



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

# UIBM

|                           |                        |
|---------------------------|------------------------|
| <b>DOMANDA NUMERO</b>     | <b>101997900608983</b> |
| <b>Data Deposito</b>      | <b>04/07/1997</b>      |
| <b>Data Pubblicazione</b> | <b>04/01/1999</b>      |

|                |               |                    |               |                    |
|----------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|
| <b>Sezione</b> | <b>Classe</b> | <b>Sottoclasse</b> | <b>Gruppo</b> | <b>Sottogruppo</b> |
| B              | 64            | C                  |               |                    |

Titolo

METODO DI SORVEGLIANZA DI UN GRUPPO DI TRASMISSIONE IN UN VEICOLO DOTATO DI SENSORI ACCELEROMETRICI IN BASE ALL'ENERGIA DEL SEGNALE, IN PARTICOLARE IN UN ELICOTTERO.

# DESCRIZIONE

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

\*\*\* \*\*

TO 97A 000593

La presente invenzione è relativa ad un metodo di sorveglianza di un gruppo di trasmissione in un veicolo dotato di sensori accelerometrici in base all'energia del segnale, 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 base all'energia del segnale, in particolare in un elicottero, caratterizzato dal fatto di comprendere le fasi di:

a) acquisire un segnale da un sensore accelerometrico;

b) calcolare una trasformata nel dominio delle frequenze di detto segnale, ottenendo una sequenza di campioni;

c) acquisire un primo ed un secondo insieme di campioni fra detta sequenza di campioni;

d) calcolare le energie associate a detti primo e secondo insieme;

e) calcolare uno scostamento relativo fra l'energia di detto primo insieme e l'energia di detto secondo insieme; e

f) confrontare detto scostamento relativo con almeno una prima soglia prefissata.

L'invenzione verrà ora descritta con riferimento ai disegni allegati, che ne illustrano esempi di

CERBARO Elena  
iscrizione Albo nr 426/BMI

realizzazione non limitativi, in cui:

- la figura 1 è una vista dall'alto di un elicottero;

- 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.

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.

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

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 135-138, 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 permette di evidenziare, dall'analisi dei segnali forniti dai sensori accelerometrici 1-7, 12 e 13, problemi meccanici o strutturali insorgenti durante il volo; in particolare, il metodo dell'invenzione si basa sul principio del controllo della quantità di energia contenuta nella prima armonica e nelle armoniche successive del segnale di ciascun sensore rispetto all'energia totale del segnale. In caso di malfunzionamento o di guasto, infatti, il sensore rileva delle irregolarità nel segnale, che si manifestano con la comparsa di nuove componenti spettrali o con la crescita delle componenti spettrali secondarie già presenti, provocando una diminuzione dell'energia contenuta nella componente alla frequenza fondamentale e nelle sue armoniche.

Il metodo di sorveglianza descritto qui di seguito permette di elaborare un segnale  $s(t)$  fornito dal

2

seniore accelerometrico di volta in volta considerato fra i sensori 1-7, 12 e 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 1-7 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.

Il segnale  $s(t)$  risulta diverso e viene elaborato in maniera diversa a seconda che tale segnale sia dovuto all'ingranaggio a cui è associato, o sia anche influenzato da un ulteriore ingranaggio presente sullo stesso albero. Tale seconda situazione si verifica quando tale secondo ingranaggio è sufficientemente vicino al sensore.

Con riferimento alla figura 3a, il metodo viene inizialmente descritto con riferimento alla seconda situazione sopra descritta, cioè a quella in cui il segnale rilevato dal sensore considerato sia influenzato, oltre che dall'ingranaggio a cui è associato, anche da un secondo ingranaggio posto sullo stesso albero. Il segnale  $s(t)$  di tale sensore contiene

quindi informazioni relative a possibili condizioni di guasto di entrambi gli ingranaggi considerati.

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 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 con frequenza  $FS$  e filtrato dall'unità di interfaccia 151 per rimuovere il rumore casuale e le componenti periodiche non sincrone, blocco 22, ottenendo un segnale filtrato  $T_{lm}(i)$  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  $F(h)$  del segnale  $T_{lm}(i)$ , blocco 23, preferibilmente utilizzando il processore matematico 154, e viene successivamente calcolato un parametro di energia relativa di rumore  $MFP$ , definito come:

$$MFP = \left[ 1 - \frac{\sum_{h_1=N1}^{NJ/4} |F(h_1)|^2 + \sum_{h_2=N2}^{NJ/4} |F(h_2)|^2}{\sum_{h=1}^{NJ/4} |F(h)|^2} \right] \times 100$$

in cui  $N1$  ed  $N2$ , che indicano sia il passo che il valore iniziale degli indici delle sommatorie a numeratore, sono gli ordini delle frequenze di ingranamento dei due ingranaggi monitorati, blocco 24.

