



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

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102012902099382
Data Deposito	08/11/2012
Data Pubblicazione	08/05/2014

Classifiche IPC

Titolo

APPARECCHIATURA PER IL RILEVAMENTO DI CORTOCORCUTI IN AVVOLGIMENTI
ROTORICI DI MACCHINE ELETTRICHE

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

"APPARECCHIATURA PER IL RILEVAMENTO DI CORTOCORCUIITI IN
AVVOLGIMENTI ROTORICI DI MACCHINE ELETTRICHE"

di ANSALDO ENERGIA S.P.A.

di nazionalità italiana

con sede: VIA NICOLA LORENZI, 8

GENOVA (GE)

Inventori: CRESTA Gabriele, MANARINI Massimiliano,

VALGIMIGLI Marco, VALLARINO Domenico

*** ***** ***

La presente invenzione è relativa a un'apparecchiatura per il rilevamento di cortocircuiti in avvolgimenti rotorici di macchine elettriche.

Come è noto, l'individuazione di difettosità negli avvolgimenti rotorici di macchine elettriche, specialmente di grandi dimensioni, è di fondamentale importanza sia per la validazione di macchine prima dell'installazione e della messa in opera, sia in fase di verifica di macchine esistenti. Ad esempio, gli alternatori utilizzati negli impianti per la produzione di energia elettrica, dati il costo e la complessità, devono essere forniti privi di difettosità native che ne alterino in modo apprezzabile il rendimento e l'affidabilità. Inoltre, è essenziale poter rilevare con precisione difettosità sorte successivamente

alla prima messa in opera.

In particolare, le difettosità più importanti sono cortocircuiti derivanti dal cedimento dell'isolante tra le spire di un avvolgimento o tra le spire e la massa (generalmente il fucinato del rotore o il pacco di un polo saliente) oppure dalla presenza di corpi estranei metallici che mettono le spire in contatto tra di loro o con la massa. Altre difettosità che devono essere evitate discendono dal montaggio inaccurato di componenti del rotore o del polo saliente. Ad esempio, alcuni componenti di collegamento o di chiusura possono essere posizionati geometricamente in modo errato, oppure possono essere applicate forze di serraggio non appropriate. Difetti di questo genere possono influire sul grado dell'isolamento delle spire e/o causare perdite e cortocircuiti, modificando così la risposta elettrica complessiva e l'efficienza della macchina.

Attualmente, i metodi per indagare sull'integrità degli avvolgimenti di macchine elettriche in condizioni statiche sono basati su misure di tipo volt-amperometrico o riflettometrico.

I metodi volt-amperometrici possono essere utilizzati su avvolgimenti di qualsiasi genere, ma sono poco precisi e non consentono di apprezzare difetti di lieve entità.

Il metodo riflettometrico, che è basato su analisi di

segnali elettrici nel dominio del tempo, è più preciso e accurato, ma perde la sua efficacia quando i cortocircuiti tra le spire sono localizzati attorno al centro dello sviluppo lineare dell'avvolgimento. Inoltre, il metodo riflettometrico è poco adatto a essere impiegato per l'indagine di singoli poli salienti di alcuni tipi di macchine, come, ad esempio, gli idrogeneratori. In questo caso, infatti, la lunghezza di sviluppo degli avvolgimenti non è sufficiente a ottenere tempi di risposta rilevabili correttamente a bassa frequenza. D'altra parte, utilizzando frequenze di test più elevate le misure sono affette da disturbi e diventano poco attendibili.

Sono stati proposti anche metodi basati sull'analisi in frequenza di segnali di misura ottenuti in risposta a segnali di test iniettanti negli avvolgimenti rotorici. Metodi di questo tipo hanno dato prova di essere efficaci nella rilevazione di corto circuiti fra spire, ma non sempre sono in grado a determinare l'esatta posizione dei difetti negli avvolgimenti. In altre parole, è generalmente possibile individuare un polo difettoso, ma non la specifica bobina in cui il cortocircuito è localizzato.

Inoltre, alcuni dei metodi e delle apparecchiature conosciuti richiedono che il rotore sia messo in movimento. Questa necessità limita severamente le condizioni in cui le prove possono essere eseguite, perché obbligano ad avere a

disposizione apparecchiature ausiliarie capaci di muovere il rotore attorno al proprio asse con velocità angolare controllata.

Scopo della presente invenzione è quindi fornire un'apparecchiatura per il rilevamento di cortocircuiti in avvolgimenti rotorici di macchine elettriche che permetta di superare le limitazioni descritte.

Secondo la presente invenzione, viene realizzata un'apparecchiatura per il rilevamento di cortocircuiti in avvolgimenti rotorici di macchine elettriche come definita nella rivendicazione 1.

La presente invenzione verrà ora descritta con riferimento ai disegni annessi, che ne illustrano alcuni esempi di attuazione non limitativi, in cui:

- la figura 1 è uno schema a blocchi semplificato di un'apparecchiatura per il rilevamento di cortocircuiti in avvolgimenti rotorici di macchine elettriche in accordo a una forma di realizzazione della presente invenzione;

- la figura 2 è una vista frontale di componenti dell'apparecchiatura di figura 1, accoppiati a un rotore di macchina elettrica;

- la figura 3 è una vista laterale dei componenti e del rotore di macchina elettrica di figura 2;

- la figura 4 una vista laterale ingrandita di un dettaglio dei componenti di figura 2;

- la figura 5 è una vista in pianta dall'alto del dettaglio di figura 4;

- la figura 6 è una vista frontale del dettaglio di figura 4 con parti rimosse;

- la figura 7 è una vista frontale di un ulteriore dettaglio dei componenti di figura 2;

- la figura 8 è un grafico che mostra grandezze relative all'apparecchiatura di figura 1;

- la figura 9 è un diagramma di flusso relativo a una procedura diagnostica eseguita dall'apparecchiatura di figura 1;

- la figura 10 è una vista frontale di un dettaglio di un'apparecchiatura per il rilevamento di cortocircuiti in avvolgimenti rotorici di macchine elettriche in accordo a una diversa forma di realizzazione della presente invenzione; e

- la figura 11 è una vista laterale del dettaglio di figura 10.

