaggio di ingresso 108 di un gruppo ingranaggi principale 109; il secondo motore 102 è collegato, attraverso una seconda linea di trasmissione 111 comprendente un quarto, un quinto ed un sesto riduttore 112-114, all'ingranaggio di ingresso 108; e il terzo motore 103 è collegato, attraverso una terza linea di trasmissione 116 comprendente un settimo, un ottavo ed un nono riduttore 117-119, all'ingranaggio di ingresso 108.

L'ingranaggio di ingresso 108 è collegato ad un rotore 121 dell'elicottero 100 attraverso un riduttore epicicloidale 122 appartenente al gruppo ingranaggi principale 109 e comprendente sei satelliti 123 ed un solare 124; l'ingranaggio di ingresso 108 è inoltre collegato, attraverso una quarta linea di trasmissione 125 collegata anche alla prima linea di trasmissione 104, ad una scatola accessori indicata schematicamente con 126 e ad una quinta linea di trasmissione 130 portante ad un rotore di coda 134 e comprendente un ingranaggio di presa di forza 131, giunti intermedi 135-137, una scatola ingranaggi intermedia 139 ed una scatola ingranaggi di coda 140.

Nello schema di fig. 2, sono mostrati quindici sensori accelerometrici 1-15 e due sensori di azimuth 16, 17 montati in prossimità degli stadi di riduzione, come indicato in dettaglio nella seguente tabella I.

Sensore	Posiz	Sensore	Posiz	Sensore	Posiz
1	105	7	131	13	140
2	112	8	122 (davanti)	14	136
3	117	9	122 (destra)	15	137
4	107	10	122 (sinistra)	16	108
5	114	11	126	17	139
6	119	12	139		

TABELLA I

L'elicottero 100 comprende inoltre un'unità elaborazione dati 150 collegata ai sensori 1-17 attraverso una apposita unità di interfaccia 151 che ha lo scopo di campionare e digitalizzare i segnali forniti dai sensori stessi. L'unità di elaborazione 150 è inoltre collegata ad una memoria dati 152, ad una memoria eventi 153 e ad un processore matematico 154.

Il metodo di sorveglianza descritto qui di seguito consente di migliorare la "visibilità" delle irregolarità vibrazionali ed è vantaggiosamente utilizzabile per evidenziare problemi insorgenti negli alberi esterni ed interni sulla base dei segnali forniti dai sensori accelerometrici 1-10 e 12-13.

Il metodo di sorveglianza permette di elaborare un segnale  $s(t)$  fornito dal sensore accelerometrico di volta in volta considerato fra i sensori 1-10 e 12-13 utilizzando un segnale  $s_1(t)$  fornito dal sensore di azimut disposto su un albero collegato al riduttore monitorato dal sensore considerato (sensore di azimut 16 per i sensori accelerometrici 1-10 e sensore di azimut 17 per i sensori accelerometrici 12-13). Il segnale  $s(t)$  è di tipo vibratorio (legato alla frequenza di rotazione dell'albero associato al sensore considerato) ed è affetto da rumore casuale nonché da rumore legato alla vicinanza di altri organi rotanti.

**CERBARO Elena**  
iscrizione Albo nr 426/BM

In dettaglio, con riferimento alla fig. 3, il metodo comprende una fase iniziale includente l'inizializzazione di una variabile  $F$  (il cui significato è descritto in seguito con riferimento alla fig. 5) ad un primo valore prefissato, ad esempio 0, (blocco 20).

Quindi, blocco 21, viene acquisito il segnale  $s(t)$  nonché il segnale  $s_1(t)$  e viene calcolata una frequenza  $FS$  di campionamento moltiplicando la frequenza del segnale  $s_1(t)$  fornito dal sensore di azimut per un coefficiente  $KT$  memorizzato pari al rapporto di due numeri interi primi fra loro, ed in particolare è correlato al rapporto di trasmissione fra l'albero del sensore di azimut e l'albero monitorato dal sensore considerato, in modo tale che la frequenza  $FS$  di campionamento così ottenuta sia correlata alla frequenza del sensore di azimut e sia tale da fornire esattamente  $NJ$  punti (con  $NJ$  potenza di 2) del segnale  $s(t)$  per ogni rivoluzione dell'asse monitorato.

Successivamente, il segnale  $s(t)$  viene campionato e filtrato dall'unità di interfaccia 151 per rimuovere il rumore casuale e le componenti periodiche non sincrone, blocco 22, ottenendo un segnale filtrato  $T_{im}(i)$  formato da una pluralità di campioni. Preferibilmente, il campionamento e il filtraggio del segnale  $s(t)$  vengono

eseguiti utilizzando la sequenza di fasi illustrata in fig. 4 e descritta in seguito.

Viene quindi calcolata la trasformata di Fourier veloce  $F(k)$  (FFT-Fast Fourier Transform) del segnale filtrato  $T_{lm}(i)$  (blocco 23), preferibilmente utilizzando il processore matematico 154. La trasformata  $F(k)$  fornisce così lo spettro in frequenza del segnale filtrato  $T_{lm}(i)$  illustrato in figura 6, il quale definisce una sequenza iniziale di campioni  $S_i$  (componenti spettrali del segnale filtrato  $T_{lm}(i)$ ) aventi, ciascuno, una propria frequenza ed una propria ampiezza; l'ampiezza di ciascun campione, inoltre, è espressa in rappresentazione cartesiana, ossia mediante un numero complesso avente parte reale e parte immaginaria.

Vengono quindi lette nella memoria dati 152 una prima ed una seconda frequenza di riferimento  $HCO$ ,  $LCO$ , con  $HCO < LCO$ , specifiche per l'albero dell'elicottero 100 collegato al riduttore monitorato dal sensore considerato (blocco 24).

Tale coppia di frequenze  $HCO$ ,  $LCO$  è contenuta, insieme a tutte le altre coppie specifiche per gli altri alberi dell'elicottero 100, in una tabella memorizzata nella memoria dati 152.

Vengono quindi poste a zero le ampiezze dei

campioni della sequenza iniziale di campioni  $S_1$  aventi frequenza minore della prima frequenza di riferimento  $HCO$  (blocco 25) e le ampiezze dei campioni aventi frequenza maggiore della seconda frequenza di riferimento  $LCO$  (blocco 26), ottenendo così una sequenza intermedia di campioni  $S_2$  illustrata in fig. 7.

