

# ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102011901983910A1

Publication Date

20130403

Applicant

NOOMEN TECHNOLOGIES S.R.L.

Title

SISTEMA GENERATORE DI ENERGIA ELETTRICA DAL MOTO ONDOSI  
DEL MARE

**DESCRIZIONE** dell'invenzione industriale dal titolo:

“Sistema generatore di energia elettrica dal moto ondoso del mare”

di: Noomen Technologies S.r.l., nazionalità italiana, corso Francia 296, 10146 Torino

Inventore designato: Vincenzo Orlando

Depositata il: 3 ottobre 2011

\*\*\*\*

**TESTO DELLA DESCRIZIONE**

La presente invenzione riguarda un sistema generatore di energia elettrica dal moto ondoso del mare, del tipo comprendente un corpo galleggiante ed una struttura giroscopica disposta su di esso e comprendente:

- un primo telaio montato girevole rispetto al corpo galleggiante attorno ad un primo asse di rotazione;
- un rotore montato girevole attorno ad un secondo asse di rotazione che è portato dal primo telaio ed è sostanzialmente ortogonale a detto primo asse;
- detto sistema comprendendo, inoltre, mezzi generatori elettrici collegati operativamente a detto primo telaio per la generazione di energia elettrica per effetto della rotazione di detto primo telaio attorno a detto primo asse.

Nei sistemi noti del tipo sopra descritto, il primo telaio si muove secondo un movimento di oscillazione che viene alimentato dalla forza giroscopica indotta dalla combinazione del moto di rollio (e/o beccheggio) del corpo galleggiante e del moto di rotazione del rotore attorno al proprio asse. Il suddetto movimento di oscillazione del primo telaio viene sfruttato dai mezzi generatori elettrici per la produzione di energia elettrica. In alcune soluzioni di tipo noto, i mezzi generatori risultano collegati direttamente al primo telaio generando un segnale di corrente alternato, mentre in altre soluzioni sono previsti, fra il primo telaio e i mezzi generatori, mezzi di trasmissione meccanica atti a collegare operativamente fra loro il primo telaio e i mezzi generatori solamente in un verso di rotazione del telaio, in modo che i mezzi generatori generino un segnale di corrente variabile ma di segno costante. Un esempio di quest'ultima tipologia di soluzione nota è descritto nel brevetto statunitense US4352023.

La presente invenzione ha lo scopo di realizzare un sistema in grado di operare con un rendimento di funzionamento maggiore rispetto a quelli dei sistemi noti sopra indicati. Tale obiettivo viene raggiunto tramite un sistema del tipo indicato all'inizio, e caratterizzato dal fatto che comprende mezzi attuatori atti a controllare la rotazione del suddetto primo telaio attorno al suddetto primo asse, in funzione della posizione angolare di detto primo telaio, in modo tale per cui nel funzionamento detto primo telaio effettui, attorno a detto primo asse, rotazioni complete di 360°, in un medesimo verso di rotazione.

Le rivendicazioni formano parte integrante dell'insegnamento tecnico qui somministrato in relazione all'invenzione.

Ulteriori caratteristiche e vantaggi dell'invenzione risulteranno dalla descrizione che segue con riferimento ai disegni annessi, forniti a puro titolo di esempio non limitativo, in cui:

- la figura 1 rappresenta una vista prospettica di una forma di attrazione del dispositivo qui descritto;
- la figura 2 rappresenta una vista laterale del sistema di figura 1;
- la figura 3 rappresenta una vista prospettica di una seconda forma di attuazione del sistema di figura 1;
- le figure 4a-4f rappresentano il sistema di figura 1 in fasi di funzionamento successive;
- le figure 5a-5f illustrano in modo schematico sequenze di funzionamento del sistema;
- la figura 6 rappresenta un esempio di circuito di controllo del sistema di figura 1;
- la figura 7 rappresenta un diagramma che mette a confronto la potenza elettrica  $P_{II}$  erogata dal sistema qui descritto e la potenza elettrica  $P_I$  erogata da un sistema generatore equivalente di tipo noto.

Nella seguente descrizione sono illustrati i vari dettagli specifici finalizzati ad una approfondita comprensione delle forme di attuazione. Le forme di attuazione possono essere realizzate senza uno o più dettagli specifici, o con altri metodi, componenti materiali, eccetera. In altri casi, strutture, materiali o

operazioni noti non sono stati descritti in dettaglio per evitare di rendere oscuri vari aspetti delle forme di attuazione.

I riferimenti utilizzati sono soltanto per comodità e non definiscono dunque l'ambito di tutela delle forme di attuazione.

Con riferimento alle figure 1 a 3, con il numero di riferimento 10 è indicato un sistema generatore di energia elettrica dal moto ondoso del mare. È da notare che le figure illustrano il sistema 10 in maniera del tutto schematica, al fine di renderne immediatamente comprensibile le caratteristiche più importanti che lo distinguono dai sistemi di tipo noto. È pertanto evidente che la forma realizzativa del sistema potrà anche variare da quella qui illustrata, in funzione dei processi, materiali e/o mezzi che il tecnico del ramo riterrà più opportuno adottare per la realizzazione del sistema.

In generale, il sistema 10 comprende un corpo galleggiante (non mostrato) ed una struttura giroscopica 4 disposta su di esso e comprendente:

- un primo telaio 6 montato girevole rispetto al corpo galleggiante attorno ad un primo asse  $\square$ ;
- un rotore 8 montato girevole attorno ad un secondo asse di rotazione  $\square\square$  che è portato da detto primo telaio ed è sostanzialmente ortogonale a detto primo asse. In varie forme di attuazione preferite, così come in quella illustrata, il secondo asse di rotazione risulta contenuto in un piano sostanzialmente ortogonale al piano di galleggiamento del corpo galleggiante.

Nella forma di attuazione illustrata nelle figure, il primo telaio 6 è montato direttamente su una struttura di supporto 12 che è destinata ad essere rigidamente collegata al corpo galleggiante; in tale forma di attuazione la struttura giroscopica 12 presenta pertanto un solo grado di libertà. In forme di attuazione alternative, il primo telaio può essere invece montato - girevole attorno al suddetto primo asse - su un secondo telaio che è a sua volta montato girevole sulla suddetta struttura di supporto, attorno ad un terzo asse di rotazione ortogonale al suddetto primo asse; in tale forma di attuazione la struttura giroscopica presenta quindi due gradi di libertà.

Come risulta evidente ad un tecnico del ramo, la struttura giroscopica ad un grado di libertà – di cui, come già detto, le figure illustrano solamente un

esempio - consente di sfruttare solo le oscillazioni del corpo galleggiante che avvengono attorno ad un asse ortogonale all'asse di rotazione del primo telaio, e non anche, invece, le oscillazioni che avvengono attorno ad un asse ad esso parallelo; pertanto, in forme di attuazioni preferite, il corpo galleggiante presenta, in corrispondenza della parte esterna del suo scafo, elementi di deriva atti ad orientare il corpo galleggiante in modo che, durante il funzionamento, l'asse del primo telaio sia mantenuto parallelo alla direzione di avanzamento del moto ondoso (ovvero l'asse di oscillazione del corpo galleggiante rimanga ortogonale all'asse del primo telaio).

In varie forme di attuazione, così come in quella illustrata, il primo telaio 6 presenta una struttura sostanzialmente a cornice definente prime porzioni 6', per l'accoppiamento girevole, attorno al secondo asse, con l'albero del rotore, e seconde porzioni 6'', per l'accoppiamento girevole, attorno al primo asse, con la suddetta struttura di supporto 12.

In varie forme di attuazione, così come in quella illustrata, il sistema comprende mezzi generatori elettrici 14 collegati al primo telaio in modo da sfruttare l'energia cinetica ad esso associata per la generazione di energia elettrica. Tali mezzi non verranno qui descritti nel dettaglio in quanto già ampiamente noti nel campo della tecnica qui in questione; per i motivi che risulteranno evidenti nel seguito al tecnico del ramo, i mezzi generatori elettrici utilizzati nel sistema qui descritto sono preferibilmente di tipo rotativo.

In varie forme di attuazione, così come in quella illustrata, il sistema comprende, inoltre, mezzi 16 per accumulare l'energia elettrica prodotta, quali ad esempio un gruppo di batterie, che sono elettricamente collegati ai suddetti mezzi generatori, e portati, ad esempio, dalla suddetta struttura di supporto.

Una caratteristica importante del sistema qui descritto consiste nel fatto che esso comprende mezzi attuatori atti a controllare la rotazione del primo telaio attorno al primo asse, in funzione della sua posizione angolare, in modo tale per cui nel funzionamento il primo telaio effettui, attorno al primo asse, rotazioni complete di 360°, in un medesimo verso di rotazione. Come si vedrà nel seguito, tali mezzi attuatori sono atti ad esercitare sul primo telaio una coppia concorde o discorde con il moto di rotazione del primo telaio, in funzione

della sua posizione angolare. In varie forme di attuazione, così come in quella illustrata, tali mezzi sono atti a controllare la rotazione del primo telaio in modo tale da mantenere sostanzialmente costante, o comunque diretta sempre nello stesso verso, la sua velocità di rotazione.