Con riferimento alla figura 1, un'apparecchiatura per il rilevamento di cortocircuiti in avvolgimenti rotorici di macchine elettriche è indicata nel suo complesso con il numero 1 e comprende una struttura di supporto 2, una sonda 3, un attuatore 5 e un'unità di elaborazione 8.

La struttura di supporto 2 è configurata per supportare in modo girevole la sonda 3 lungo una

traiettoria circolare attorno agli avvolgimenti 9 di un rotore 10 di una macchina elettrica, qui non illustrata. In particolare, la struttura di supporto 2 è atta a essere accoppiata al rotore 10 quando il rotore 10 stesso è estratto dal rispettivo statore ed è in condizioni statiche.

La sonda 3 è una sonda di flusso magnetico e in una forma di realizzazione comprende una bobina 12 accoppiata all'unità di elaborazione 8 per fornire segnali di misura S_M rappresentativi del flusso magnetico rilevato.

L'attuatore 5 comprende ad esempio un motore elettrico 13 e un'unità di controllo 14 ed è configurato per porre in rotazione la sonda 3 lungo la traiettoria circolare attorno agli avvolgimenti 9 del rotore 10 con velocità angolare sostanzialmente costante. In una forma di realizzazione, in particolare, l'unità di controllo 14 riceve un segnale di velocità angolare S_Ω da un rilevatore di velocità angolare 15 accoppiato a un albero (non mostrato) del motore elettrico 13; e un segnale di riferimento $S_{\Omega R}$, ad esempio fornito da un operatore attraverso l'unità di elaborazione 8 oppure generato internamente dall'unità di elaborazione 8 stessa in accordo a una procedura memorizzata. In una diversa forma di realizzazione, non illustrata, il rilevatore di velocità angolare 15 può essere accoppiato a parti mobili della struttura di supporto 2, a cui la sonda

3 è rigidamente collegata. Il segnale di velocità angolare S_{Ω} e il segnale di riferimento $S_{\Omega R}$ vengono utilizzati dall'unità di controllo 14 per mantenere costante, tramite un controllo in retroazione del motore elettrico 13, la velocità angolare della sonda 3 durante la rotazione attorno agli avvolgimenti 9. Il controllo in retroazione può essere ad esempio realizzato mediante un'azione proporzionale-integrale-derivativa.

L'unità di elaborazione 8 riceve il segnale di misura S_M dalla sonda 3 e lo utilizza per determinare se sono presenti difetti negli avvolgimenti, come sarà spiegato in dettaglio più avanti.

Le figure 2 e 3 mostrano la struttura di supporto 2, montata sul rotore 10, e la sonda 3.

La struttura di supporto 2 comprende una struttura anulare 17, estendentesi attorno a un asse centrale A e accoppiata in modo girevole al rotore 10 mediante elementi di connessione 18 (quattro nella forma di realizzazione descritta). In particolare, gli elementi di connessione 18 sono conformati in modo che l'asse centrale A della struttura anulare 17 sia sostanzialmente coincidente con un asse longitudinale del rotore 10 e, in uso, la struttura anulare 17 sia concentrica al rotore 10 e possa ruotare attorno allo stesso asse centrale A.

La struttura anulare 17 comprende un primo anello 20a

e un secondo anello 20b, di uguale diametro, disposti coassiali e affiancati e collegati reciprocamente mediante barre trasversali 22. Preferibilmente, il primo anello 20a e il secondo anello 20b comprendono rispettivi semianelli (non mostrati in dettaglio) collegabili rigidamente in modo reversibile, in modo da poter essere agevolmente montati attorno al rotore 10 e centrati in modo che l'asse centrale A coincida con l'asse longitudinale del rotore 10.

Come mostrato nel dettaglio delle figure 4-6, ciascun elemento di connessione 18 comprende una prima piastra 21a e una seconda piastra 21b, conformate in modo che, una volta accoppiate al rotore 10, le piastre 21a, 21b stesse siano perpendicolari all'asse centrale A e all'asse longitudinale del rotore 10. La prima piastra 21a e la seconda piastra 21b sono inoltre affacciate l'una all'altra, a distanza sufficiente a permettere l'alloggiamento della struttura anulare 17 nel mezzo. Le prime piastre 21a sono pertanto disposte su un lato della struttura anulare 17 per supportare il primo anello 20a e le seconde piastre 21b sono disposte sull'altro lato opposto della struttura anulare 17 per supportare il secondo anello 20b.

Le prime piastre 21a e le seconde piastre 21b sono provviste di rispettive basi di appoggio 23a, 23b e sono fissate al rotore 10 mediante mezzi di fissaggio, che nella

forma di realizzazione descritta includono due cinghie 24a, 24b con tenditore a cricchetto (non mostrato). Le cinghie 24a, 24b sono avvolte attorno al rotore 10 e serrano le basi di appoggio 22a, 22b delle piastre 21a, 21b contro la superficie esterna del rotore 10.

Le prime piastre 21a e le seconde piastre 21b sono inoltre dotate di rispettive coppie di ruote di trasmissione 25 (due coppie per ciascuna piastra 21a, 21b nell'esempio descritto). Le ruote di trasmissione 25 di ciascuna coppia sono allineate in direzione radiale quando gli elementi di connessione 18 sono fissati al rotore 10. Il primo anello 20a impegna gli interstizi fra le ruote di trasmissione 25 delle prime piastre 21a; il secondo anello 20b impegna gli interstizi fra le ruote di trasmissione 25 delle seconde piastre 21b. In una forma di realizzazione alternativa (non mostrata), la struttura anulare 17 è accoppiata alle piastre 21a, 21b degli elementi di connessione 18 mediante rulli o cuscinetti.

Con riferimento alle figure 2 e 7, la sonda 2 è montata su un telaio 26, rigidamente collegato alla struttura anulare 17. In particolare, il telaio 26 si estende dalla struttura anulare 17 radialmente verso l'interno, in modo che, in uso, la sonda 2 sia affacciata agli avvolgimenti 9 durante la rotazione in un piano perpendicolare a un asse A del rotore 10.