In pratica, il parametro  $MFP$  confronta il valore dell'energia contenuta nelle componenti di segnale alle frequenze di ingranamento ed alle loro armoniche con l'energia globale del segnale e fornisce un'indicazione dell'energia dovuta ad anomalie dell'ingranamento. Il parametro  $MFP$  varia all'interno di un intervallo compreso fra 0, corrispondente alla condizione teorica di totale assenza di disturbi e di anomalie, e 100,

CERBARO Elena  
Iscrizione Albo nr 426/BMI

corrispondente alla condizione teorica in cui il segnale  $s(t)$  non contiene componenti alla frequenza di ingranamento e alle sue armoniche. Ovviamente, il valore di MFP è basso nel caso di funzionamento corretto degli ingranaggi monitorati, mentre si alza rispetto a tale valore in caso di guasto o di anomalia.

Il parametro *MFP* così ottenuto viene confrontato dall'unità di elaborazione centrale 150 con due valori di soglia *TH1* e *TH2* (con  $TH1 < TH2$ ) per la generazione eventuale di segnali di allarme (blocco 25), secondo una procedura descritta più in dettaglio in seguito con riferimento alla fig. 5, e il monitoraggio prosegue con una successiva porzione del segnale  $s(t)$ , tornando al blocco 21.

Il diagramma di flusso di figura 3b presenta le fasi del metodo nella situazione in cui il sensore considerato rilevi solo il segnale generato dall'ingranaggio a cui è associato, poiché gli altri ingranaggi sono a distanza tale da non influenzare tale segnale; in pratica, in questo caso l'informazione contenuta nel segnale  $s(t)$  è relativa soltanto all'ingranaggio direttamente monitorato. Come risulta evidente, le fasi sono equivalenti a quelle precedentemente descritte, tranne per il fatto che dopo il calcolo della trasformata di Fourier  $F(k)$  del segnale

$T_{lm}(i)$ , blocco 23, viene calcolato un parametro di energia di rumore  $MFP$  semplificato rispetto al precedente, definito come:

$$MFP = \left[ 1 - \frac{\sum_{h=N}^{NJ/4} |F(h_1)|^2}{\sum_{h=1}^{NJ/4} |F(h)|^2} \right] \times 100$$

in cui  $N$ , che indica sia il valore iniziale dell'indice che il passo della sommatoria a numeratore, è l'ordine della frequenza di ingranamento dell'ingranaggio monitorato, blocco 24'.

Anche in questo caso, il parametro  $MFP$  viene confrontato dall'unità di elaborazione centrale 150 con i valori di soglia  $TH1$  e  $TH2$  per la generazione eventuale di segnali di allarme (blocco 25), secondo la procedura descritta 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 1, blocco 41; il segnale  $s(t)$  viene quindi campionato alla frequenza  $FS$  precedentemente

definita, ottenendo  $NJ$  punti o campioni  $T_1(i)$ , rappresentanti una serie temporale vibratoria sincrona relativa 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, secondo la relazione:

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

blocco 47. Quindi, blocco 48, viene calcolato un valore limite  $\Delta_1$  dato da:

$$\Delta_1 = K2 \times FSV \times NJ$$

in cui  $FSV$  è il valore di fondo scala e  $K2$  è una costante prefissata molto minore di 1, e viene verificato se la somma  $\Delta_d$  appena calcolata è minore del valore limite  $\Delta_1$  (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  $T_l(i)$  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 di 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 21 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 25 delle figg. 3a e 3b viene eseguita come descritto qui di seguito con riferimento alla fig. 5.

In dettaglio, il parametro  $MFP$ , calcolato come descritto nel blocco 24 di figura 3a o nel blocco 24' di figura 3b, viene confrontato con la prima soglia  $TH1$ , blocco 60; se  $MFP < TH1$  (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  $MFP$  viene confrontato con la seconda soglia  $TH2$  (blocco 64). Se  $MFP < TH2$  (uscita SI dal blocco 64), la variabile  $F$  (inizializzata nel blocco 20 delle figg. 3a e 3b 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 delle figg. 3a, 3b.