Come si vedrà nel seguito, tali mezzi attuatori possono essere mezzi attuatori completamente meccanici oppure possono prevedere un'unità di controllo predisposta per azionare un motore elettrico oppure gli stessi mezzi generatori, commutatati in una modalità operativa di tipo motore, in modo da esercitare sul primo telaio una coppia concorde o discorde con il suo moto di rotazione, in funzione della posizione angolare dello stesso primo telaio.

Al fine di rendere il più possibile chiari ad un tecnico del ramo i criteri alla base del funzionamento di tali mezzi attuatori, qui di seguito vengono brevemente descritte, con riferimento alle figure 4, le dinamiche fisiche che si stabiliscono durante il funzionamento del sistema.

In particolare, le figure 4 illustrano un esempio di funzionamento in cui il corpo galleggiante risulta sottoposto ad un moto di beccheggio attorno ad un asse  $\Delta$  (rappresentato nelle figure), ortogonale all'asse di rotazione  $\square$  del primo telaio. In tale esempio di funzionamento, l'asse  $\Delta$  e l'asse  $\square$  rimangono fissi in posizione, mentre l'asse  $\square$  ruota insieme al primo telaio per effetto della coppia giroscopica indotta dalla combinazione del moto di beccheggio del corpo galleggiante, attorno all'asse  $\Delta$ , e del moto di rotazione del rotore, attorno all'asse  $\square$ .

Come noto al tecnico del ramo, la coppia giroscopica è data dalle seguenti equazioni:

$$\vec{T} = I \cdot \dot{\vec{\varphi}} \times \dot{\vec{\delta}}$$

$$T = I \cdot (\dot{\varphi} \cdot \cos \varepsilon) \cdot \dot{\delta}$$

dove:

$\vec{T}$ ,  $T$  sono il vettore e il rispettivo modulo della coppia giroscopica;

$I$  è il momento di inerzia giroscopico;

$\dot{\vec{\varphi}}$ ,  $\dot{\varphi}$  sono il vettore e il rispettivo modulo della velocità angolare del rotore attorno al secondo asse  $\square$

$\dot{\delta}$ ,  $\delta$  sono il vettore e il rispettivo modulo della velocità angolare del corpo galleggiante attorno all'asse  $\Delta$  ;

$\varepsilon$  è l'angolo individuato fra l'asse  $\square\square$  e l'asse Z, quest'ultimo essendo l'asse ortogonale all'asse  $\square\square\square$  e all'asse  $\Delta$  (vedere la figura 4b).

Come risulta evidente da tali equazioni, la coppia giroscopica  $T$  dipende dal vettore della velocità di oscillazione del corpo galleggiante (vettore  $\dot{\delta}$ ), e dal vettore della velocità di rotazione del rotore (vettore  $\dot{\phi}$ ), nello specifico dalla componente di tale vettore ortogonale al vettore  $\dot{\delta}$ , tale componente essendo data da  $\dot{\phi} \times \cos \varepsilon$ , e variando quindi, a parità di modulo  $\dot{\phi}$ , in funzione della posizione angolare del vettore  $\dot{\phi}$ .

Nelle figure 4 sono rappresentati entrambi i vettori  $\dot{\delta}$  e  $\dot{\phi}$ , e la coppia giroscopica  $\vec{T}$ . Come visibile in tali figure, nel funzionamento il rotore ruota sempre in un medesimo verso rispetto al primo telaio ( in verso orario con riferimento alla figura 4a e in verso antiorario con riferimento alla figura 4b).

La figura 4a rappresenta un istante in cui il corpo galleggiante si sta muovendo alla massima velocità attorno all'asse  $\Delta$ , in verso antiorario, e l'asse  $\square$  ha assunto una condizione ortogonale rispetto all'asse  $\Delta$ . In tale condizione la coppia giroscopica  $\vec{T}$  è diretta in verso antiorario e assume un valore massimo in quanto è massima la velocità di oscillazione del corpo galleggiante ovvero è massimo il modulo del vettore  $\dot{\delta}$ , ed è altresì massima la componente  $\dot{\phi} \times \cos \varepsilon$ . La coppia giroscopica  $\vec{T}$  fa quindi ruotare il primo telaio – ovvero l'asse di rotazione  $\square\square\square\square$  attorno all'asse  $\square\square\square$  in verso antiorario.

La figura 4b illustra una fase in cui il corpo galleggiante continua ad oscillare in verso antiorario attorno all'asse  $\Delta$ , e l'asse  $\square$  ruota attorno all'asse  $\square\square$  in verso antiorario, spinto dalla coppia giroscopica  $\vec{T}$ .

La figura 4c illustra una fase in cui il corpo 2 è prossimo all'inversione del moto dal verso antiorario al verso orario, e l'asse di rotazione  $\square$  è quasi parallelo all'asse  $\Delta$ . In tale condizione la coppia giroscopica è sostanzialmente nulla in quanto è quasi nulla la velocità di oscillazione del corpo galleggiante –

ormai prossimo all'inversione del moto –, ed è altresì circa nulla la componente  $\dot{\phi} \times \cos \varepsilon$  del vettore  $\dot{\phi}$ . Fra la fase di figura 4b e la fase di figura 4c, la coppia giroscopica  $\vec{T}$  decresce e l'asse di rotazione  $\square\square$  continua a ruotare in verso antiorario spinto da tale coppia e dall'inerzia del sistema. La forza giroscopica diventa nulla quando l'asse  $\square\square\square$  si porta in una condizione di parallelismo con l'asse  $\Delta$ .

La figura 4d illustra una fase in cui il corpo galleggiante ha da poco invertito il suo moto di oscillazione e ruota ora in verso orario (vedere in proposito il vettore  $\dot{\delta}$ ), mentre l'asse di rotazione  $\square\square\square\square$  ruotando in verso antiorario ha da poco superato la condizione di parallelismo con l'asse  $\Delta$ . Come visibile dal confronto delle figure 4c e 4d, nella condizione di figura 4d il vettore  $\dot{\delta}$  e il vettore  $\dot{\phi}$  risultano entrambi di verso invertito - ovvero la velocità  $\dot{\delta}$  e la componente  $\dot{\phi} \times \cos \varepsilon$  risultano entrambe invertite di segno - rispetto alla condizione illustrata in figura 4c; in vista dell'equazioni sopra riportate, la coppia giroscopica  $\vec{T}$  continua pertanto ad avere verso antiorario, e ad agire quindi per far ruotare l'asse di rotazione  $\square\square\square\square$  in tale verso. Nella fase di figura 4d, la coppia giroscopica risulta comunque ancora praticamente nulla, per gli stessi motivi indicati sopra con riferimento alla figura 4c.

Fra la fase di figura 4d e la fase di figura 4e la velocità di oscillazione del corpo galleggiante, che è ora in verso orario, aumenta, così come aumenta la componente  $\dot{\phi} \times \cos \varepsilon$  del vettore  $\dot{\phi}$ , per effetto dell'approssimarsi alla condizione di ortogonalità rispetto al vettore  $\dot{\delta}$  da parte del vettore  $\dot{\phi}$ . La coppia giroscopica  $\vec{T}$ , che continua ad essere diretta in verso antiorario, pertanto aumenta, fino a raggiungere nuovamente un suo massimo in corrispondenza della fase di figura 4f, nella quale la velocità  $\dot{\delta}$  e la componente  $\dot{\phi} \times \cos \varepsilon$  assumono entrambi un valore massimo. Fra la fase di figura 4f e la fase di figura 4a, il funzionamento si ripete uguale a quello appena descritto.

Come visto sopra, nelle fasi sopra illustrate la coppia giroscopica  $\vec{T}$  è tale da agire sempre nel medesimo verso. E' quindi possibile prevedere un



funzionamento del sistema in cui venga generata una coppia giroscopica che, nell'ambito di ciascun ciclo di oscillazione del corpo galleggiante, produca complessivamente lavoro utile sempre e solo nel medesimo verso di rotazione, facendo così ruotare il primo telaio sempre e solo in tale verso. Tale modalità di funzionamento sopra illustrata porta con sé il vantaggio di sfruttare in modo ottimale il moto ondoso del mare; in particolare, nel caso in cui, come nell'esempio illustrato nelle figure 4, la coppia giroscopica  $\vec{T}$  sia mantenuta sempre concorde con il moto di rotazione del primo telaio, essa risulta eseguire solo lavoro utile, consentendo quindi di sfruttare appieno l'energia meccanica trasmessa dal mare al corpo galleggiante.

In tale contesto, i mezzi attuatori sopra indicati hanno la funzione di garantire tale modalità di funzionamento, facendo in modo che il moto di rotazione del primo telaio sia sincronizzato con il moto di beccheggio - e/o rollio - del corpo galleggiante, affinché, come detto sopra, nell'ambito di ciascun ciclo di oscillazione del corpo galleggiante, la coppia giroscopica indotta  $\vec{T}$  produca complessivamente lavoro utile sempre e solo nel medesimo verso di rotazione. Come si vedrà nel seguito, a tale scopo i mezzi attuatori “spendono” una parte dell'energia del sistema, per esercitare sul primo telaio coppie concordi o discordi con il moto di rotazione del primo telaio, tale energia venendo però restituita al sistema – in quantità ridotte a causa delle perdite per attrito - sotto forma di lavoro utile da parte della stessa coppia giroscopica.