Il motore elettrico 13 (figura 3) è fissato a uno degli elementi di connessione 18 della struttura di supporto 2 ed è accoppiato alla struttura anulare 17 mediante una prima ruota attuatrice 27a e una seconda ruota attuatrice 27b. Più precisamente, la prima ruota attuatrice 27a e la seconda ruota attuatrice 27b ricevono il moto dall'albero (non mostrato) del motore elettrico 13, direttamente o attraverso un riduttore, e sono disposte a contatto rispettivamente con il primo anello 20a e con il secondo anello 20b, in modo che la loro rotazione causi la rotazione della struttura anulare 17 attorno all'asse longitudinale A del rotore 10.

In una forma di realizzazione, il motore elettrico 13 è comandato dall'unità di elaborazione 8.

L'unità di elaborazione 8 è configurata per rilevare e localizzare eventuali difetti, in particolare cortocircuiti, negli avvolgimenti 9 del rotore 10 in base al segnale di misura S_M . Un esempio di un segnale di misura S_M relativo a un caso in cui il rotore 10 ha avvolgimenti 9 con 18 bobine di rotore è rappresentato in figura 8. Il segnale di misura S_M è acquisito su una rotazione completa di 360° della sonda 3 attorno al rotore 10. Come si può notare dal grafico, per ogni bobina di rotore il segnale di misura S_M presenta un massimo relativo e un minimo relativo nella prima mezza rotazione e un massimo relativo e un

minimo relativo nella seconda mezza rotazione. La simmetria dei massimi relativi e dei minimi relativi nelle due mezze rotazioni è indicativa di una condizione di sostanziale integrità degli avvolgimenti 9 del rotore 10. Pertanto, l'unità di elaborazione 8 è configurata per verificare la simmetria o l'asimmetria di picchi (massimi o minimi relativi) corrispondenti del segnale di misura S_M nella prima mezza rotazione e nella seconda mezza rotazione della sonda 3 attorno al rotore 10.

La figura 9 illustra una procedura di rilevamento di cortocircuiti che può essere eseguita mediante l'unità di elaborazione 8.

Inizialmente (blocco 50), viene impostata la velocità di rotazione della sonda 3 attorno al rotore 10 (manualmente da un operatore o in base a tabelle memorizzate nell'unità di elaborazione 8).

Dopo una fase di inizializzazione (blocco 55), l'unità di elaborazione attiva il motore elettrico 13 per causare la rotazione della struttura anulare 17 e della sonda 3 ad essa fissata (blocco 60).

Quindi, l'unità di elaborazione 8 inizia l'acquisizione e la memorizzazione dei valori del segnale di misura S_M durante una rotazione completa della sonda 3 attorno al rotore 10 (blocco 65).

I valori memorizzati vengono poi elaborati per

individuare e localizzare eventuali difetti e, a questo scopo, l'unità di elaborazione 8 verifica la simmetria o l'asimmetria dei picchi di massimo e minimo relativi del segnale di misura S_M . In una forma di realizzazione, in particolare, l'unità di elaborazione 8 (blocco 70) calcola indice di errore $EC\%$ per ciascuna bobina di rotore, in base all'equazione:

$$EC_N\% = \frac{P_A \cdot C_N \cdot U - P_B \cdot C_N \cdot U}{\frac{P_A \cdot C_N \cdot U + P_B \cdot C_N \cdot U}{2}} \times 100 \quad (1)$$

e un indice di dissimmetria polare $PD\%$, in base all'equazione:

$$PD\% = \frac{\frac{\sum P_A \cdot C_N \cdot U - \sum P_B \cdot C_N \cdot U}{N}}{\frac{\sum P_A \cdot C_N \cdot U + \sum P_B \cdot C_N \cdot U}{N}} \times 100 \quad (2)$$

Nelle equazioni (1) e (2), $P_A \cdot C_N \cdot U$ e $P_B \cdot C_N \cdot U$ rappresentano valori di picco (massimi e minimi relativi) associati per posizione alla generica bobina di rotore n -sima rispettivamente nella prima mezza rotazione e nella seconda mezza rotazione della sonda 3 attorno al rotore 10.

Gli indici di errore $EC\%$ e l'indice di dissimmetria polare $PD\%$ vengono poi confrontati rispettivamente con una soglia di errore EC^* e con una soglia di dissimmetria PD^* (blocco 75).

Se uno degli indici di errore $EC_N\%$ o l'indice di dissimmetria polare $PD\%$ superano la rispettiva soglia (blocco 75, uscita SI), l'unità di elaborazione 8

localizza i difetti rilevati (blocco 80). In particolare, l'unità di elaborazione 8 individua, per ciascun indice di errore $EC_N\%$ superiore alla soglia di errore EC^* , la corrispondente bobina di rotore in base alla posizione angolare della sonda 3 al momento in cui sono stati rilevati i valori di massimo e minimo relativi non sufficientemente simmetrici.

Dopo la localizzazione dei difetti (o dopo la il confronto con la soglia di errore EC^* e con la soglia di dissimmetria PD^* , se non vengono rilevati valori asimmetrici; blocco 75, uscita NO), l'unità di elaborazione 8 esegue una procedura di validazione (blocco 85), per verificare che i campioni acquisiti del segnale di misura S_M non siano affetti da disturbi tali da pregiudicare l'esito delle misure. Se la validazione è positiva (blocco 85, uscita SI), l'unità di controllo 8 genera un rapporto contenente l'indicazione della presenza e la localizzazione di difetti, se ci sono, oppure l'indicazione dell'assenza di difetti (blocco 90). Se, al contrario, la serie dei campioni acquisiti per il segnale di misura S_M non supera la validazione (blocco 85, uscita NO), l'unità di elaborazione 8 ripete le misure, con una nuova acquisizione di dati (blocco 65) e le successive elaborazioni (blocchi 70, 75, 80).

Secondo la forma di realizzazione illustrata nelle

figure 10 e 11, in un'apparecchiatura 100 per il rilevamento di cortocircuiti in avvolgimenti rotorici di macchine elettriche una struttura di supporto 102 comprende una rotaia anulare 117, atta a essere rigidamente accoppiata al rotore 10 mediante elementi di connessione 118, e un carrello 126, mobile lungo la rotaia anulare 117.

La rotaia anulare 117, che in una forma di realizzazione presenta sezione a T, è conformata in modo da permettere al carrello 126 di compiere una rotazione completa attorno al rotore 10 senza ostacoli. In particolare, gli elementi di connessione 118 sono conformati in modo da mantenere la rotaia anulare 117 concentrica al rotore 10.