A ciascun campione della sequenza intermedia di campioni  $S_2$  viene quindi associato, come mostrato in fig. 7, un rispettivo valore di identificazione  $NORDi$  secondo una legge di assegnazione in base alla quale i campioni vengono numerati secondo un ordine di ampiezza decrescente (ossia partendo da quello di ampiezza maggiore verso quello di ampiezza minore) e a ciascun campione viene assegnato, a partire dal campione di ampiezza maggiore, un rispettivo valore di identificazione  $NORDi$  intero e crescente a partire dal valore 1 (blocco 27).

Successivamente, viene letto nella memoria dati 152 (blocco 28) un valore di riferimento  $R$  associato alla prima ed alla seconda frequenza di riferimento  $HCO$ ,  $LCO$  lette nel blocco 24.

Viene quindi determinata l'ampiezza dello specifico campione  $S_1$  della sequenza intermedia di campioni  $S_2$  avente valore di identificazione  $NORDi$  pari al valore di riferimento  $R$  aumentato di una unità (ossia avente

$NORD_i=R+1$ ) (blocco 29).

Successivamente vengono modificate le ampiezze dei campioni della sequenza intermedia di campioni  $S_2$  aventi valori di identificazione  $NORD_i$  inferiori al valore di riferimento  $R$  aumentato di una unità (ossia aventi  $NORD_i < R+1$ ) e pertanto aventi, secondo la suddetta legge di assegnazione, ampiezza maggiore dell'ampiezza del campione  $S_i$ . In particolare, le ampiezze di tali campioni vengono modificate uguagliandole all'ampiezza del campione  $S_i$  sopra determinato (blocco 30), ottenendo così una sequenza finale di campioni  $S_3$  definente uno spettro in frequenza modificato, come mostrato in figura 8. Lo spettro di figura 8 è ottenuto nel caso in cui il valore di riferimento  $R$  sia pari a 4 e quindi le ampiezze dei campioni aventi  $NORD_i=1,2,3,4$  vengono uguagliate all'ampiezza del campione  $S_i$  con  $NORD_i$  pari a 5.

La modifica delle ampiezze di tali campioni deve essere effettuata senza alterare la loro fase e ciò è ottenuto o riducendo di quantità percentualmente uguali la parte reale e la parte immaginaria di ciascuno dei numeri complessi rappresentanti tali campioni o esprimendo i campioni stessi in una rappresentazione polare mediante vettori bidimensionali costituiti, ciascuno, dal modulo (ampiezza) e dalla fase del

campione, e quindi riducendo unicamente il modulo di ciascun vettore.

Successivamente, viene calcolata l'antitrasformata di Fourier veloce dello spettro modificato (IFFT-Inverse Fast Fourier Transform), preferibilmente utilizzando il processore matematico 154, ottenendo un segnale modificato  $ET_{J,K}(i)$  formato da una pluralità di campioni (blocco 31).

Viene quindi calcolato il valore medio  $\overline{ET_{J,K}}$  (blocco 32) e la deviazione standard  $\sigma$  (blocco 33) del segnale modificato  $ET_{J,K}(i)$ .

Viene quindi calcolato (blocco 34) il momento di ordine sesto  $M6A$  del segnale modificato  $ET_{J,K}(i)$  secondo la seguente equazione:

$$M6A = \frac{\sum_{i=1}^{N_J} [ET_{J,K}(i) - \overline{ET_{J,K}}]^6}{NJ \cdot \sigma^6}$$

in cui  $NJ$  è il numero di campioni del segnale modificato  $ET_{J,K}(i)$ .

Il momento di ordine sesto  $M6A$  del segnale modificato  $ET_{J,K}(i)$  è utilizzato per avere indicazioni sulla dispersione intorno al valor medio dei valori assunti da tale segnale; in particolare, il momento di ordine sesto dà maggior peso ai punti più distanti dal valor medio rispetto al peso ad essi assegnato dal

momento di ordine 2 (varianza) e pertanto è particolarmente utile per rilevare difetti di un ingranaggio, ad esempio per rilevare una cricca sui denti dell'ingranaggio, in quanto consente di dare maggiormente peso ad anomalie localizzate. Infatti, in tal caso, il relativo sensore genera impulsi di ampiezza elevata ma di durata assai breve e il calcolo di un momento di ordine sesto consente di identificare in modo significativo il contributo di tali impulsi.

Successivamente, l'unità di elaborazione centrale 150 confronta il momento di ordine sesto  $M6A$  con due valori di soglia  $TH1$  e  $TH2$  (con  $TH1 < TH2$ ) per la generazione eventuale di segnali di allarme (blocco 35), secondo una procedura descritta più dettaglio in seguito con riferimento alla fig. 5, e il monitoraggio prosegue con una successiva porzione del segnale  $s(t)$ , tornando al blocco 21.

Convenientemente, il campionamento e il filtraggio secondo il blocco 22 vengono eseguiti secondo il metodo descritto qui di seguito con riferimento alla fig. 4.

Inizialmente, viene inizializzato a 1 un contatore di rivoluzioni  $l$ , blocco 41, ed il segnale  $s(t)$  viene campionato alla frequenza  $FS$ , ottenendo  $NJ$  punti o campioni  $T_1(i)$ , rappresentanti una serie temporale vibratoria sincrona riferita al sensore considerato,

all'albero associato e a ciascuna rotazione  $l$ -esima, blocco 42. Quindi viene verificato il valore del contatore  $l$  ed in particolare se esso sia minore o uguale di un valore prefissato  $K1$ , blocco 43; se il contatore è minore o uguale di  $K1$  (sono state eseguite meno di  $K1$  iterazioni corrispondenti alle rivoluzioni dell'albero monitorato, uscita SI dal blocco 43), viene verificata la disponibilità del segnale, calcolando la somma  $\Delta_d$  dei campioni acquisiti nella  $l$ -esima rivoluzione effettuata (blocco 47), secondo la relazione:

$$\Delta_d = \sum_{i=1}^{NJ} |T_{K1}(i)|$$

Quindi viene calcolato un valore limite  $\Delta_l$ , dato da:

$$\Delta_l = K2 \times FSV \times NJ$$

in cui  $FSV$  è il valore di fondo scala e  $K2$  è una costante prefissata, molto minore di 1, blocco 48, e viene verificato se la somma  $\Delta_d$  appena calcolata è minore del valore limite  $\Delta_l$  (blocco 49). In caso negativo (uscita NO dal blocco 49) il segnale viene considerato esistente, il contatore  $l$  viene incrementato (blocco 50) e vengono acquisiti ulteriori  $NJ$  punti relativi ad una rotazione successiva, tornando al blocco 42; viceversa (uscita SI dal blocco 49), il segnale

viene considerato inesistente e viene generato un segnale di allarme (blocco 51); viene verificato se è presente un sensore di sostituzione (ad esempio il sensore 6 per i sensori 4 e 5, blocco 52); in caso positivo (uscita SI dal blocco 52) la procedura viene ripetuta sul sensore di sostituzione tornando al blocco 21 dello schema di fig. 3; in assenza di sensore di sostituzione o nel caso che non venga raggiunta la convergenza neppure con il sensore di sostituzione (uscita NO dal blocco 52), la procedura viene interrotta.