Il superamento sia della prima che della seconda soglia da parte del parametro  $MFP$  è indicativo del fatto che si è verificata una ridistribuzione dell'energia del segnale rilevato a favore di componenti a frequenza diversa dalla prima armonica (cioè dalla frequenza di ingranamento); tale situazione si verifica in presenza

di problemi nella struttura monitorata.

Il metodo descritto presenta il vantaggio di consentire, tramite un controllo dei diversi sensori installati, il monitoraggio istante per istante delle diverse parti della struttura dell'elicottero ed il rilevamento di problemi meccanici o strutturali incipienti che possono ad esempio essere origine di vibrazioni o sbilanciamenti e possono portare in tempi più o meno lunghi alla rottura dell'ingranaggio monitorato.

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 e quella di generazione degli allarmi possono variare rispetto a quanto descritto.

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

## 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 base all'energia del segnale, in particolare in un elicottero, caratterizzato dal fatto di comprendere le fasi di:

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

b) calcolare una trasformata nel dominio delle frequenze  $(F(h))$  di detto segnale  $(s(t))$ , ottenendo una sequenza di campioni;

c) acquisire un primo ed un secondo insieme di campioni fra detta sequenza di campioni;

d) calcolare le energie associate a detti primo e secondo insieme;

e) calcolare uno scostamento relativo  $(MFP)$  fra l'energia di detto primo insieme e l'energia di detto secondo insieme; e

f) confrontare detto scostamento relativo  $(MFP)$  con almeno una soglia prefissata  $(TH1, TH2)$ .

2. Metodo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta trasformata  $(F(h))$  è la trasformata di Fourier.

3. Metodo secondo la rivendicazione 1 o 2, caratterizzato dal fatto che detto sensore è associato

CERBARO Elena  
(iscrittione Albo nr 426/BM)

ad un albero comprendente almeno un primo ed un secondo ingranaggio e che detto segnale è legato alle frequenze di rotazione di detti primo e secondo ingranaggio; detto primo insieme comprendendo i campioni alle frequenze di ingranamento di detti primo e secondo ingranaggio ed i campioni alle frequenze armoniche di dette frequenze di ingranamento e detto secondo insieme comprendendo tutta la sequenza di campioni.

4. Metodo secondo la rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto che detta fase di calcolare uno scostamento relativo comprende il calcolo della grandezza *MFP* secondo l'equazione:

$$MFP = \left[ 1 - \frac{\sum_{h_1=N1}^{NJ/4} |F(h_1)|^2 + \sum_{h_2=N2}^{NJ/4} |F(h_2)|^2}{\sum_{h=1}^{NJ/4} |F(h)|^2} \right] \times 100$$

in cui  $F(h)$  è la trasformata di Fourier di detto segnale e  $N1$  ed  $N2$ , che indicano sia il passo delle sommatorie a numeratore che il valore iniziale dei loro indici, sono gli ordini delle frequenze di ingranamento dei detti primo e secondo ingranaggio.

5. Metodo secondo la rivendicazione 1 o 2, caratterizzato dal fatto che detto sensore è collegato

ad un albero comprendente un terzo ingranaggio e che detto segnale è legato alla frequenza di rotazione di detto terzo ingranaggio; detto primo insieme comprendendo i campioni alla frequenza di ingranamento di detto terzo ingranaggio ed i campioni alle frequenze armoniche di detta frequenza di ingranamento e detto secondo insieme comprendendo tutta la sequenza di campioni.

6. Metodo secondo la rivendicazione 5, caratterizzato dal fatto che detta fase di calcolare uno scostamento relativo comprende il calcolo della grandezza *MFP* secondo l'equazione:

$$MFP = \left[ 1 - \frac{\sum_{h_1=N}^{NJ/4} |F(h_1)|^2}{\sum_{h=1}^{NJ/4} |F(h)|^2} \right] \times 100$$

in cui in cui  $F(h)$  è la trasformata di Fourier di detto segnale ed  $N$ , che nella sommatoria a numeratore indica sia il valore iniziale dell'indice che il passo, è l'ordine della frequenza di ingranamento dell'albero monitorato dal sensore considerato.

7. Metodo secondo una delle rivendicazioni da 1 a 6, caratterizzato dal fatto di ripetere dette fasi da a) a f) per una pluralità di iterazioni.