Nell'esempio descritto, il carrello 126 è provvisto di una pluralità di coppie di ruote 130, accoppiate a facce opposte della rotaia anulare 117. Un motore elettrico 113 portato dal carrello 126 è accoppiato, ad esempio a cinghia, ad almeno una delle ruote 130 per permettere il movimento del carrello 126 stesso lungo la rotaia anulare 117. In una forma di realizzazione, il motore elettrico 113 è comandato all'unità di elaborazione 8 attraverso una connessione senza fili (ad esempio in radiofrequenza).

La sonda 3 è montata sul carrello 126 radialmente verso l'interno ed è mantenuta affacciata agli avvolgimenti 9 quando la struttura di supporto 102 è montata sul rotore

10.

L'apparecchiatura descritta permette vantaggiosamente di rilevare la presenza di eventuali difetti elettrici, in particolare cortocircuiti, in rotori di macchine elettriche e di localizzare in modo preciso i difetti rilevati. L'apparecchiatura può essere utilizzata con qualsiasi tipo di rotore di macchina elettrica e l'effettuazione delle misure non richiede che il rotore sia posto in movimento. Di conseguenza, è possibile effettuare verifiche diagnostiche durante la fabbricazione, prima del collaudo dinamico del rotore, così come in fase di manutenzione, con il rotore estratto dallo statore. In particolare, dato che le verifiche sull'integrità degli avvolgimenti possono essere effettuate precocemente durante la fabbricazione, i costi e i tempi di produzione possono essere abbattuti.

Risulta infine evidente che all'apparecchiatura descritta possono essere apportate modifiche e varianti, senza uscire dall'ambito della presente invenzione, come definito nelle rivendicazioni allegate.

RIVENDICAZIONI

1. Apparecchiatura per il rilevamento di cortocircuiti in avvolgimenti rotorici di macchine elettriche, comprendente:

una sonda di flusso magnetico (3);

una struttura di supporto (2; 102), configurata per supportare in modo girevole la sonda di flusso magnetico (3) lungo una traiettoria attorno ad avvolgimenti (9) di un rotore (10) di una macchina elettrica;

organi attuatori (13, 14; 113), configurati per muovere la sonda di flusso magnetico (3) lungo la traiettoria attorno al rotore (10); e

un'unità di elaborazione (8), accoppiata alla sonda di flusso magnetico (3) e configurata per rilevare cortocircuiti negli avvolgimenti (9) rotorici in base a un flusso magnetico misurato dalla sonda di flusso magnetico (3) durante il movimento lungo la traiettoria.

2. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 1, in cui la struttura di supporto (2) comprende una struttura anulare (17), estendentesi attorno un asse centrale (A), ed elementi di connessione (18) atti ad accoppiare la struttura di supporto (2) al rotore (10).

3. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 2, in cui la struttura anulare (17) è supportata dagli elementi di connessione (18) in modo girevole attorno all'asse centrale

(A).

4. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 2 o 3, in cui gli elementi di connessione (18) sono conformati in modo che, in uso, la struttura anulare (17) sia coassiale al rotore (10).

5. Apparecchiatura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 2 a 4, in cui la struttura anulare (17) è accoppiata agli elementi di connessione (18) mediante elementi di rotolamento (25).

6. Apparecchiatura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 2 a 5, in cui la struttura anulare (17) comprende un primo anello (20a) e un secondo anello (20b), di uguale diametro, disposti coassiali e affiancati e collegati reciprocamente.

7. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 6, in cui ciascun elemento di connessione (18) comprende una prima piastra (21a) e una seconda piastra (21b) reciprocamente affacciate e la struttura anulare (17) è alloggiata fra la prima piastra (21a) e la seconda piastra (21b) di ciascun elemento di connessione (18).

8. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 7, in cui il primo anello (20a) e il secondo anello (20b) sono supportati in modo girevole attorno all'asse centrale (A) rispettivamente dalle prime piastre (21a) e dalle seconde piastre (21b) degli elementi di connessione (18).

9. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 8, in cui le prime piastre (21a) e le seconde piastre (21b) sono inoltre dotate di rispettive ruote di trasmissione (25) e la struttura anulare (17) è accoppiata alle prime piastre (21a) e alle seconde piastre (21b) attraverso le ruote di trasmissione (25).

10. Apparecchiatura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 2 a 9, in cui gli organi attuatori (13, 14) comprendono un motore elettrico (13), fisso rispetto agli elementi di connessione (18), e accoppiato alla struttura anulare (17) in modo da ruotare la struttura anulare (17) attorno all'asse centrale (A).

11. Apparecchiatura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 2 a 10, in cui la sonda di flusso magnetico (3) è rigidamente collegata alla struttura anulare (17).

12. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui la struttura di supporto (102) comprende una rotaia anulare (117), elementi di connessione (118) atti ad accoppiare la struttura di supporto (102) al rotore (10) in modo girevole e un carrello (126), mobile lungo la rotaia anulare (117).

13. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 12, in cui il carrello (126) è provvisto di ruote (130) per l'accoppiamento alla rotaia anulare (117) e gli organi attuatori comprendono un motore elettrico (113) collegato ad almeno una delle ruote (130) del carrello (126).

14. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 12 o 13, in cui

la sonda (3) è montata sul carrello (126).

15. Apparecchiatura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui gli organi attuatori (13, 14) sono configurati per porre in rotazione la sonda (3) lungo la traiettoria con velocità angolare costante e controllata tramite un controllo in retroazione.

16. Apparecchiatura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente un'unità di elaborazione (8) accoppiata alla sonda (3) per ricevere un segnale di misura (S_M) e configurata per rilevare difetti negli avvolgimenti (9) del rotore (10) in base al segnale di misura (S_M).

17. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 16, in cui l'unità di elaborazione (8) è configurata per individuare massimi relativi e minimi relativi del segnale di misura (S_M), per individuare asimmetrie fra corrispondenti massimi relativi e corrispondenti minimi relativi del segnale di misura (S_M) e per rilevare difetti negli avvolgimenti (9) del rotore (10) in base alle asimmetrie individuate.

18. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 17, in cui l'unità di elaborazione (8) è configurata per localizzare i difetti negli avvolgimenti (9) del rotore (10) in base a una posizione angolare della sonda (3) a cui corrispondono asimmetrie del segnale di misura (S_M) individuate.

p.i.: **ANSALDO ENERGIA S.P.A.**

Andrea BERNOTTI

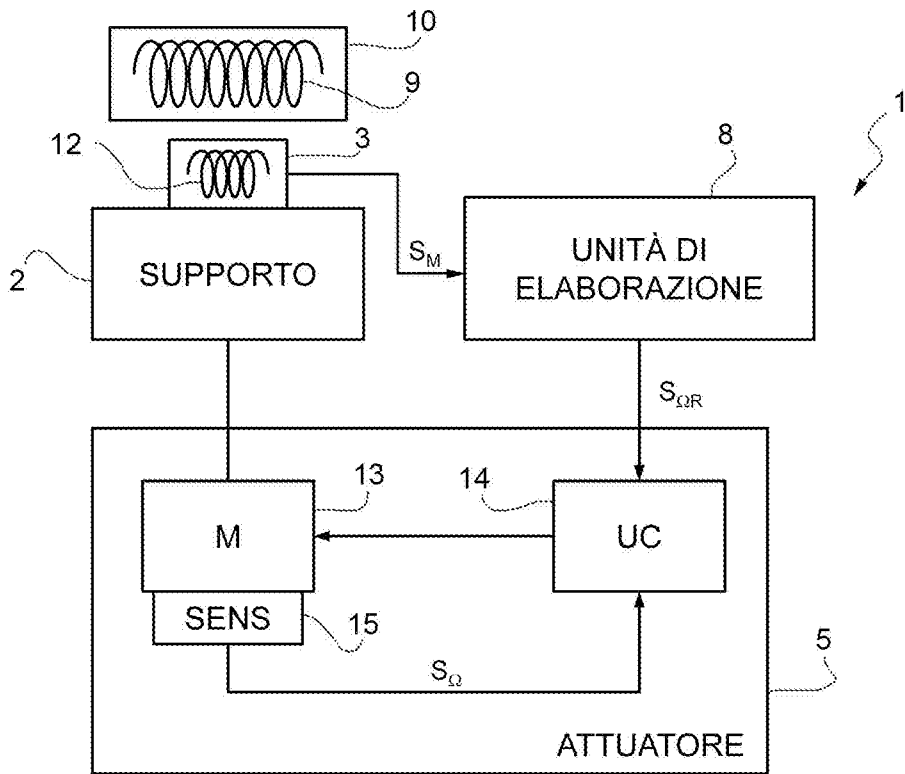


FIG. 1

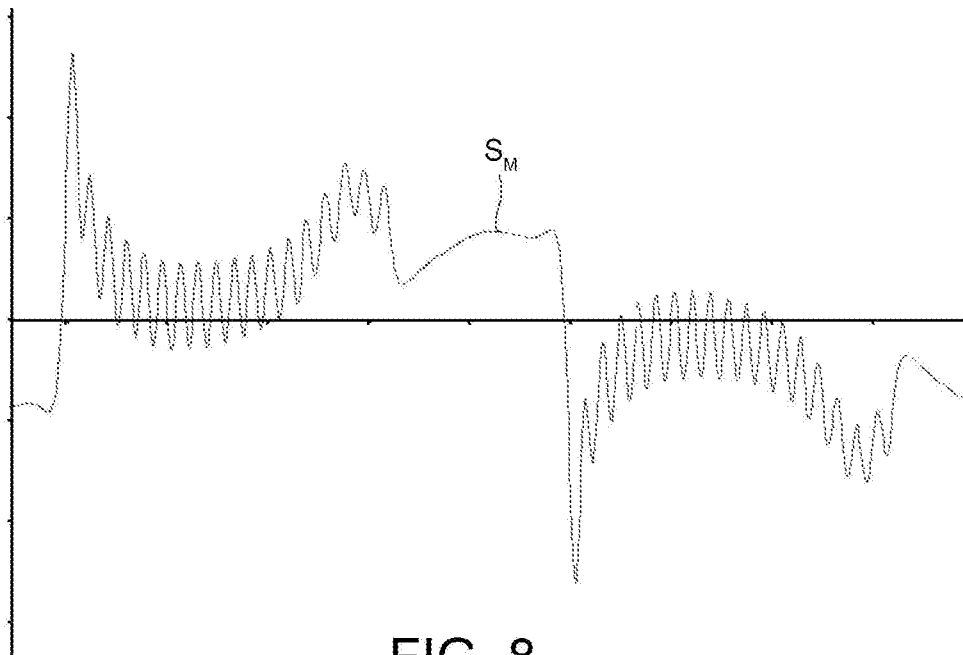


FIG. 8

FIG. 2

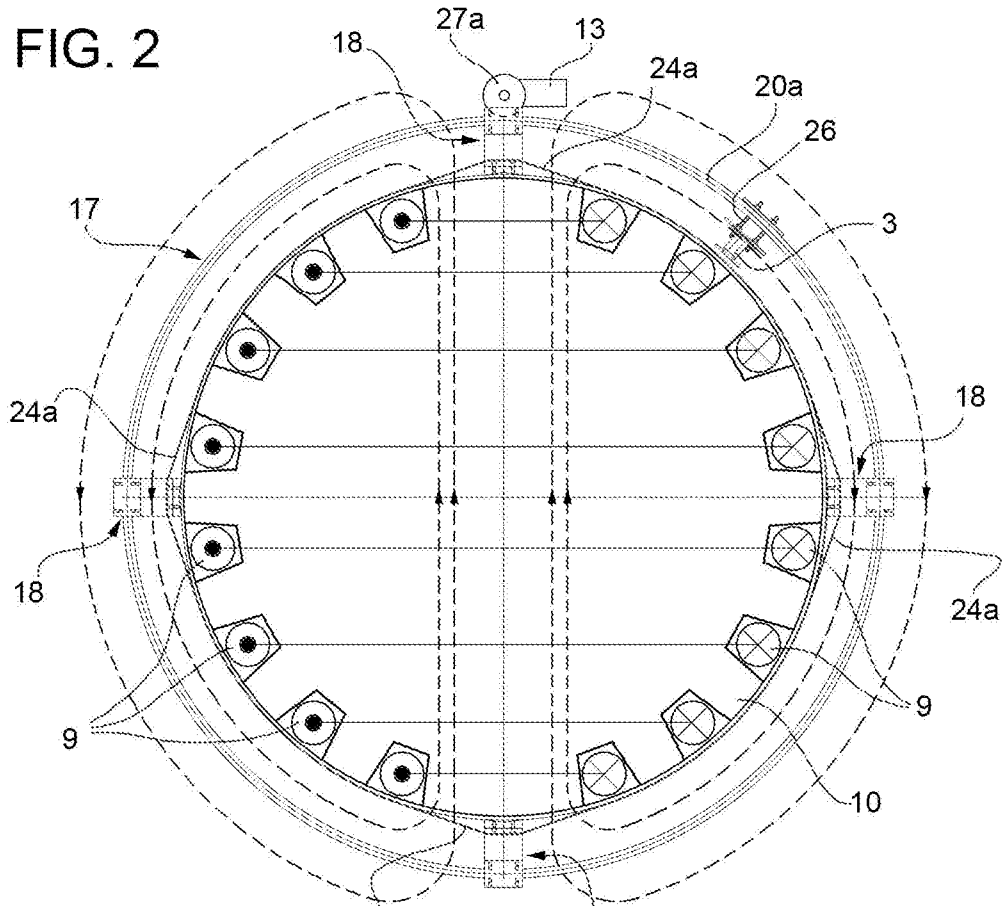
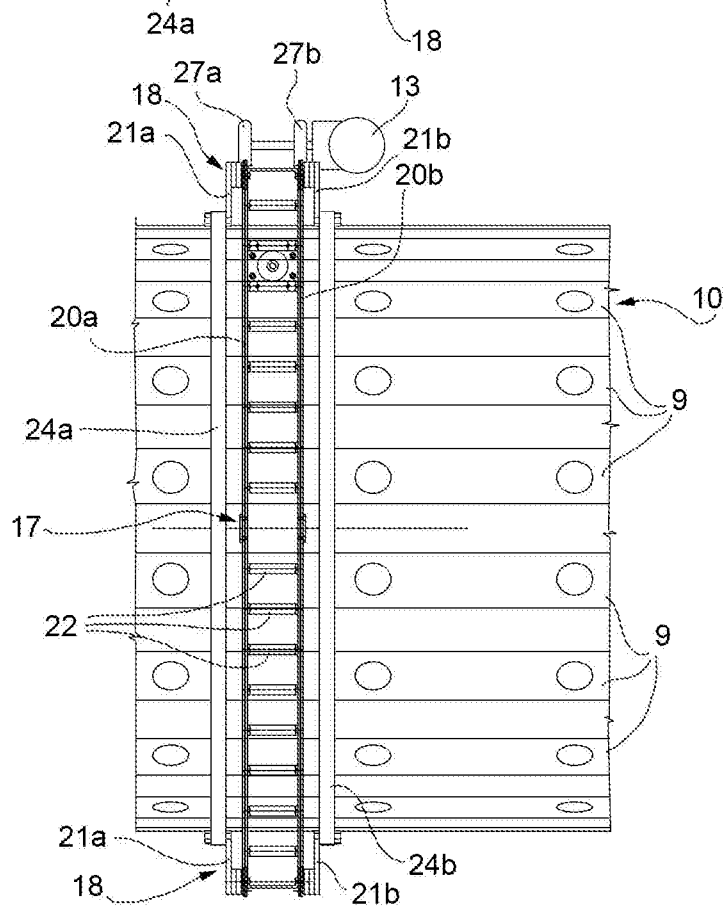