La figura 1 illustra una forma di attuazione del sistema in cui i mezzi attuatori sono costituiti da mezzi meccanici. In varie forme di attuazione, così come in quella illustrata, tali mezzi comprendono una manovella 22 collegata in rotazione al primo telaio 6, e alla cui estremità sono imperniate le rispettive estremità 24', 26' di due molle di trazione 24, 26 disposte ai lati opposti della manovella. Le estremità opposte 24'', 26'' di tali molle sono a loro volta imperniate a rispettivi assi paralleli all'asse di manovella, i quali giacciono su un medesimo piano contenente anche l'asse di manovella, in rispettive posizioni che sono fra loro opposte ed equidistanti rispetto a tale asse.

Come detto sopra, tali mezzi hanno la funzione di sincronizzare il moto di

rotazione del primo telaio con il moto di beccheggio del corpo galleggiante, affinché, nell'ambito di ciascun ciclo di oscillazione del corpo galleggiante, la coppia giroscopica indotta  $\vec{T}$  risulti complessivamente tale da produrre lavoro utile sempre e solo nel medesimo verso di rotazione.

In particolare, i mezzi illustrati in figura 1 risultano atti ad ottenere un ciclo di funzionamento corrispondente a quello schematicamente illustrato nelle figure 4. Per renderne evidente il funzionamento, le figure 5 illustrano la configurazione assunta dalle molle 24, 26 nelle diverse fasi mostrate nelle figure 4.

Come illustrato in figura 5a, nella fase di figura 4a le molle si trovano in una reciproca configurazione per la quale la loro azione risultante è nulla.

Nella fase di figura 4b, le molle assumono una configurazione per la quale si determina invece una coppia  $\vec{C}$  sulla manovella, che è discorde con il moto di rotazione dell'asse □, ed agisce pertanto per frenare tale moto (vedere figura 5b). Fra la fase di figura 4b e la fase di figura 4c, la coppia determinata dall'azione risultante delle molle si mantiene discorde con il moto di rotazione dell'asse □□ (vedere le figure 5b e 5c), ma inizia a diminuire per effetto della diminuzione del braccio con cui la forza risultante delle molle agisce sulla manovella.

Nelle fasi delle figure 4c e 4d, l'azione risultante delle molle determina una coppia che è quasi nulla in quanto il braccio con cui la loro forza risultante agisce sulla manovella è praticamente nullo (vedere le figure 5c e 5d); è però da notare che nella fase di figura 4c tale coppia è discorde con il moto di rotazione dell'asse □□, mentre nella fase di figura 4d essa è concorde con tale moto.

Fra la fase di figura 4d e la fase di figura 4f, la coppia determinata dall'azione risultante delle molle si mantiene concorde con il moto di rotazione dell'asse □□ (vedere le figure 5d e 5e), e dapprima cresce, per effetto dell'aumentare del braccio con cui la forza risultante delle molle agisce sulla manovella, e poi inizia a diminuire man mano che ci si avvicina alla condizione di figura 4f, in corrispondenza della quale l'azione risultante delle molle diventa

nuovamente nulla (vedere figura 5f). Fra la fase di figura 4f e la fase di figura 4a, il funzionamento delle molle 24 e 26 si ripete uguale a quello appena descritto.

Come visto sopra, durante la rotazione dell'asse  $\square\square$  ovvero durante la rotazione del primo telaio, le molle agiscono dapprima in modo da opporsi a tale moto, e poi in modo da sostenerlo. Alla luce di quanto illustrato con riferimento alle figure 4, tali interventi hanno in particolare lo scopo di fare in modo che l'asse di rotazione  $\square$  raggiunga la condizione di parallelismo con l'asse  $\Delta$  solo in corrispondenza dell'inversione del moto da parte del corpo galleggiante, quando il corpo galleggiante è ancora sostanzialmente fermo, cosicché, come visto in precedenza, il vettore  $\dot{\varphi}$  e il vettore  $\dot{\delta}$  risultino cambiare di verso - ovvero la velocità  $\dot{\delta}$  e la componente  $\dot{\varphi} \times \cos \varepsilon$  risultino cambiare di segno - sostanzialmente allo stesso istante. In tal modo, la coppia giroscopica  $\vec{T}$  non cambia mai di verso: il primo telaio viene quindi fatto ruotare sempre e solo in un medesimo verso di rotazione, e la coppia giroscopica  $\vec{T}$  produce solamente lavoro utile. In varie forme di attuazione preferite, i mezzi attuatori sono atti a controllare la rotazione del primo telaio in modo tale per cui la sua velocità sia sostanzialmente costante.

E' da notare che tale tipo di controllo può essere realizzato anche tramite mezzi meccanici differenti da quelli illustrati nelle figure 1 e 2, ma comunque provvisti di mezzi elastici per assorbire/fornire energia dalla/alla struttura giroscopica, in vista di sincronizzarla con il moto di oscillazione del corpo galleggiante.

Come accennato in precedenza, il controllo sopra indicato può essere eseguito anche tramite gli stessi mezzi generatori elettrici. La figura 3 illustra un esempio di sistema secondo tale forma di attuazione alternativa. In tale forma di attuazione, in tempi e modi analoghi a quelli sopra descritti con riferimento alle molle delle figure 5, i mezzi generatori vengono fatti funzionare da motore elettrico, per generare sul primo telaio una coppia concorde o discorde rispetto al moto di rotazione del primo telaio - e quindi atta ad opporsi o a sostenere il moto di rotazione di quest'ultimo -, in funzione della sua posizione angolare. A

tale scopo, in varie forme di attuazione, così come in quella illustrata in figura 6, il sistema presenta un circuito di controllo comprendente un'unità di controllo 32, interposta fra i mezzi generatori 14 e la batteria 16, ed un sensore 34 collegato all'unità di controllo ed atto a rilevare la posizione angolare del primo telaio. L'unità di controllo è predisposta per commutare in una modalità di tipo motore la modalità operativa dei mezzi generatori, in funzione della posizione angolare del primo telaio. In tale forma di attuazione alternativa, è ovviamente preferibile prevedere che i mezzi generatori intervengano solamente in corrispondenza di specifici intervalli della corsa di rotazione del primo telaio, per un numero di volte dipendente dall'entità dei singoli interventi, anziché esercitare un'azione continua come le molle 24 e 26.

In generale, è da notare che l'azione di controllo esercitata dai mezzi attuatori del sistema sul primo telaio può anche variare da quella sopra descritta con riferimento alle figure 5, sia nei tempi che nei modi di intervento. In proposito, la coppia giroscopica  $\vec{T}$  non deve necessariamente mantenersi sempre concorde con il moto di rotazione del primo telaio, ma essa può anche, in alcuni momenti, risultare discorde, purché, come accennato in precedenza, nell'ambito di ciascun ciclo di oscillazione del corpo galleggiante la coppia giroscopica indotta  $\vec{T}$  produca lavoro utile solamente in un medesimo verso di rotazione, in modo da spingere in rotazione il primo telaio ovvero l'asse di rotazione □ sempre e solo nel medesimo verso. Il tecnico del ramo potrà quindi prevedere una qualunque modalità di controllo che, pur discostandosi dall'esempio illustrato, sia in grado di ottenere un tale risultato; ad esempio, è possibile prevedere modalità di controllo in cui i mezzi attuatori agiscono sul primo telaio solo con coppie concordi al moto del primo telaio, oppure solo con coppie discordi, oppure con un'alternanza di coppie concordi e discordi, che però differiscono – ad esempio per tempi/durata di azione, valori, eccetera - da quelle dell'esempio illustrato. Inoltre, gli stessi mezzi attuatori possono differire da quelli sopra illustrati, potendosi prevedere al loro posto, o in aggiunta, un qualunque altro attuatore in grado di agire sul primo telaio secondo i criteri sopra indicati. Ad esempio, come accennato sopra, è possibile prevedere un

vero e proprio motore elettrico, comandato dalla suddetta unità di controllo, cosicché i mezzi generatori possano sempre e solo operare allo scopo di produrre energia elettrica.

E' da notare che negli esempi sopra illustrati è stato descritto un sistema destinato ad essere impiegato in corrispondenza di zone d'acqua caratterizzate da un moto ondoso a ciclo sostanzialmente costante. Il sistema è, infatti, predisposto per sincronizzarsi con un unico tipo di moto, che è quello caratteristico della zona in cui il sistema verrà impiegato; come visto sopra, in tale sistema le azioni dei mezzi attuatori vengono impostate sulla base della sola posizione angolare del primo telaio, dal momento che, come risulta evidente al tecnico del ramo, nell'ambito di un moto sinusoidale a ciclo sostanzialmente costante, tale posizione è direttamente correlata con la fase del ciclo del moto ondoso, per cui controllando tale posizione si coordina a tutti gli effetti il movimento del primo telaio rispetto a tale moto. E' tuttavia possibile predisporre il sistema qui descritto anche per impieghi in zone d'acqua con moti ondosi variabili. A tal fine, il sistema può prevedere uno o più sensori di accelerazione atti a rilevare le accelerazioni indotte sul corpo galleggiante dal moto ondoso, come anche uno o più fra sensori di posizione, velocità e/o di coppia, e mezzi attuatori atti a controllare la rotazione del primo telaio in funzione, oltreché della posizione angolare di questo, anche in funzione dei segnali prodotti da tali sensori. In tal modo, il sistema risulta in grado di sincronizzarsi anche con moti ondosi variabili. I criteri con cui tali mezzi attuatori agiscono sul primo telaio rimangono comunque gli stessi che sono stati descritti sopra.