CERBARO Elena  
(iscrizione Albo nr 426/BM)

8. 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.

9. Metodo secondo la rivendicazione 8, caratterizzato dal fatto che detta fase di campionare e filtrare comprende le fasi di:

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

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

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

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

10. Metodo secondo la rivendicazione 9, 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.

11. Metodo secondo la rivendicazione 9 o 10, caratterizzato dal fatto che, dopo detta fase di

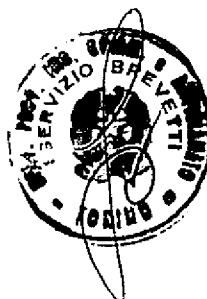
calcolare una serie temporale mediata, viene eseguita una fase di verifica di convergenza di detta serie temporale mediata.

12. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta fase di confrontare detto scostamento relativo (MFP) comprende inoltre la fase di confrontare detto scostamento relativo con una seconda soglia (TH2).

13. Metodo di sorveglianza di un gruppo di trasmissione in un veicolo dotato di sensori accelerometrici in base all'energia del segnale, in particolare in un elicottero, sostanzialmente come descritto con riferimento ai disegni allegati.

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

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



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

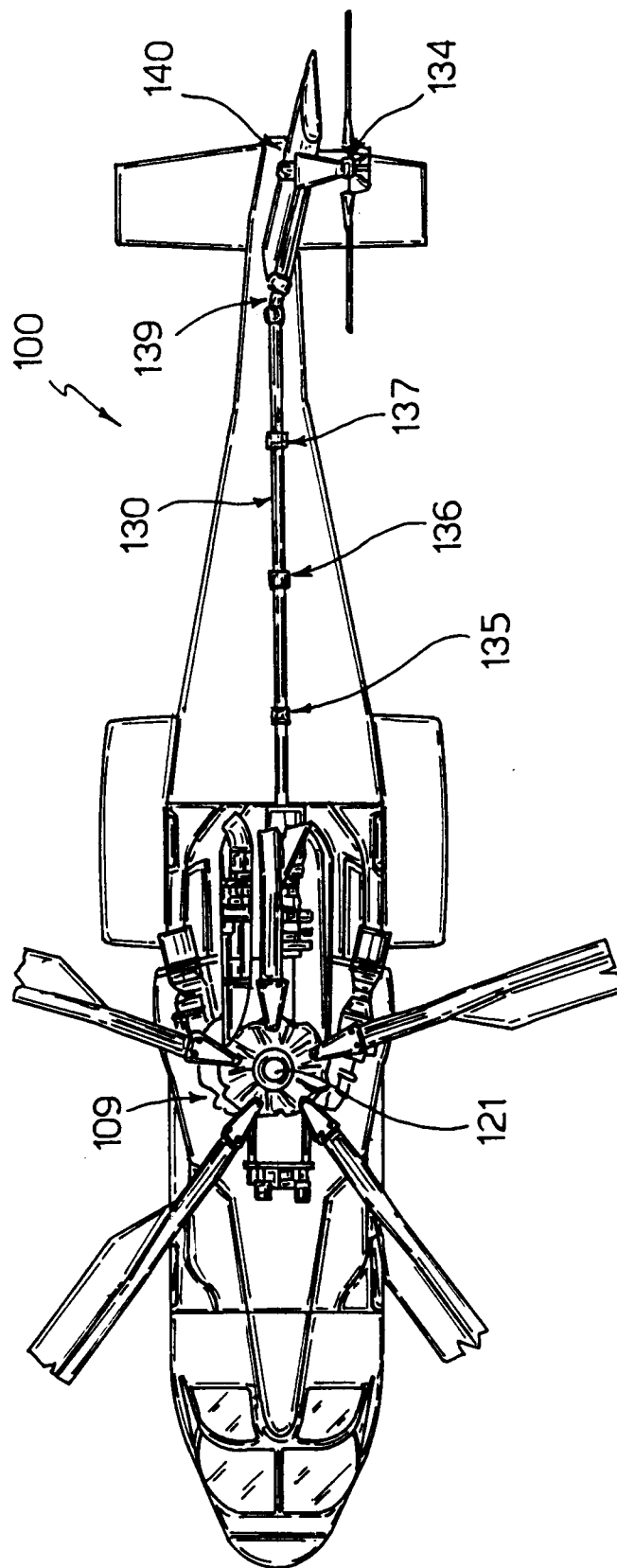
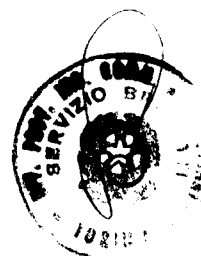