FIG. 3



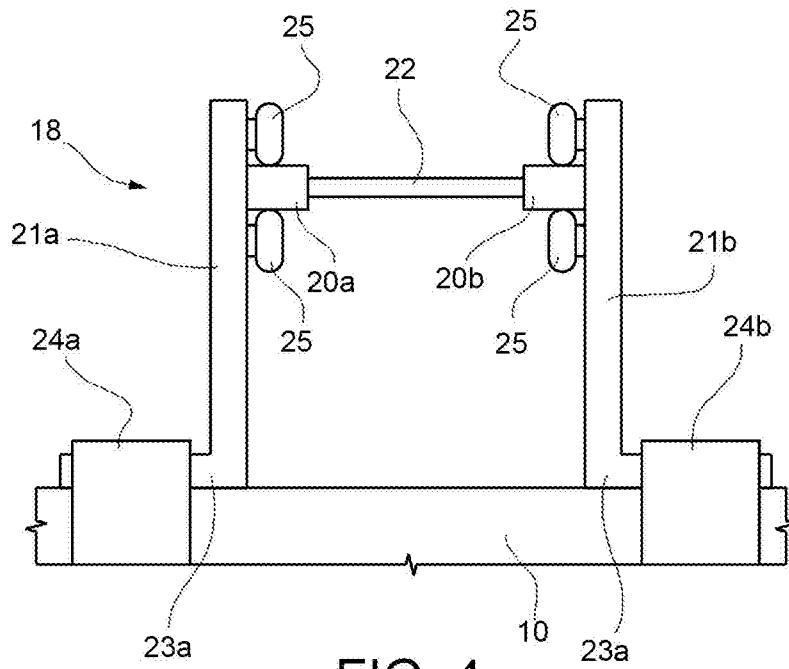


FIG. 4

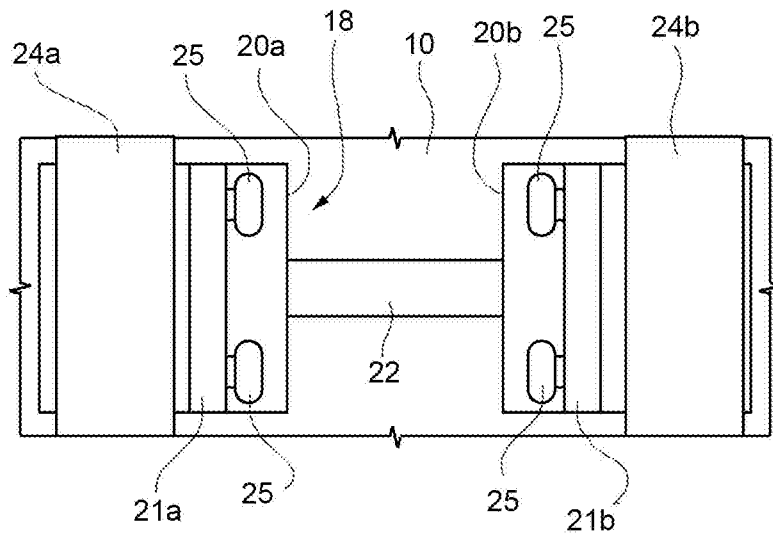


FIG. 5

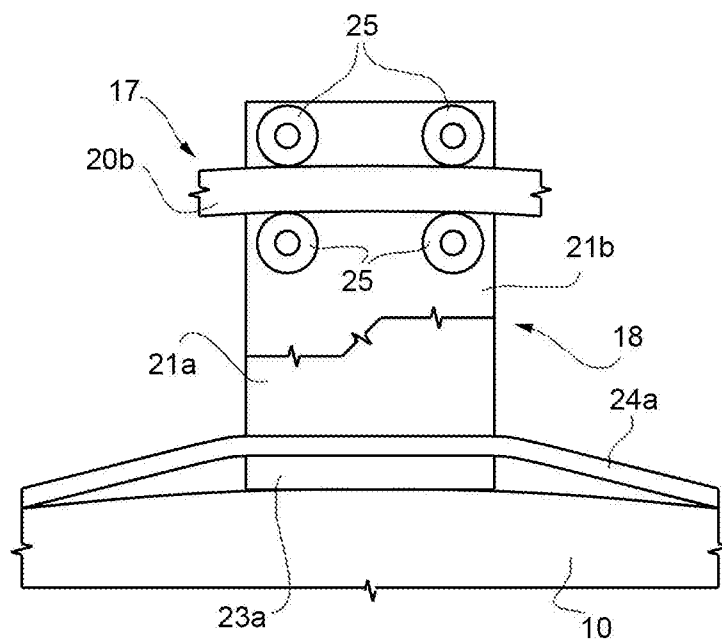


FIG. 6