Come detto in precedenza, il sistema qui descritto può prevedere anche una struttura giroscopica a due gradi di libertà, comprendente un primo e un secondo telaio girevoli. In tale forma di attuazione, applicando i medesimi criteri che sono stati sopra indicati, è possibile prevedere che entrambi tali telai, oppure solo uno di questi, ruotino sempre e solo in un medesimo verso. Rispetto a quella precedentemente illustrata, tale forma di attuazione fornisce il vantaggio di poter sfruttare sia il moto di beccheggio che il moto di rollio del corpo galleggiante.

Come emerge da quanto sopra, il sistema qui descritto prevede un funzionamento in cui il sistema spende energia per sincronizzarsi con l'azione del moto ondoso del mare sul corpo galleggiante, ma così facendo è in grado di sfruttare in modo ottimale le coppie giroscopiche indotte da tale moto ondoso, riducendo il più possibile le perdite di energia dovute alle forze di inerzia. La Richiedente ha in proposito rilevato che il sistema qui descritto presenta rendimenti di funzionamento più elevati rispetto a quelli ottenuti nei sistemi di tipo noto. Inoltre, come visibile in figura 7, il fatto di operare ad una velocità sostanzialmente costante – o comunque che non scende mai a valori nulli - consente al sistema di produrre una potenza elettrica che oscilla nell'intorno del suo valore medio complessivo  $P_M$ , a differenza della potenza elettrica prodotta dai sistemi convenzionali, la quale oscilla invece fra un valore minimo pari o inferiore a zero e un valore massimo che è sostanzialmente il doppio del valore medio complessivo. Pertanto, col sistema qui descritto si ha il grosso vantaggio di poter dimensionare le parti elettriche sulla base di un valore di potenza molto prossimo al suo valore medio, e non invece pari al doppio come avviene nei sistemi noti, e di ridurre quindi, rispetto a tali sistemi noti, il peso e lo spazio occupato dalle parti elettriche, risparmiando così anche sui costi di fabbricazione del sistema.

Naturalmente, fermo restando il principio dell'invenzione, i particolari di realizzazione e le forme di attuazione potranno variare, anche in modo significativo, rispetto a quanto qui illustrato a puro titolo di esempio non limitativo, senza per questo uscire dall'ambito dell'invenzione, così come definito dalle rivendicazioni annesse.

## RIVENDICAZIONI

**1.** Sistema generatore di energia elettrica dal moto ondoso del mare comprendente un corpo galleggiante ed una struttura giroscopica (4) disposta su di esso e comprendente:

- un primo telaio (6) montato girevole su detto corpo galleggiante, attorno ad un primo asse di rotazione (E);

- un rotore (8) montato girevole su detto primo telaio, attorno ad un secondo asse di rotazione ( $\Phi$ ) sostanzialmente ortogonale a detto primo asse;

detto sistema comprendendo, inoltre, mezzi generatori elettrici (14) collegati operativamente a detto primo telaio per la generazione di energia elettrica per effetto della rotazione di detto primo telaio attorno a detto primo asse (E),

caratterizzato dal fatto che comprende mezzi attuatori (22, 24, 26; 14, 32, 34) atti a controllare la rotazione di detto primo telaio attorno a detto primo asse, in funzione della posizione angolare di detto primo telaio, in modo tale per cui nel funzionamento detto primo telaio effettui attorno a detto primo asse rotazioni complete di  $360^\circ$ , in un medesimo verso di rotazione.

**2.** Sistema secondo la rivendicazione 1, in cui detti mezzi attuatori sono atti ad esercitare una coppia su detto primo telaio che è concorde o discorde con detto moto di rotazione di detto primo telaio, in funzione della posizione angolare di detto primo telaio.

**3.** Sistema secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui detti mezzi attuatori sono atti a sincronizzare il moto di rotazione del primo telaio con il moto di oscillazione del corpo galleggiante, generato dal moto ondoso del mare, affinché, nell'ambito di ciascun

ciclo di oscillazione del corpo galleggiante, la coppia giroscopica indotta ( $\vec{T}$ ) produca complessivamente lavoro utile sempre e solo nel medesimo verso di rotazione.

4. Sistema secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui detti mezzi attuatori sono atti a sincronizzare il moto di rotazione del primo telaio con il moto di oscillazione del corpo galleggiante generato dal moto ondoso del mare, affinché la coppia giroscopica indotta ( $\vec{T}$ ) sia mantenuta sempre e solo concorde con il moto di rotazione del primo telaio.

5. Sistema secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui detti mezzi attuatori comprendono:

- un'unità di controllo (32);
- un sensore (34) collegato a detta unità di controllo ed atto a rilevare la posizione angolare di detto primo telaio;

detta unità di controllo essendo predisposta per commutare in una modalità di tipo motore la modalità operativa di detti mezzi generatori, in funzione della posizione angolare di detto primo telaio, in modo che detti mezzi generatori esercitino una coppia su detto primo telaio che è concorde o discorde con detto moto di rotazione di detto primo telaio, in funzione della posizione angolare di detto primo telaio.

6. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 4, in cui detti mezzi attuatori comprendono una manovella (22) collegata in rotazione al primo telaio e due molle (24, 26) disposte ai lati opposti della manovella, dette molle presentando ciascuna una prima estremità (24', 26') che è collegata a detta manovella, e una seconda estremità (24'', 26''), opposta a tale prima estremità, che è imperniata ad un rispettivo asse di oscillazione



parallelo all'asse di manovella, in cui i rispettivi assi di oscillazione delle seconde estremità di dette molle giacciono su un medesimo piano contenente anche l'asse di manovella, in rispettive posizioni che sono fra loro opposte ed equidistanti rispetto a detto asse di manovella.

**7.** Struttura giroscopica (6) per la generazione di energia elettrica comprendente:

- un primo telaio (7) suscettibile di essere montato girevole attorno ad un primo asse di rotazione (7');

- un rotore (16) montato girevole su detto primo telaio, attorno ad un secondo asse di rotazione (15') sostanzialmente ortogonale a detto primo asse;

detta struttura presentando mezzi generatori elettrici collegati operativamente a detto primo telaio per la generazione di energia elettrica per effetto della rotazione di detto primo telaio attorno a detto primo asse (6),

detta struttura essendo caratterizzato dal fatto che comprende mezzi attuatori atti a controllare la rotazione di detto primo telaio attorno a detto primo asse, in funzione della posizione angolare di detto primo telaio, in modo tale per cui nel funzionamento detto primo telaio effettui attorno a detto primo asse rotazioni complete di  $360^\circ$ , in un medesimo verso di rotazione.

**8.** Struttura secondo la rivendicazione 7, in cui detti mezzi attuatori sono atti ad esercitare una coppia su detto primo telaio che è concorde o discorde con detto moto di rotazione di detto primo telaio, in funzione della posizione angolare di detto primo telaio.

**9.** Struttura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 7 a 8, in cui detti mezzi attuatori sono atti a controllare la rotazione di detto primo telaio affinché la

coppia giroscopica ( $\vec{T}$ ) indotta dalla struttura produca complessivamente lavoro utile sempre e solo nel medesimo verso di rotazione.

**10.** Struttura secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni da 7 a 9, in cui detti mezzi attuatori atti a controllare la rotazione di detto primo telaio affinché la coppia giroscopica ( $\vec{T}$ ) indotta dalla struttura sia mantenuta sempre e solo concorde con il moto di rotazione del primo telaio.

**11.** Struttura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 7 a 10, in cui detti mezzi attuatori comprendono:

- un'unità di controllo (32);
- un sensore (34) collegato a detta unità di controllo ed atto a rilevare la posizione angolare di detto primo telaio;

detta unità di controllo essendo predisposta per commutare in una modalità di tipo motore la modalità operativa di detti mezzi generatori, in funzione della posizione angolare di detto primo telaio, in modo che detti mezzi generatori esercitino una coppia su detto primo telaio che è concorde o discorde con detto moto di rotazione di detto primo telaio, in funzione della posizione angolare di detto primo telaio.

**12.** Struttura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 7 a 10, in cui detti mezzi attuatori comprendono una manovella (22) collegata in rotazione al primo telaio e due molle (24, 26) disposte ai lati opposti della manovella, dette molle presentando ciascuna una prima estremità (24', 26') che è collegata a detta manovella, e una seconda estremità (24'', 26''), opposta a tale prima estremità, che è imperniata ad un rispettivo asse di

oscillazione parallelo all'asse di manovella, in cui i rispettivi assi di oscillazione delle seconde estremità di dette molle giacciono su un medesimo piano contenente anche l'asse di manovella, in rispettive posizioni che sono fra loro opposte ed equidistanti rispetto a detto asse di manovella.

**13.** Procedimento per operare una struttura giroscopica del tipo comprendente:

- un primo telaio (7) suscettibile di essere montato girevole attorno ad un primo asse di rotazione (7');

- un rotore (16) montato girevole su detto primo telaio, attorno ad un secondo asse di rotazione (15') sostanzialmente ortogonale a detto primo asse;

detta struttura presentando mezzi generatori elettrici collegati operativamente a detto primo telaio per la generazione di energia elettrica per effetto della rotazione di detto primo telaio attorno a detto primo asse (6),

caratterizzato dal fatto che prevede di controllare la rotazione di detto primo telaio attorno a detto primo asse, in funzione della posizione angolare di detto primo telaio, affinché detto primo telaio effettui attorno a detto primo asse rotazioni complete di  $360^\circ$ , in un medesimo verso di rotazione.