Fig.1

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

CERBARO Elena  
 Iscrizione Albo nr 426/BMI



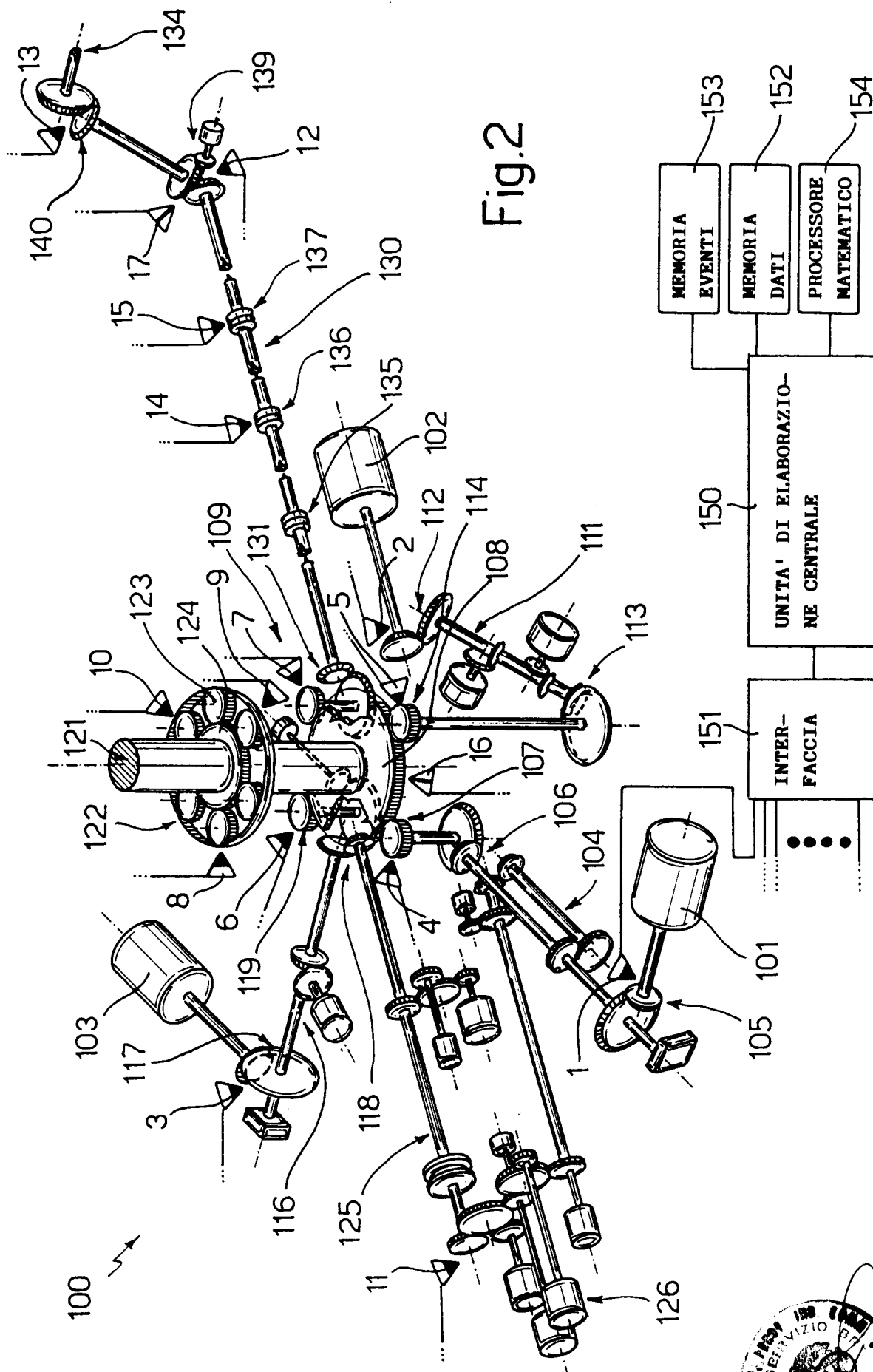


Fig. 2