Se invece il contatore  $l$  è maggiore di  $K1$  (sono state eseguite più di  $K1$  iterazioni corrispondenti alle rivoluzioni dell'albero monitorato, uscita NO dal blocco 43), dal blocco 43 si passa al blocco 55, in cui viene calcolata la serie temporale sincrona contigua mediata  $T_{lm}(i)$ , definente il suddetto segnale filtrato calcolato nel blocco 22, secondo la relazione:

$$T_{lm}(i) = \frac{\sum_{r=1}^l T_r(i)}{l} \quad i = 1 \dots NJ$$

ovvero viene calcolato il valore medio di ciascun campione  $T_1(i)$  sulle  $l$  rivoluzioni considerate.

Viene quindi verificata la convergenza del processo di mediatura, calcolando un valore di convergenza  $\Delta$  dato

dalla somma, su tutti i campioni, del valore assoluto della differenza fra il valore medio attuale di ciascun campione e il valore medio calcolato in una precedente rivoluzione (a distanza 4) diviso per la somma dei campioni medi nella rivoluzione precedente (a distanza 4) considerata, secondo la relazione:

$$\Delta = \frac{\sum_{i=1}^{NJ} |T_{lm}(i) - T_{lm-4}(i)|}{\sum_{i=1}^{NJ} |T_{lm-4}(i)|}$$

in cui  $T_{lm}(i)$  rappresenta l' $i$ -esimo campione appartenente alla  $l$ -esima iterazione e  $T_{lm-4}(i)$  rappresenta l' $i$ -esimo campione appartenente alla iterazione  $l-4$ -esima, blocco 56.

Quindi viene verificato se il valore di convergenza calcolato è minore o uguale ad un valore di convergenza minimo ammissibile prefissato  $\Delta_c$ , blocco 57; se tale condizione è verificata (uscita SI), il processo di convergenza viene interrotto, con ritorno al programma principale (blocco 23 di fig. 3); altrimenti viene verificato se il processo di mediatura è stato già eseguito un numero massimo prefissato di volte  $L$ , blocco 59. Se il contatore di iterazioni (rivoluzioni)  $l$  è minore di  $L$  (uscita NO), il contatore viene incrementato, blocco 50, e vengono ripetute le operazioni sopra descritte, altrimenti (uscita SI) viene

ripetuta la procedura di generazione del segnale di allarme e di ripetizione eventuale con un sensore di sostituzione come sopra descritto con riferimento ai blocchi 51-52.

Convenientemente, la fase di confronto con le soglie e generazione di allarme secondo il blocco 35 di fig. 3 viene eseguita come descritto qui di seguito con riferimento alla fig. 5.

In dettaglio, inizialmente il momento di ordine sesto  $M6A$  viene confrontato con la prima soglia  $TH1$ , blocco 60; se  $M6A < TH1$  (uscita SI), viene proseguito il monitoraggio su un successivo gruppo di campioni, ritornando al blocco 21 di fig. 3; viceversa, se vi è stato un superamento della soglia  $TH1$  (uscita NO dal blocco 60), l'evento viene memorizzato nella memoria eventi 153 (blocco 62) e  $M6A$  viene confrontato con la seconda soglia  $TH2$  (blocco 64). Se  $M6A < TH2$  (uscita SI dal blocco 64), la variabile  $F$  (inizializzata nel blocco 20 di fig. 3 ed avente lo scopo di memorizzare se è stata già precedentemente superata la soglia  $TH2$ ) viene settata (o confermata) al primo valore prefissato (nell'esempio 0, blocco 66), e viene proseguito il monitoraggio su un successivo gruppo di campioni, ritornando al blocco 21 di fig. 3; viceversa (uscita NO dal blocco 64), l'evento viene memorizzato nella memoria

eventi 153 (blocco 68) e viene verificato il valore della variabile  $F$  (blocco 70). In particolare, se la variabile  $F$  presenta il primo valore prefissato (uscita SI),  $F$  viene settata ad un secondo valore prefissato, ad esempio 1, (blocco 72), e il monitoraggio viene proseguito su un successivo gruppo di campioni, ritornando al blocco 21 di fig. 3; se invece la variabile  $F$  presenta il secondo valore prefissato, ovvero è stata già precedentemente superata la soglia  $TH2$ , (uscita NO dal blocco 70), viene generato un segnale di allarme per il pilota (blocco 74), la variabile  $F$  viene nuovamente settata al primo valore prefissato (blocco 76), e si riprende quindi il monitoraggio sui successivi campioni, tornando al blocco 21 di fig. 3.

Il metodo descritto presenta i seguenti vantaggi. In primo luogo il calcolo del momento di ordine sesto  $M6A$  consente di diagnosticare anomalie localizzate, ad esempio cricche in parti dell'elicottero 100 particolarmente sollecitate, che possono portare in tempi più o meno lunghi alla rottura della parte stessa.

Inoltre, il metodo consente di discriminare le componenti utili per il monitoraggio dal rumore casuale e dovuto alla vicinanza di altri organi in movimento.

Risulta infine chiaro che al metodo qui descritto

ed illustrato possono essere apportate modifiche e varianti senza per questo uscire dall'ambito protettivo della presente invenzione. In particolare, la procedura di filtraggio e determinazione della media può variare rispetto a quanto descritto, così come la procedura di generazione degli allarmi.

**CERBARO Elena**  
(iscrizione Albo nr 426/BM)

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

1. Metodo di sorveglianza di un gruppo di trasmissione in un veicolo dotato di sensori accelerometrici, in particolare in un elicottero, caratterizzato dal fatto di comprendere le fasi di:

- acquisire un primo segnale  $(s(t))$  da un sensore accelerometrico;

- calcolare una trasformata nel dominio delle frequenze di detto primo segnale  $(s(t))$  ottenendo una sequenza iniziale di campioni  $(S_1)$ , ciascuno di detti campioni avendo una propria ampiezza ed una propria frequenza;

- elaborare detta sequenza iniziale di campioni  $(S_1)$  per ottenere una sequenza finale di campioni  $(S_3)$ ;

- calcolare un momento di ordine sesto  $(M6A)$  di detta sequenza finale di campioni  $(S_3)$ ; e

- confrontare detto momento di ordine sesto  $(M6A)$  con almeno una prima soglia prefissata  $(TH1, TH2)$ .