## CLAIMS

**1.** System to generate electricity from sea waves including a floating body and a gyroscope structure (4) placed on it and comprising:

- a first frame (6) rotatably mounted on the floating body, around a first axis of rotation (E);

- a rotor (8) rotatably mounted on said first frame, around a second axis of rotation ( $\Phi$ ) substantially orthogonal to said first axis;

- said system further comprising electric generator means (14) operatively connected to said first frame for the generation of electricity as a result of the rotation of said first frame around said first axis (E),

characterized in that it comprises actuator means (22, 24, 26; 14, 32, 34) adapted to control the rotation of said first frame around said first axis, depending on the angular position of said first frame, in such a way that in operation said first frame makes around said first axis full rotations of  $360^\circ$ , in the same direction of rotation.

**2.** System according to claim 1, wherein said actuator means are adapted to exert a torque on said first frame which is concordant or discordant with said motion of rotation of said first frame, depending on the angular position of said first frame.

**3.** System according to any one of the preceding claims, wherein said actuator means are adapted to synchronize the motion of rotation of said first frame with the oscillatory motion of the floating body, created by the sea waves, so that, within each cycle of oscillation of said floating body, the induced gyroscopic torque ( $\vec{T}$ ) produces a total useful work always and only in the same direction of rotation.

4. System according to any one of the preceding claims, wherein said actuators means are adapted to synchronize the motion of rotation of said first frame with the oscillatory motion of said floating body, generated by the sea waves, so that the induced gyroscopic torque ( $\vec{T}$ ) is maintained always and only concordant with the motion of rotation of said first frame.

5. System according to any one of the preceding claims, wherein said actuators means include:

- a control unit (32);
- a sensor (34) connected to said control unit and capable of detecting the angular position of said first frame;

said control unit being configured to switch the operating mode of said generator means into a motor-type mode, depending on the angular position of said first frame, so that said means exert a torque over said first frame which is concordant or discordant with said motion of rotation of said first frame, depending on the angular position of said first frame.

6. System according to any one of claims 1 to 4, wherein said means include a crank (22) connected in rotation to said first frame and two springs (24, 26) arranged on opposite sides of said crank, said springs each presenting a first end (24', 26') which is connected to said crank, and a second end (24'', 26''), opposite to said first end, which is hinged to a respective axis of oscillation parallel to the axis of the crank, wherein the respective axes of oscillation of said second ends of said springs lie on the same plane also containing the axis of the crank, in respective positions that are opposite each other and equidistant with respect to said axis of the

crank.

**7.** Gyroscope structure (6) for generating electricity comprising:

- a first frame (7) capable of being rotatably mounted around a first axis of rotation (7');
- a rotor (16) rotatably mounted on said first frame, around a second axis of rotation (15 ') substantially orthogonal to said first axis;

said structure having electric generator means operatively connected to said first frame for the generation of electricity as a result of rotation of said first frame around said first axis (6), said structure being characterized in that it comprises actuator means adapted to control the rotation of said first frame around said first axis, depending on the angular position of said first frame, such that in operation said first frame makes around said first axis complete turns of  $360^\circ$ , in the same direction of rotation.

**8.** Structure according to claim 7, wherein said actuator means are adapted to exert a torque on said first frame which is concordant or discordant with said motion of rotation of said first frame, depending on the angular position of said first frame.

**9.** Structure according to any one of claims 7 to 8, wherein said actuator means are adapted to synchronize the motion of rotation of said first frame with the oscillatory motion of the floating body, created by the sea waves, so that, within each cycle of oscillation of said floating body, the induced gyroscopic torque ( $\vec{T}$ ) produces a total useful work always and only in the same direction of rotation.

**10.** Structure according to any one of claims 7 to 9,

wherein said actuators means are adapted to synchronize the motion of rotation of said first frame with the oscillatory motion of said floating body, generated by the sea waves, so that the induced gyroscopic torque ( $\vec{T}$ ) is maintained always and only concordant with the motion of rotation of said first frame.

**11.** Structure according to any one of claims 7 to 10, wherein said actuators means include:

- a control unit (32);
- a sensor (34) connected to said control unit and capable of detecting the angular position of said first frame;

said control unit being configured to switch the operating mode of said generator means into a motor-type mode, depending on the angular position of said first frame, so that said means exert a torque over said first frame which is concordant or discordant with said motion of rotation of said first frame, depending on the angular position of said first frame.

**12.** System according to any one of claims 7 to 10, wherein said means include a crank (22) connected in rotation to said first frame and two springs (24, 26) arranged on opposite sides of said crank, said springs each presenting a first end (24', 26') which is connected to said crank, and a second end (24'', 26''), opposite to said first end, which is hinged to a respective axis of oscillation parallel to the axis of the crank, wherein the respective axes of oscillation of said second ends of said springs lie on the same plane also containing the axis of the crank, in respective positions that are opposite each other and equidistant with respect to said axis of the crank.

**13.** Procedure for making a gyroscopic structure of the type comprising:

- a first frame (7) capable of being rotatably mounted around a first axis of rotation (7');

- a rotor (16) rotatably mounted on said first frame, around a second axis of rotation (15') substantially orthogonal to said first axis;

said structure having electric generator means operatively connected to said first frame for the generation of electricity as a result of rotation of said first frame around said first axis (6),

characterized in that it provides to control the rotation of said first frame around said first axis, depending on the angular position of said first frame, so that said first frame makes around said first axis full rotations of  $360^{\circ}$  in the same direction of rotation.