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

CERRARO Elena

Iscrizione Albo nr 420/BM



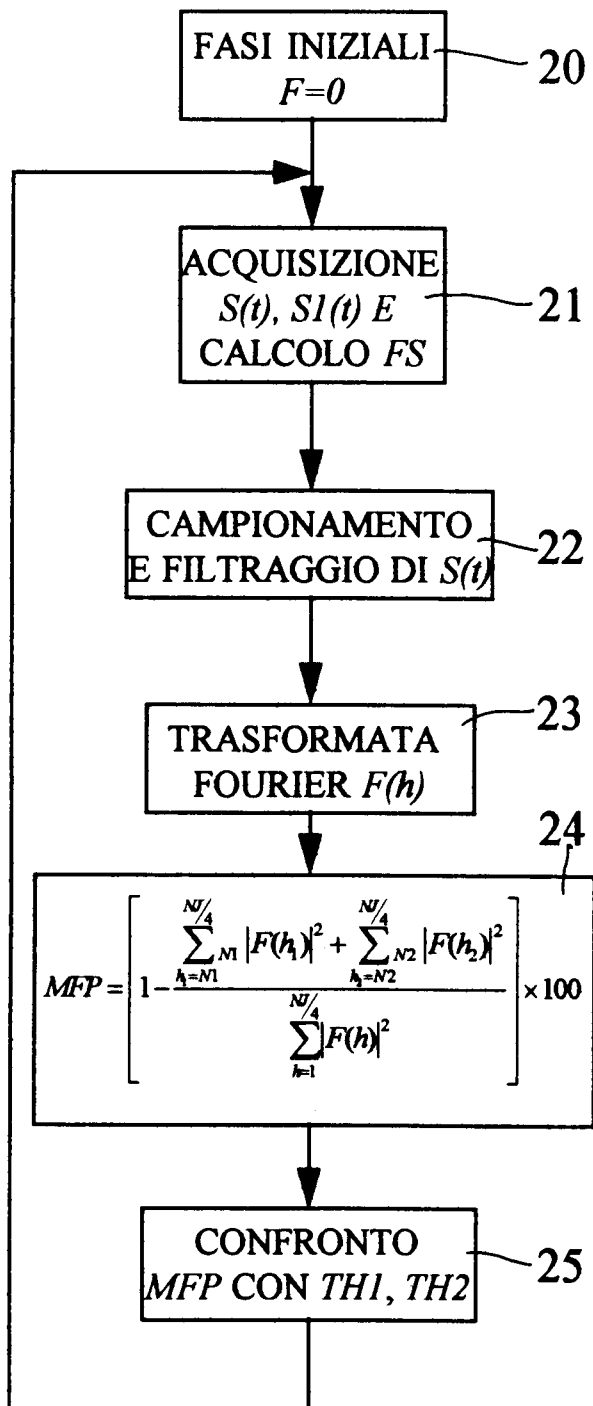


Fig.3a