2. Metodo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta trasformata è la trasformata di Fourier.

3. Metodo secondo la rivendicazione 1 o 2, caratterizzato dal fatto che detta fase di elaborare detta sequenza iniziale di campioni comprende le fasi di:

- acquisire una prima ed una seconda frequenza di riferimento ( $HCO$ ,  $LCO$ );

- modificare le ampiezze di primi campioni di detta sequenza iniziale di campioni ( $S_1$ ) aventi frequenze presentanti una prima relazione prefissata con dette prime e seconda frequenza di riferimento ( $HCO$ ,  $LCO$ ), ottenendo una sequenza intermedia di campioni ( $S_2$ );

- associare a ciascun campione di detta sequenza intermedia di campioni ( $S_2$ ) un rispettivo valore di identificazione ( $NORD_i$ ) secondo una legge di assegnazione prefissata;

- acquisire un valore di riferimento ( $R$ ); e

- modificare le ampiezze di secondi campioni di detta sequenza intermedia di campioni ( $S_2$ ) aventi valori di identificazione ( $NORD_i$ ) presentanti una seconda relazione prefissata con detto valore di riferimento ( $R$ ), ottenendo detta sequenza finale di campioni ( $S_3$ ).

4. Metodo secondo la rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto che detta fase di modificare le ampiezze di primi campioni di detta sequenza iniziale di campioni ( $S_1$ ) comprende le fasi di:

- porre a zero le ampiezze dei campioni di detta sequenza iniziale di campioni ( $S_1$ ) aventi frequenza minore di detta prima frequenza di riferimento ( $HCO$ ); e

- porre a zero le ampiezze dei campioni di detta

sequenza iniziale di campioni ( $S_1$ ) aventi frequenza maggiore di detta seconda frequenza di riferimento ( $LCO$ ).

5. Metodo secondo la rivendicazione 3 o 4, caratterizzato dal fatto che detta fase di associare comprende la fase di:

- identificare detti campioni di detta sequenza intermedia di campioni ( $S_2$ ) secondo un ordine di ampiezza decrescente, in cui detti valori di identificazione ( $NORD_i$ ) sono valori interi e a ciascun detto campione di detta sequenza intermedia di campioni ( $S_2$ ), a partire da un campione di ampiezza maggiore, viene associato un rispettivo detto valore di identificazione ( $NORD_i$ ) di valore crescente a partire da un valore prefissato.

6. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 3 a 5, caratterizzato dal fatto che detta fase di modificare le ampiezze di secondi campioni di detta sequenza intermedia di campioni ( $S_2$ ) comprende le fasi di:

- determinare l'ampiezza di un campione di riferimento di detta sequenza intermedia di campioni ( $S_2$ ) avente valore di identificazione ( $NORD_i$ ) presentante una terza relazione prefissata con detto valore di riferimento ( $R$ ); e

- alterare le ampiezze di detti secondi campioni di detta sequenza intermedia di campioni ( $S_2$ ) in base a detta ampiezza di detto campione di riferimento.

7. Metodo secondo la rivendicazione 6, caratterizzato dal fatto che detta fase di determinare l'ampiezza di un campione di riferimento di detta sequenza intermedia di campioni ( $S_2$ ) comprende la fase di:

- individuare detto campione di riferimento di detta sequenza intermedia di campioni ( $S_2$ ) avente valore di identificazione ( $NORDi$ ) pari a detto valore di riferimento ( $R$ ) aumentato di una quantità prefissata.

8. Metodo secondo la rivendicazione 6 o 7, caratterizzato dal fatto che detti secondi campioni di detta sequenza intermedia di campioni ( $S_2$ ) presentano valore di identificazione ( $NORDi$ ) minore del valore di identificazione ( $NORDi$ ) di detto campione di riferimento e dal fatto che detta fase alterare le ampiezze di detti secondi campioni di detta sequenza intermedia di campioni ( $S_2$ ) comprende le fasi di:

- uguagliare le ampiezze di detti secondi campioni all'ampiezza di detto campione di riferimento, ottenendo detta sequenza finale di campioni ( $S_3$ ).

9. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che

detta fase di calcolare un momento di ordine sesto (M6A) comprende le fasi di:

- calcolare una antitrasformata nel dominio del tempo di detta sequenza finale di campioni, ottenendo un secondo segnale ( $ET_{J,K}(i)$ ) formato da una pluralità (NJ) di campioni;

- calcolare il valore medio  $\overline{ET_{J,K}(i)}$  di detto secondo segnale ( $ET_{J,K}(i)$ );

- calcolare la deviazione standard ( $\sigma$ ) di detto secondo segnale ( $ET_{J,K}(i)$ ); e

- calcolare detto momento di ordine sesto (M6A) utilizzando l'equazione:

$$M6A = \frac{\sum_{i=1}^{N_J} [ET_{J,K}(i) - \overline{ET_{J,K}(i)}]^6}{NJ \cdot \sigma^6}$$

in cui M6A è detto momento di ordine sesto,  $ET_{J,K}(i)$  è detto secondo segnale, NJ è detto numero di campioni di detto secondo segnale  $ET_{J,K}(i)$ ,  $\overline{ET_{J,K}(i)}$  è detto valore medio di detto secondo segnale  $ET_{J,K}(i)$ , e  $\sigma$  è detta deviazione standard di detto secondo segnale  $ET_{J,K}(i)$ .

10. Metodo secondo la rivendicazione 9, caratterizzato dal fatto che detta antitrasformata è l'antitrasformata di Fourier.

11. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che

prima di detta fase di calcolare una trasformata viene eseguita una fase di campionare e filtrare detto segnale.

12. Metodo secondo la rivendicazione 11, caratterizzato dal fatto che detta fase di campionare e filtrare comprende le fasi di:

- acquisire una pluralità di campioni sincroni ( $T_r(i)$ ) per ogni rotazione di un albero associato a detto sensore accelerometrico; e

- calcolare una serie temporale mediata ( $T_{lm}(i)$ ), secondo la relazione:

$$T_{lm}(i) = \frac{\sum_{r=1}^l T_r(i)}{l} \quad i = 1..NJ$$

in cui  $T_r(i)$  sono detti campioni sincroni e  $l$  è un contatore del numero di rotazioni di detto albero.