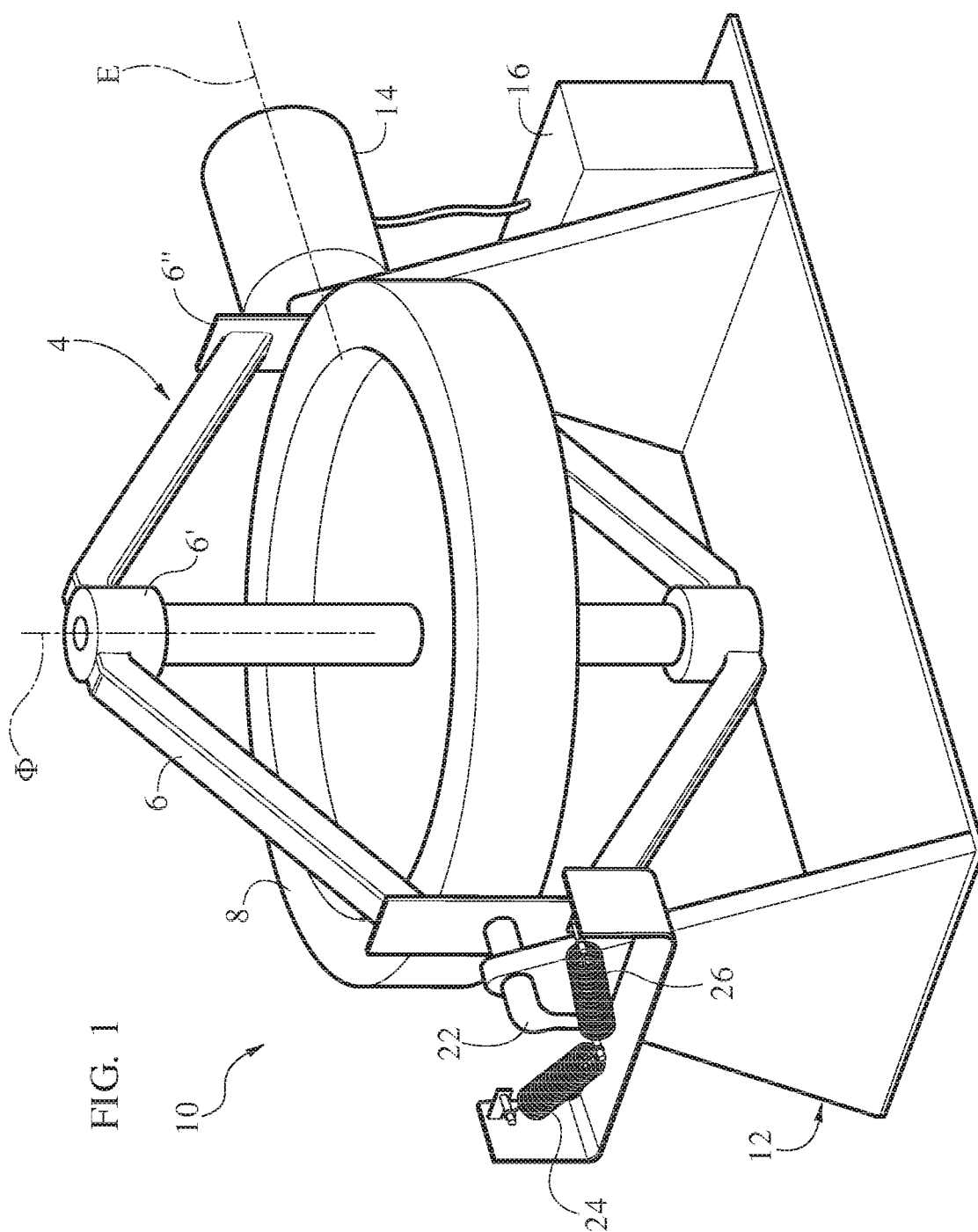


FIG. 2

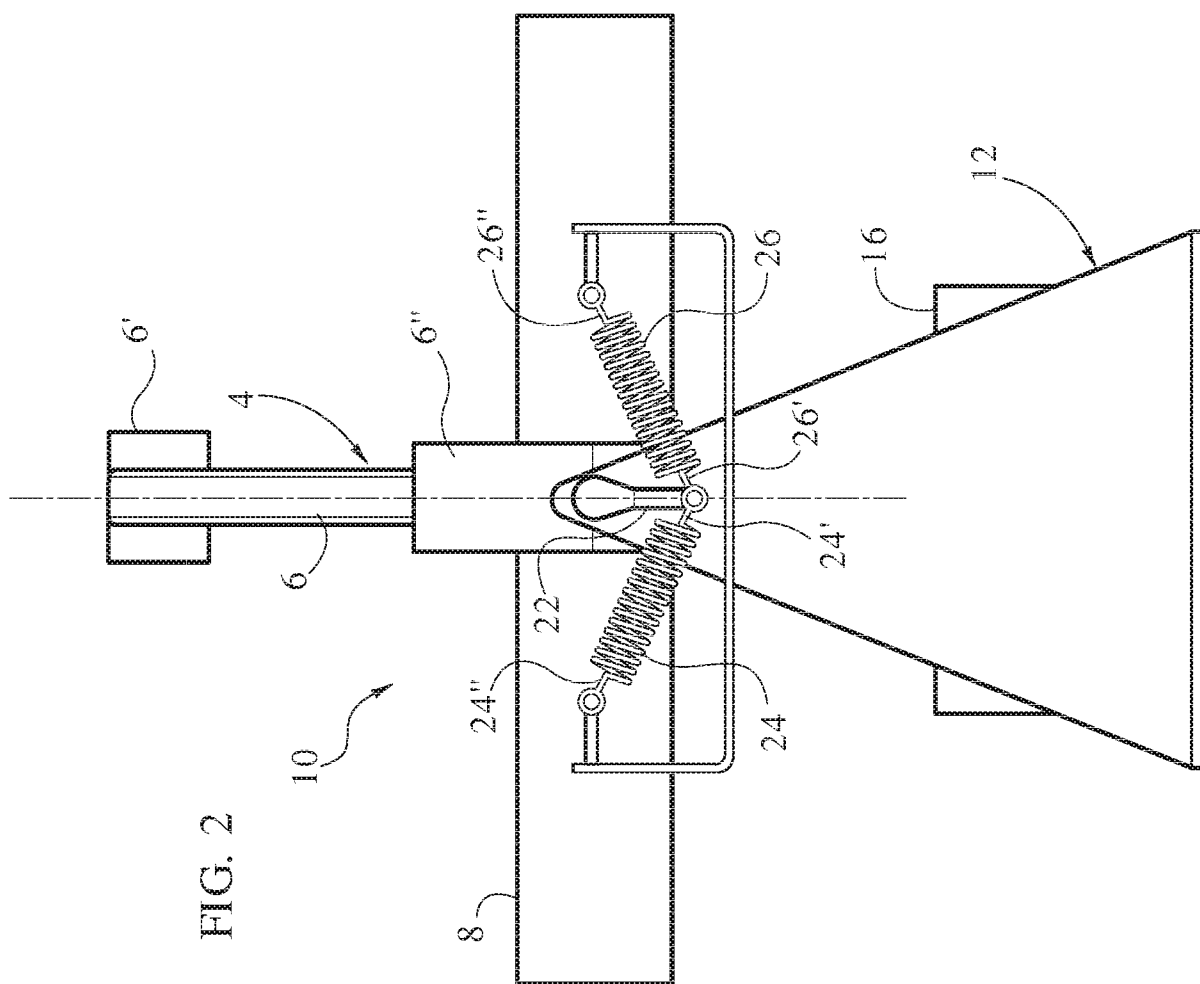


FIG. 3

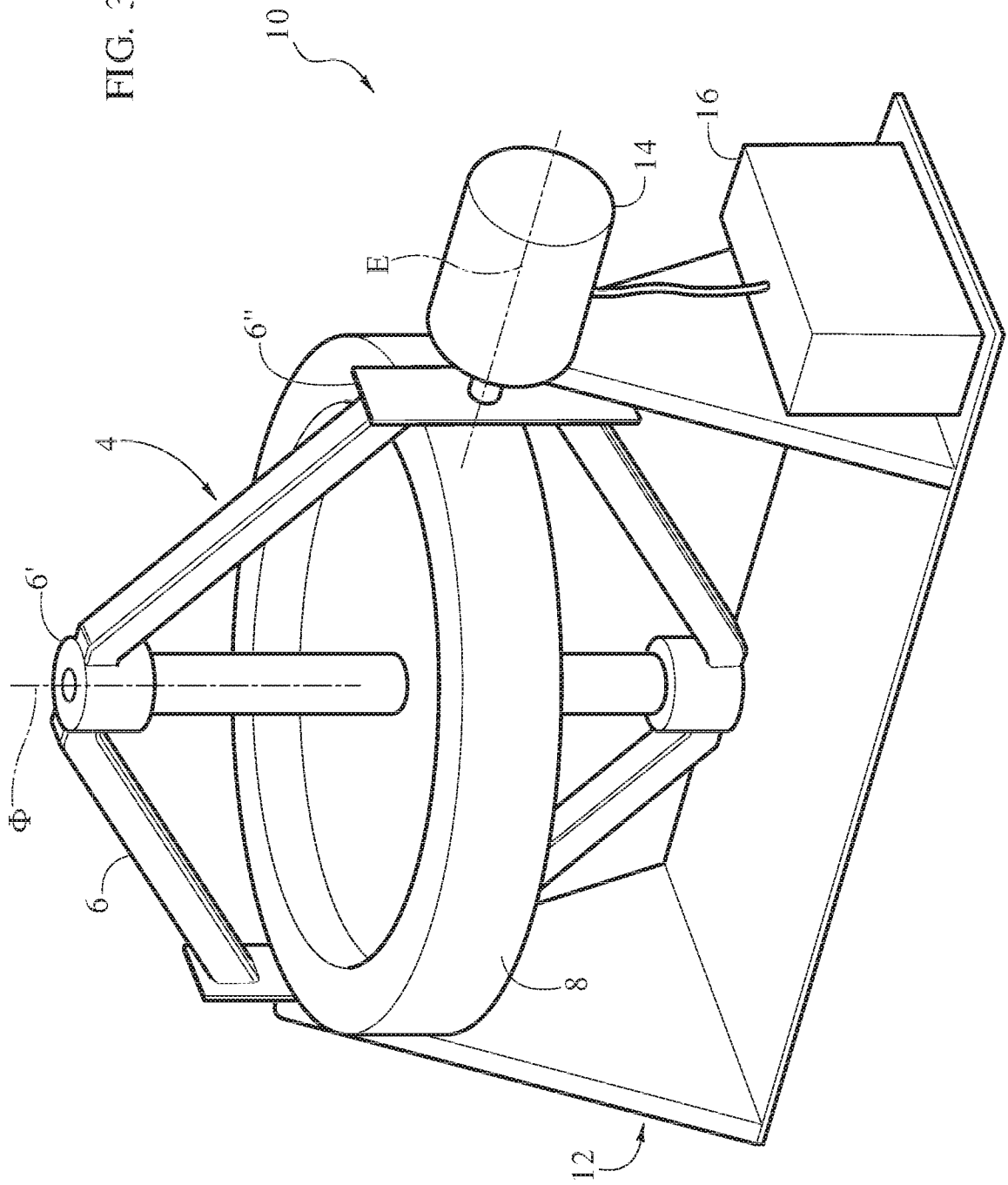