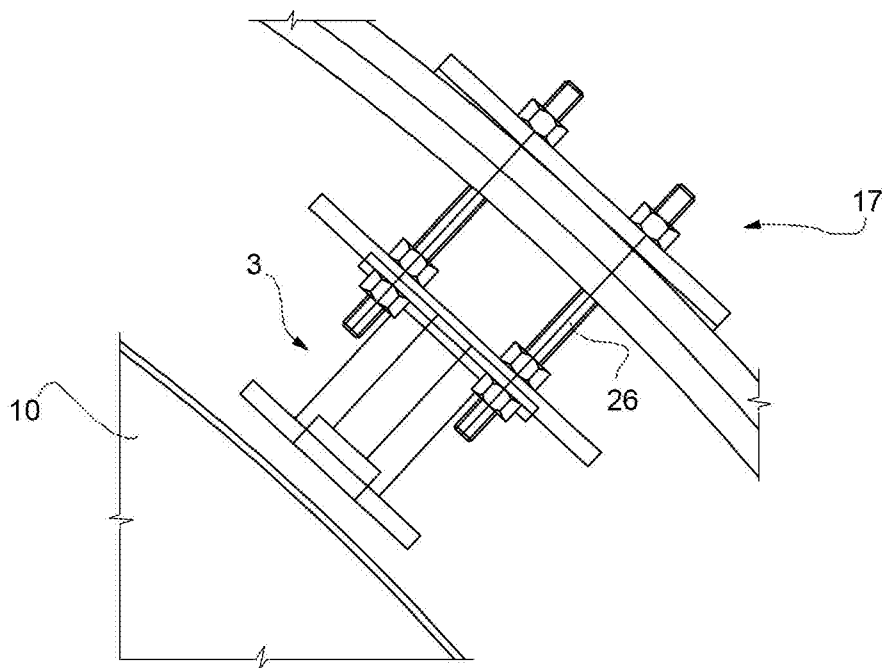


FIG. 7

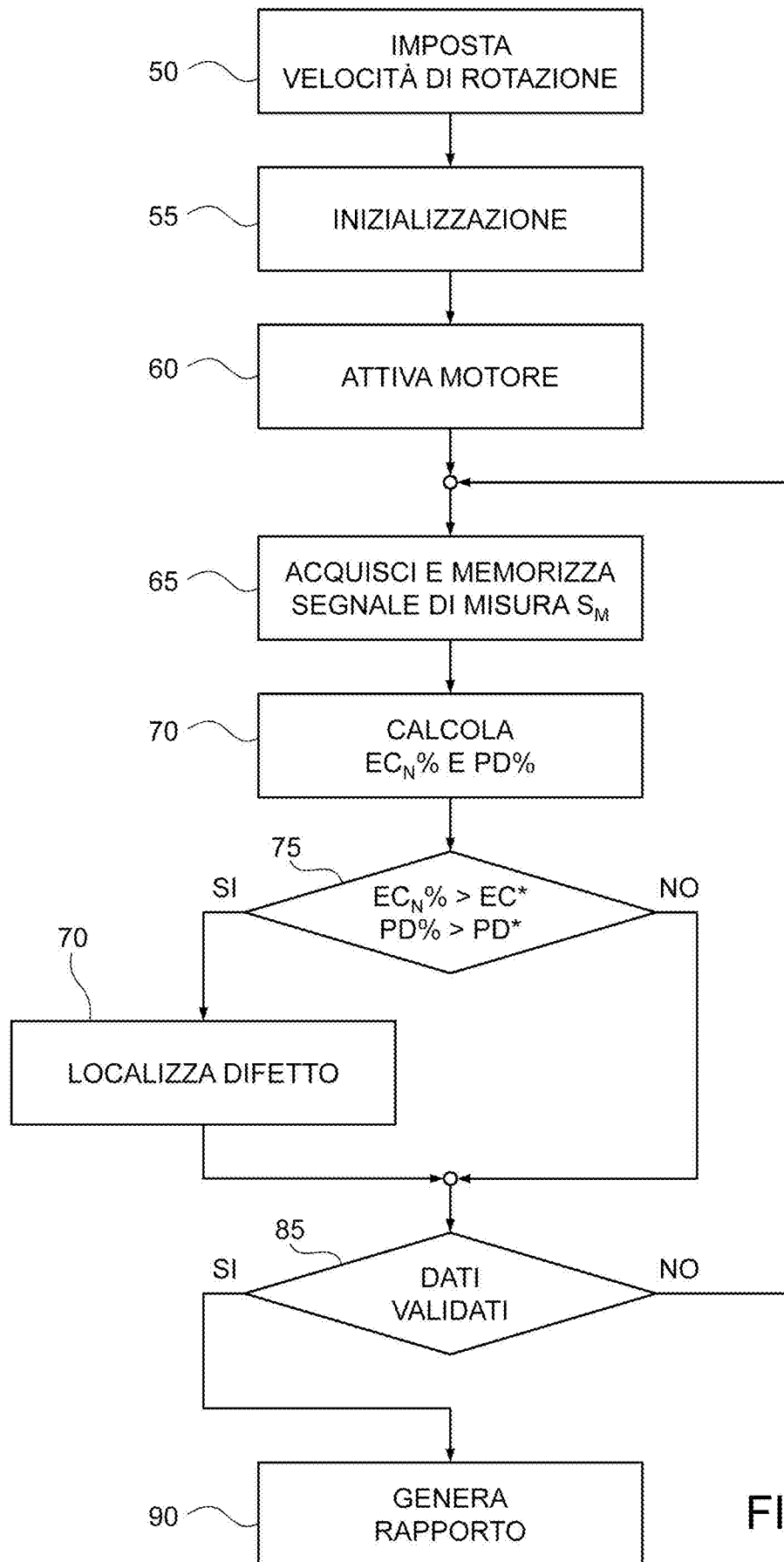


FIG. 9

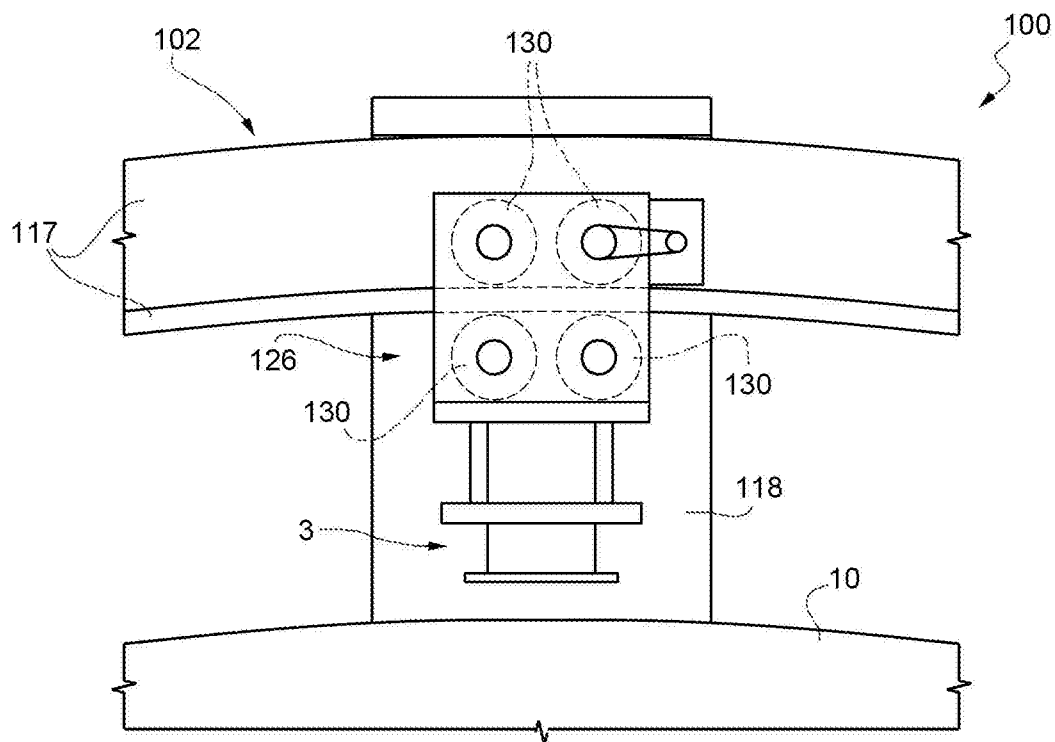


FIG. 10

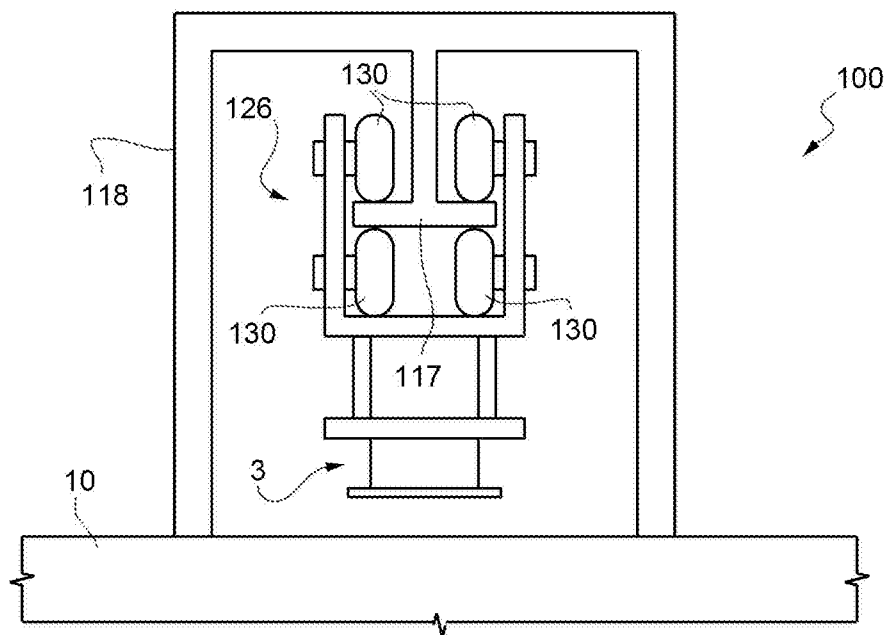


FIG. 11