13. Metodo secondo la rivendicazione 12, caratterizzato dal fatto che, prima di detta fase di calcolare una serie temporale mediata viene eseguita una fase di verificare la presenza di valori significativi di segnale.

14. Metodo secondo la rivendicazione 12 o 13, caratterizzato dal fatto che, dopo detta fase di calcolare una serie temporale mediata, viene eseguita una fase di verifica di convergenza di detta serie

temporale mediata.

15. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta fase di confrontare detto momento di ordine sesto (M6A) comprende inoltre la fase di confrontare detto momento di ordine sesto (M6A) con una seconda soglia.

16. Metodo di sorveglianza di un gruppo di trasmissione in un veicolo dotato di sensori accelerometrici, in particolare in un elicottero, sostanzialmente come descritto con riferimento ai disegni allegati.

p.i.: FINMECCANICA S.P.A.

*Elena Cerbaro*  
CERBARO Elena  
(iscrizione Albo nr 426/BM)



CERBARO Elena  
(iscrizione Albo nr 426/BM)

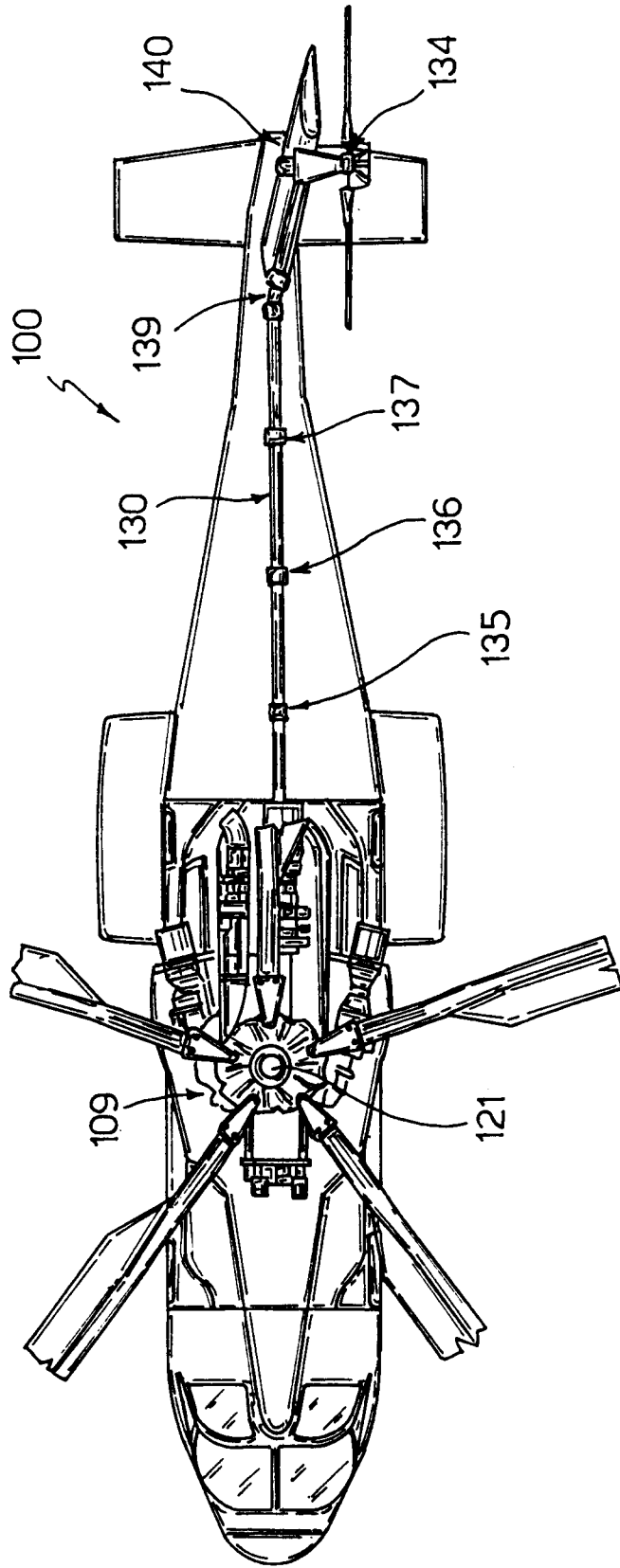


Fig.1



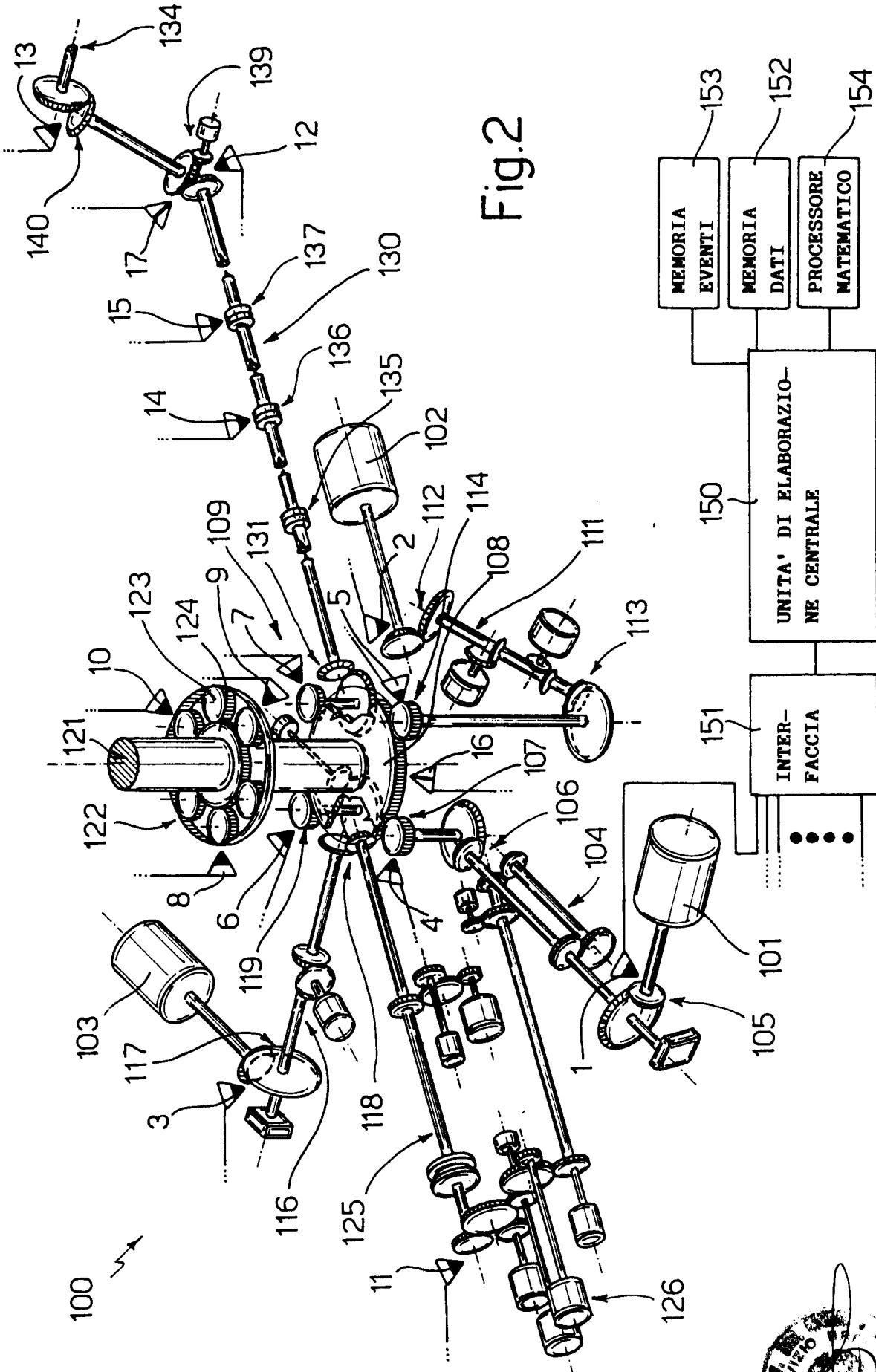


Fig. 2

p.i.: FINMECCANICA S.P.A.

CERBARO Elena  
Iscrizione Albo nr 426/BMI



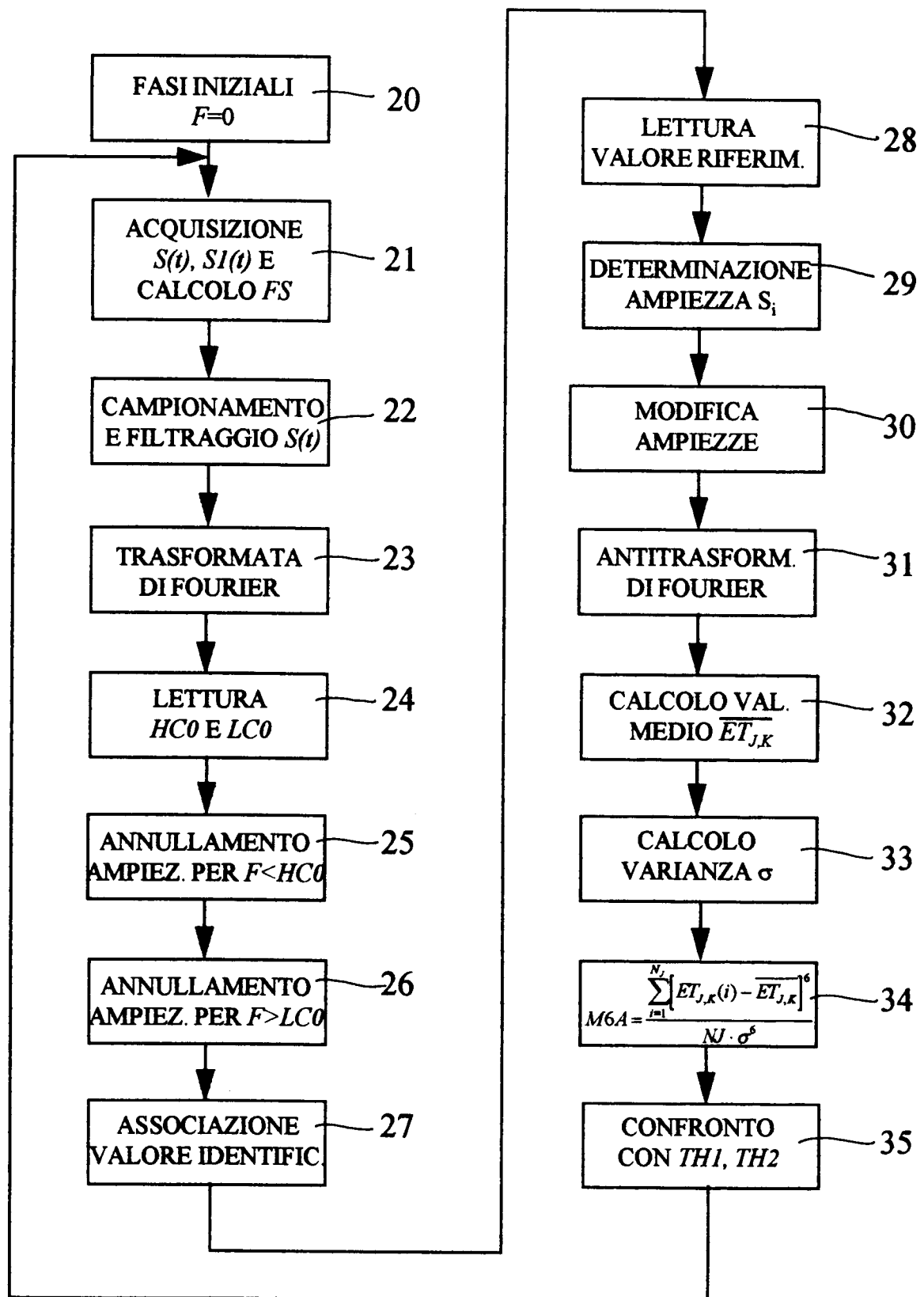


Fig. 3

p.i.: FINMECCANICA S.P.A.