FIG. 4A

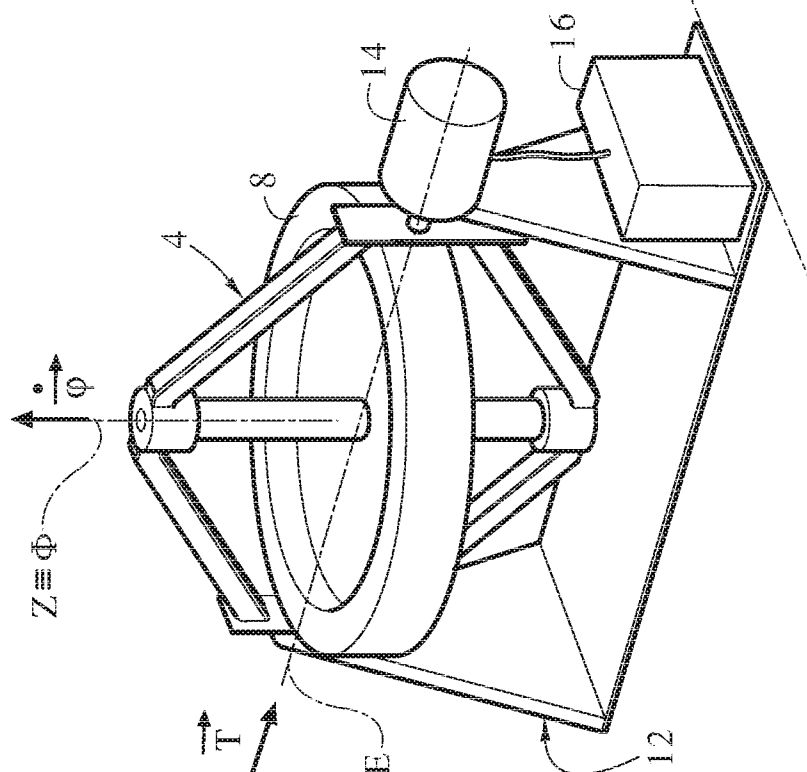
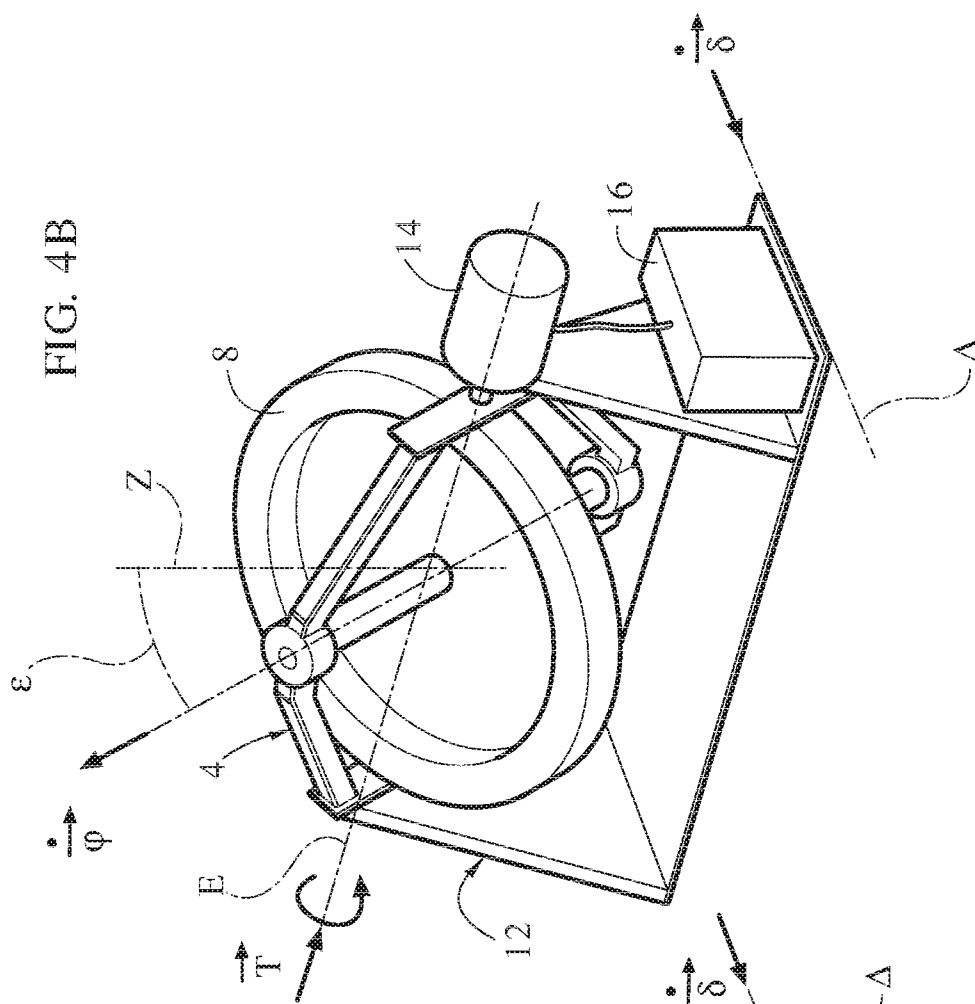
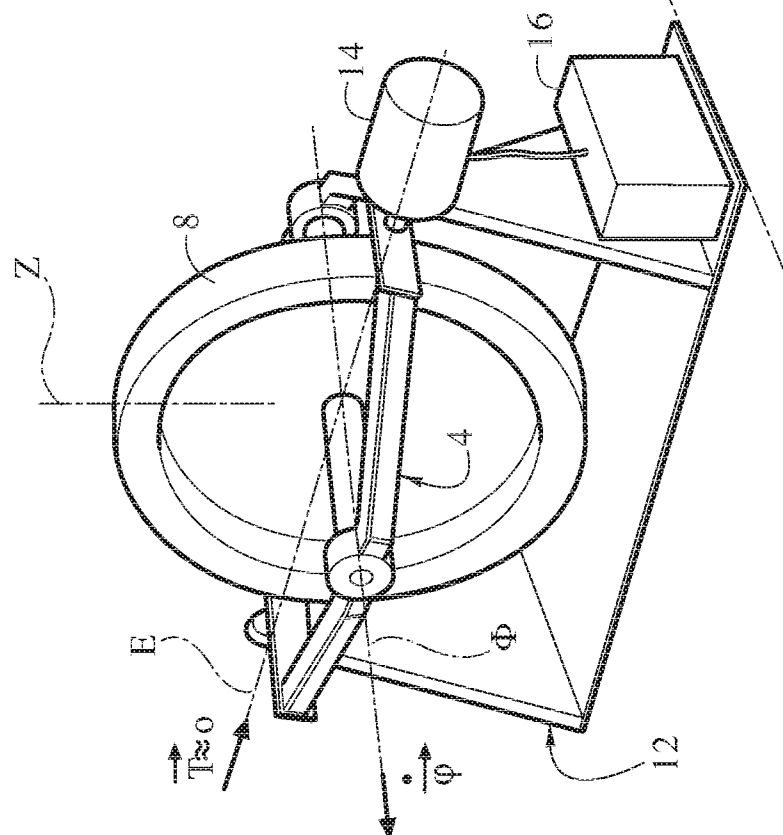