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

CERBARO Elena  
Iscrizione Albo nr 420/BMI

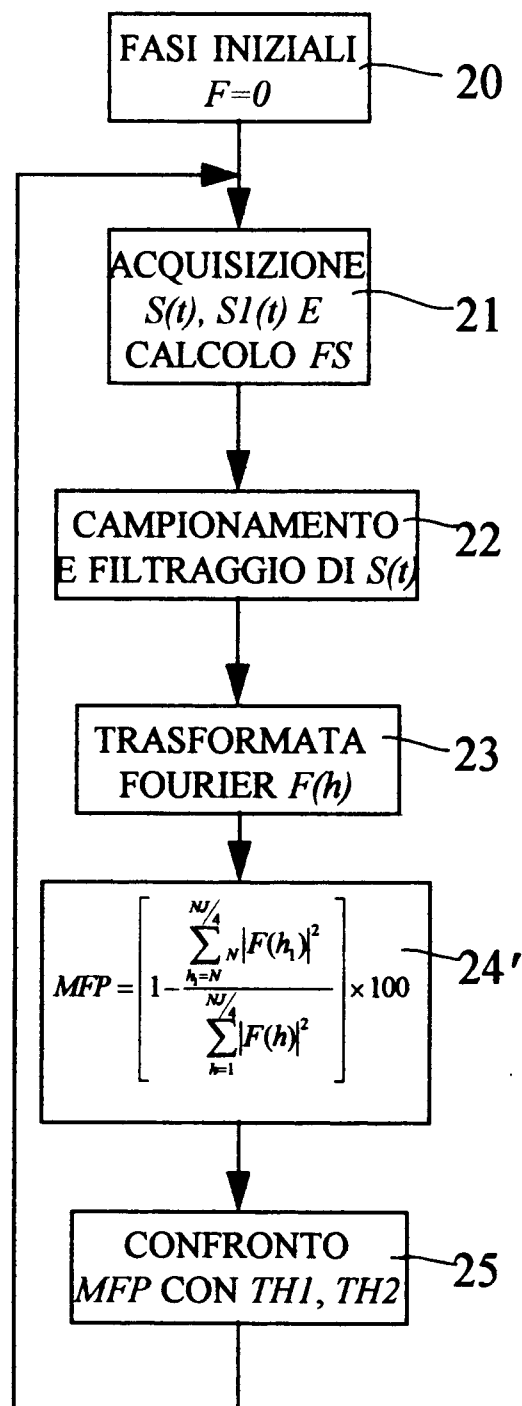
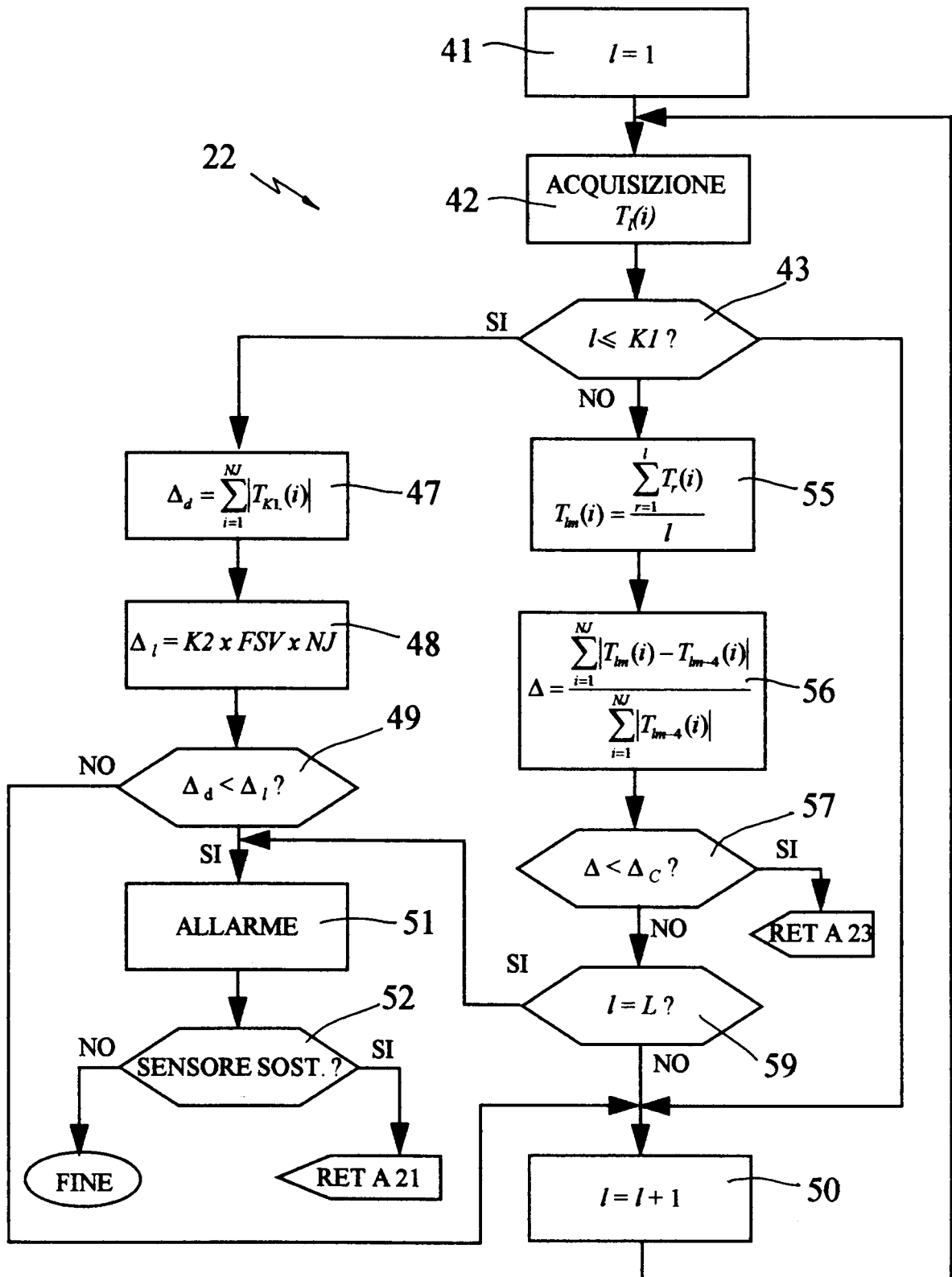