CERBARO Elena  
 Iscrizione Albo nr 426/BM



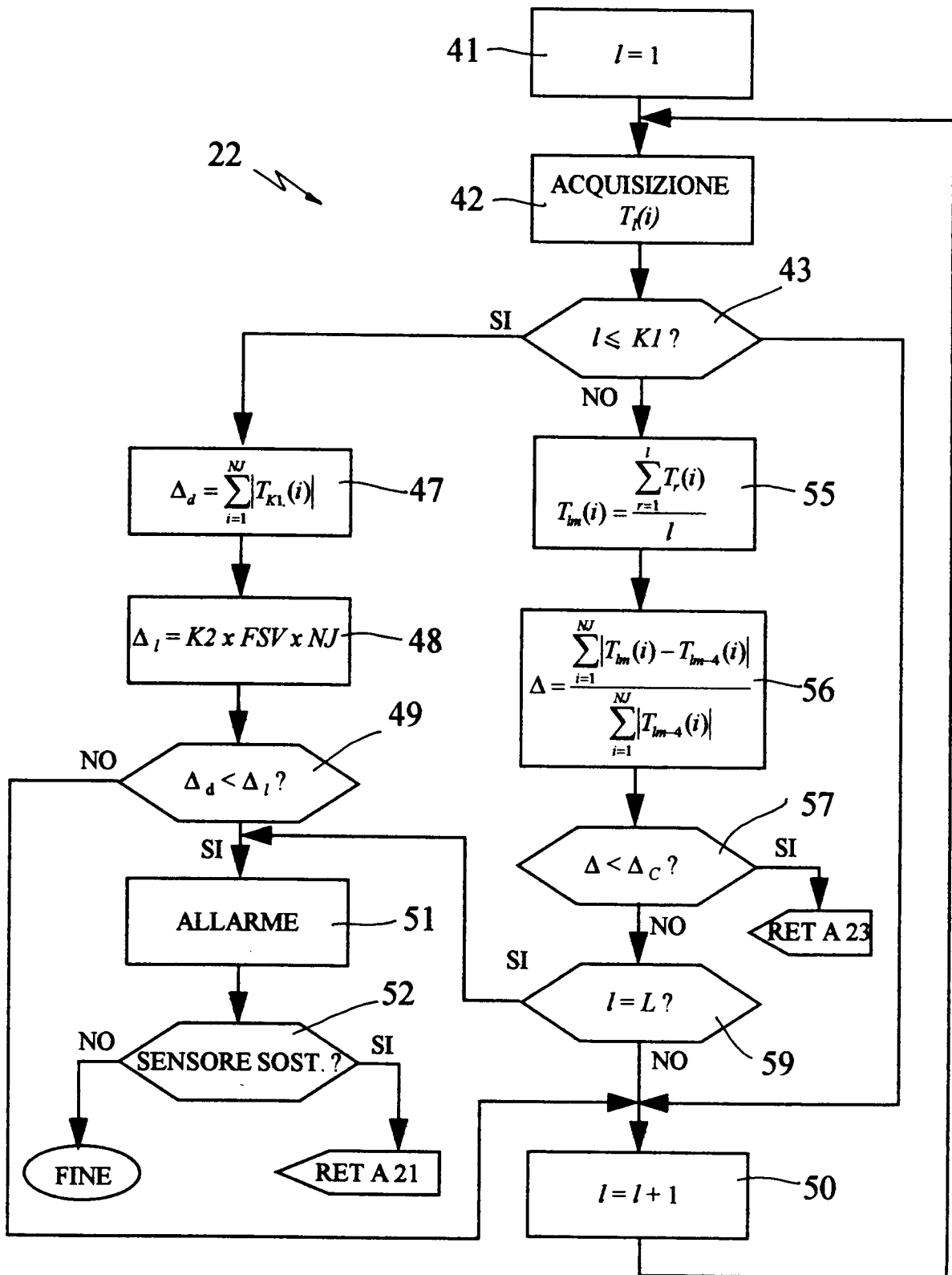


Fig. 4



35  
⚡

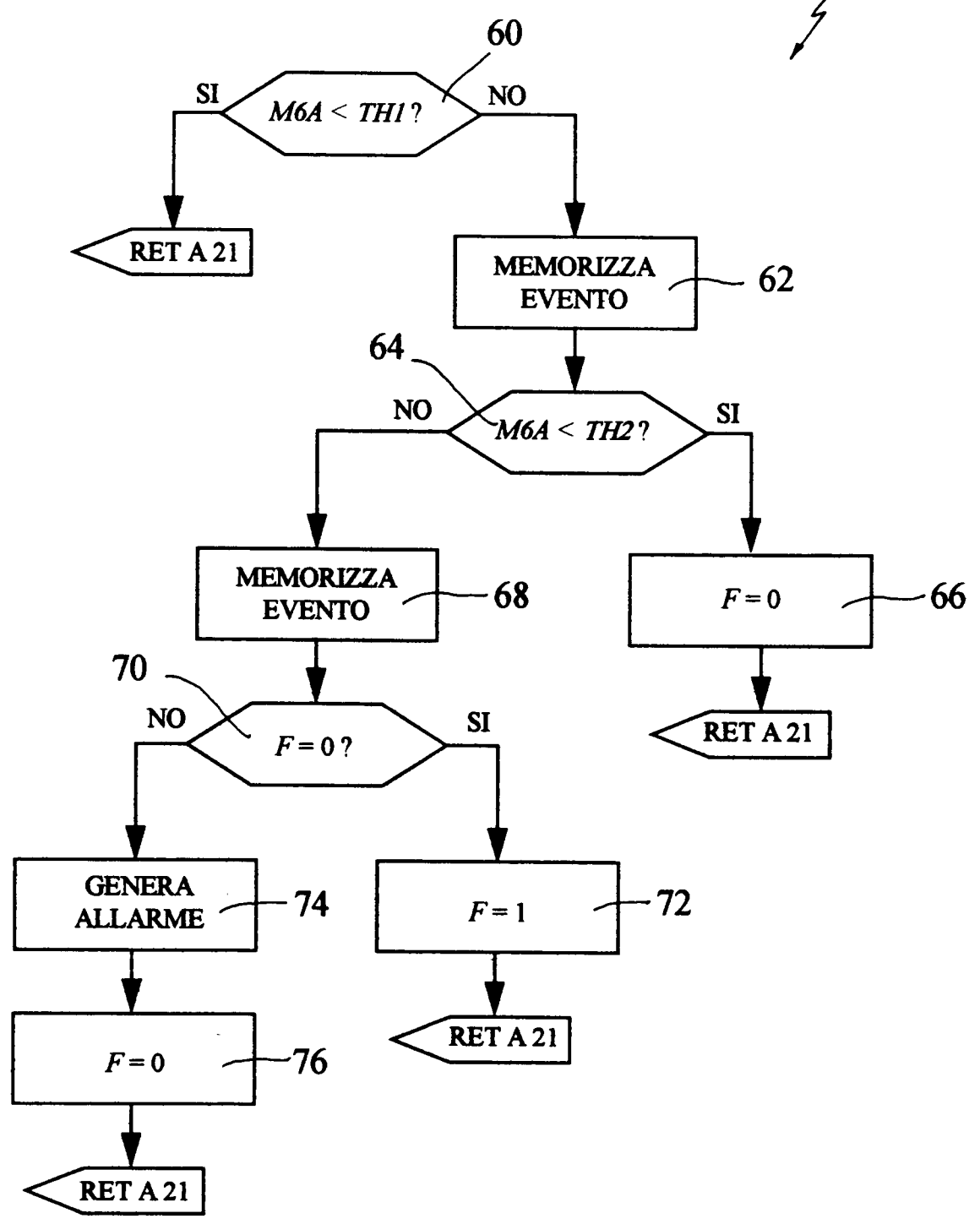


Fig. 5



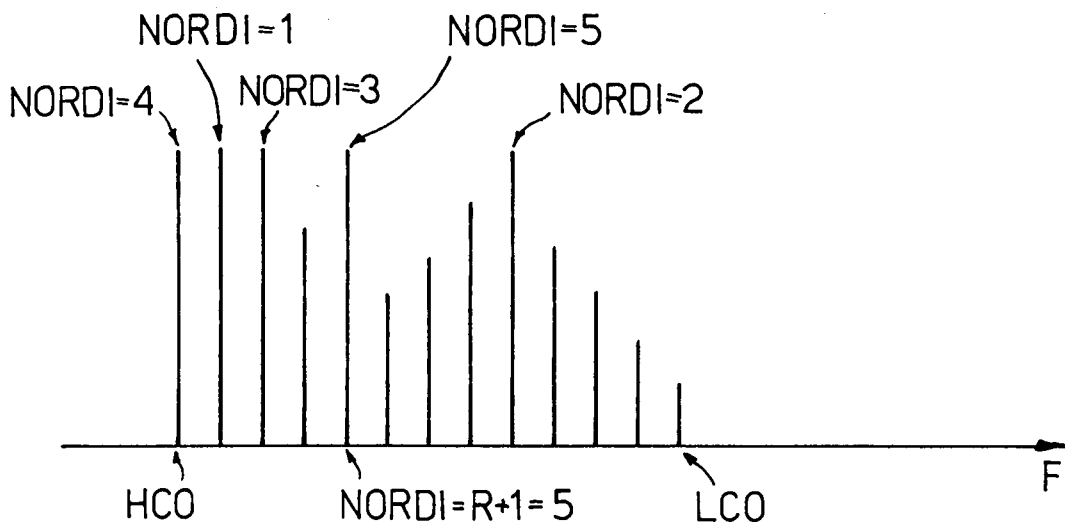