FIG. 4B



ॐ नमो भगवते वासुदेवाय



45

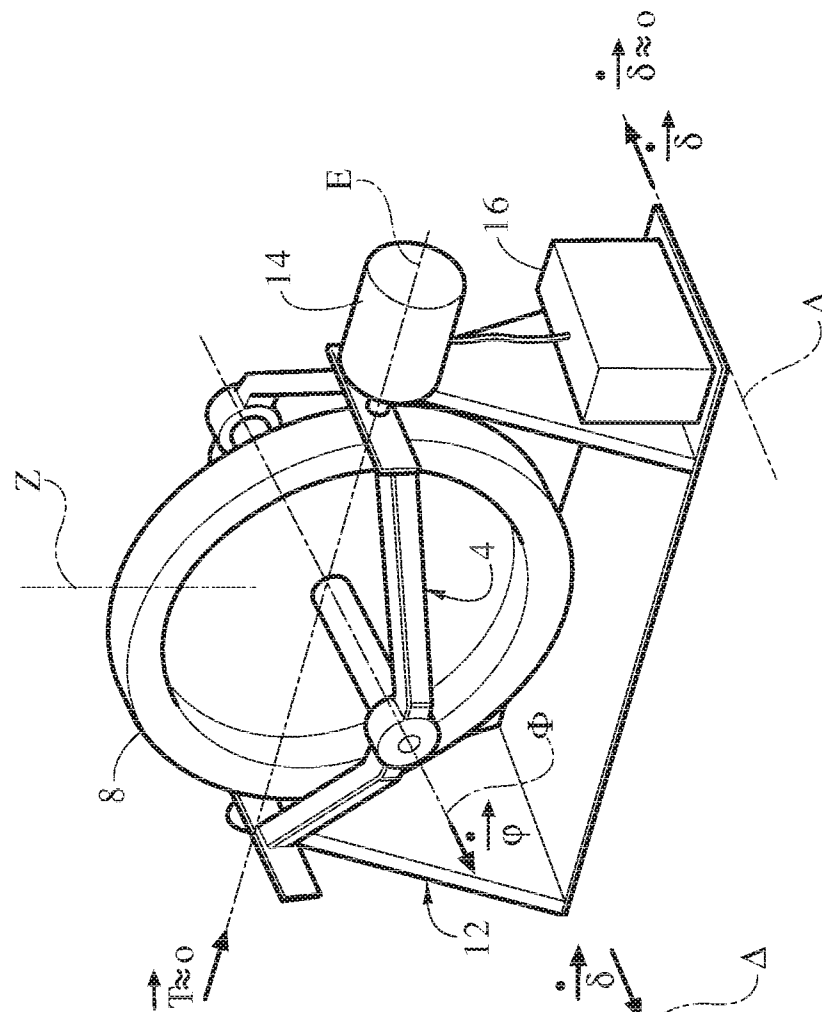


FIG. 4F

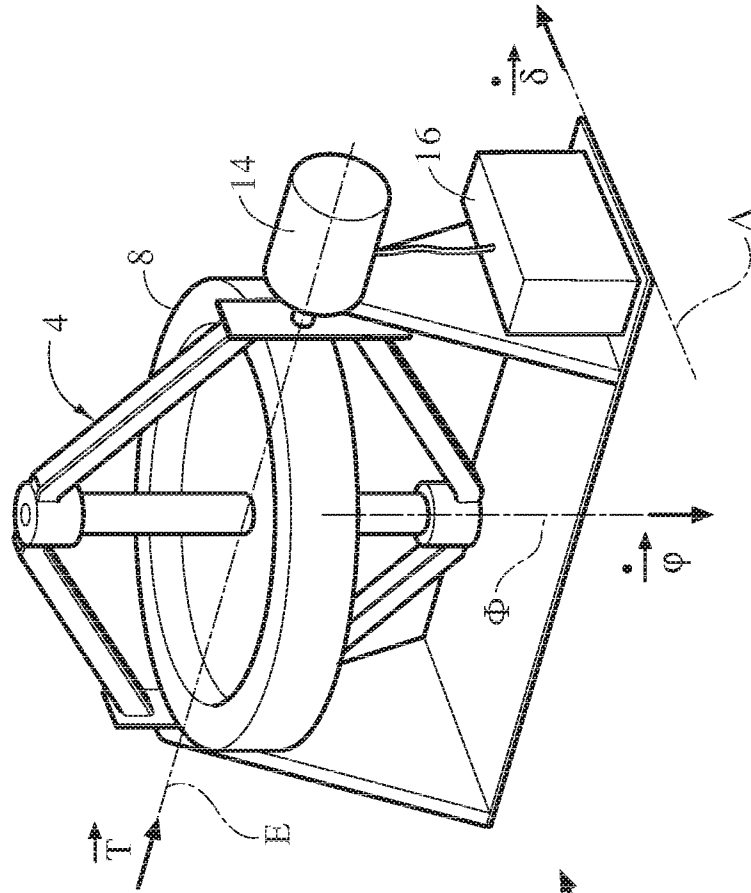


FIG. 4E

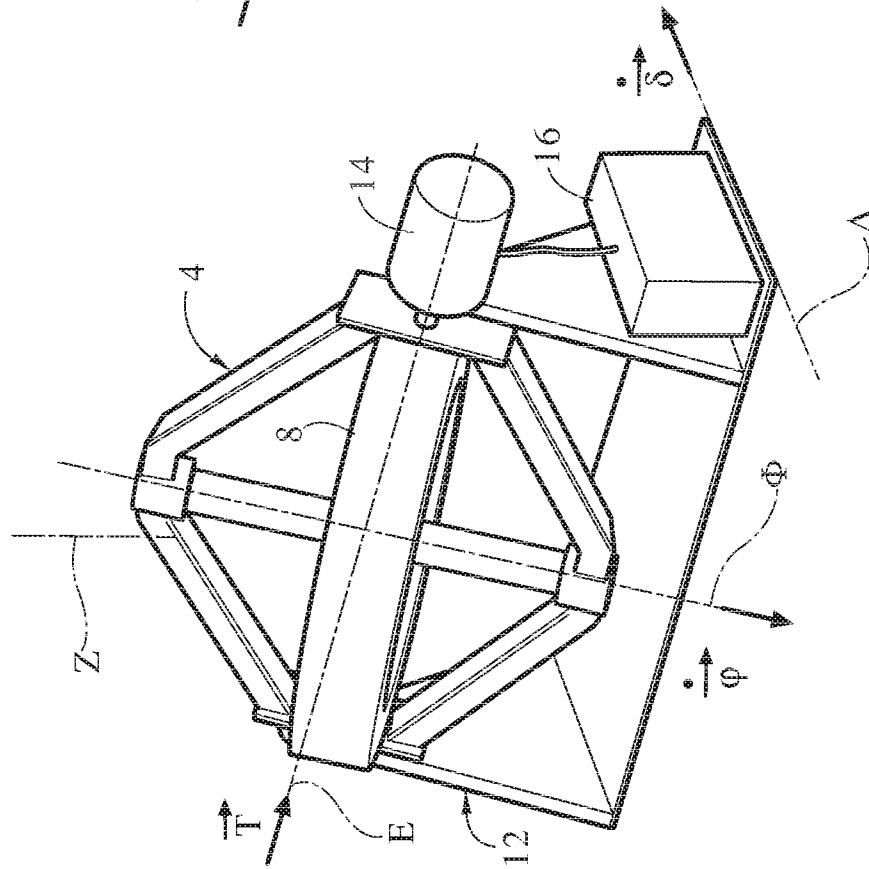


FIG. 5A

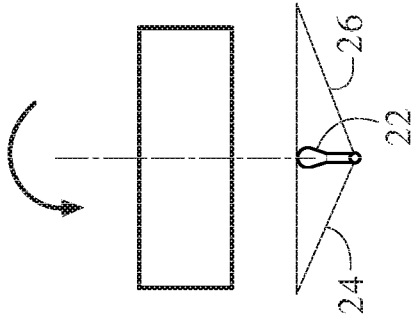


FIG. 5B

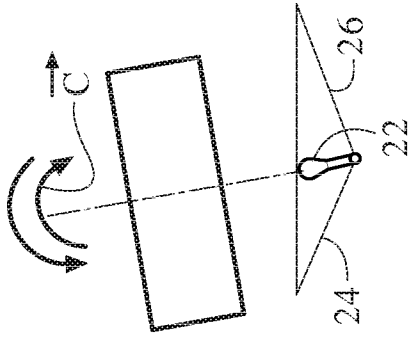


FIG. 5C

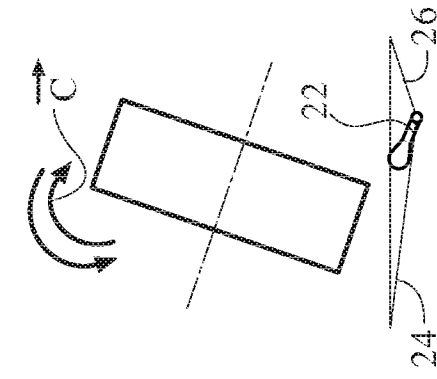


FIG. 5D

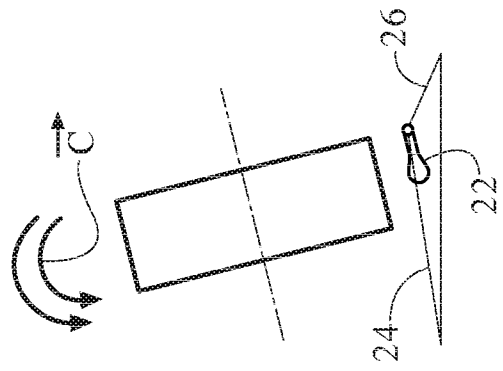


FIG. 5E

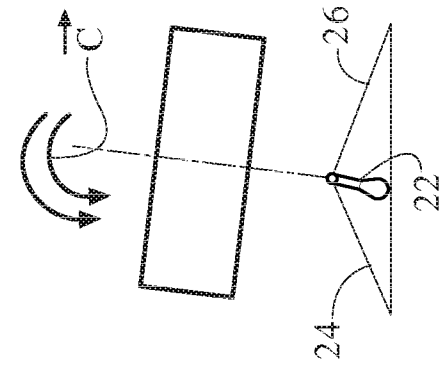


FIG. 5F

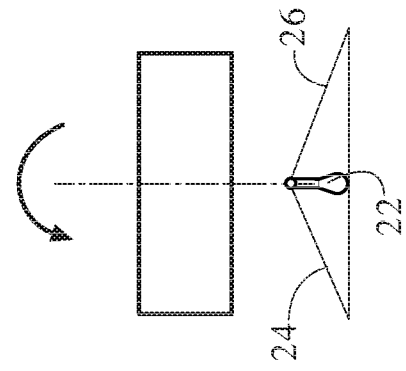


FIG. 6

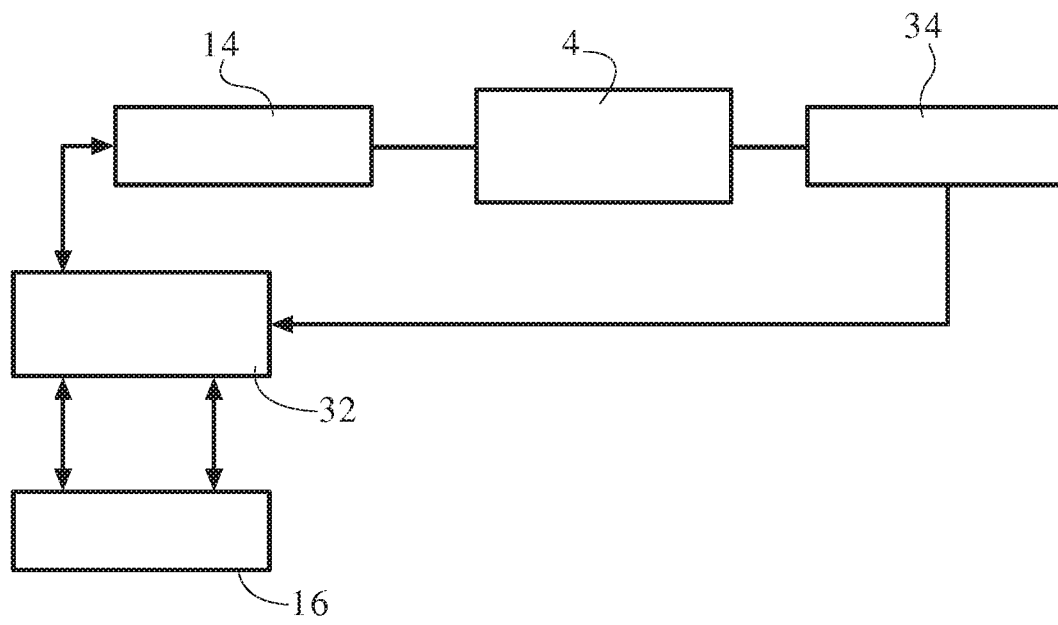


FIG. 7