Fig.3b





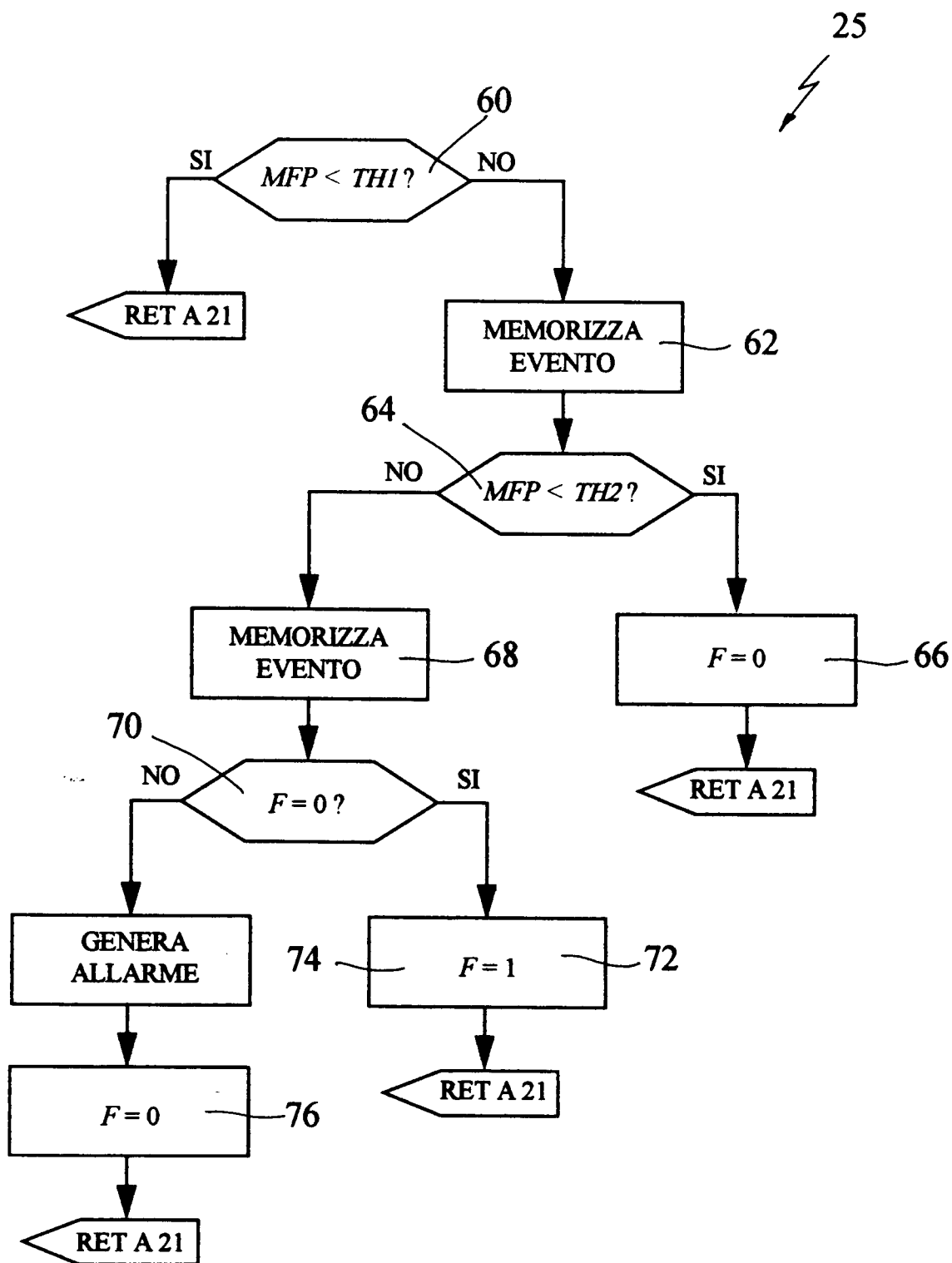


Fig. 5