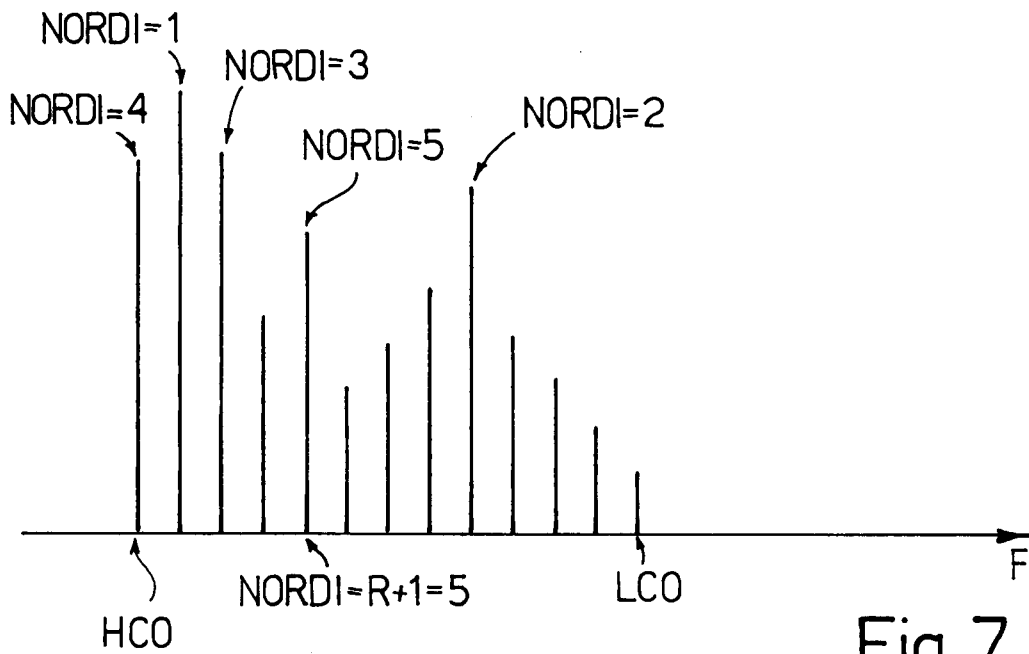
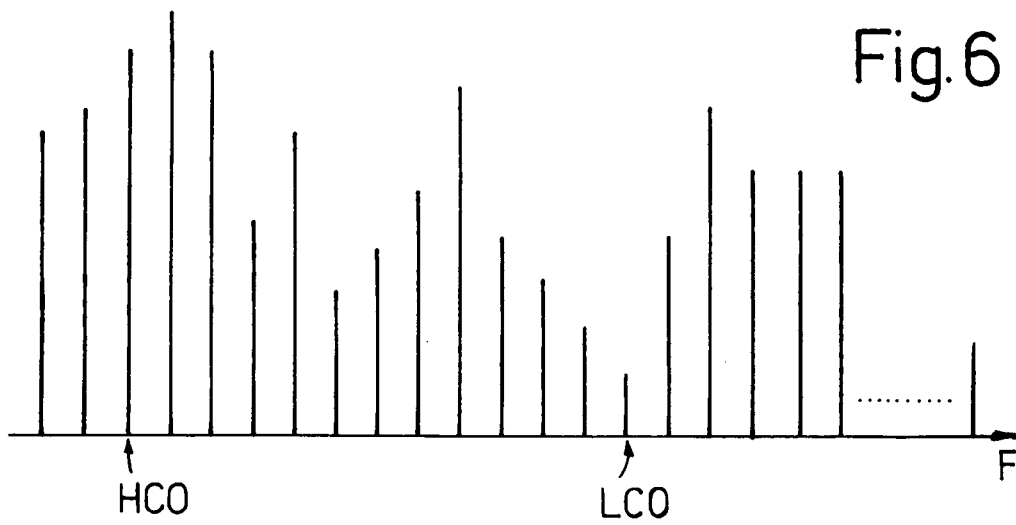


Fig. 8

p.i.: FINMECCANICA S.P.A.

CERBARO Elena  
 (iscrizione Albo nr 426/BM)

