

# ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102011901929323A1

Publication Date

20110625

Applicant

POLITECNICO DI TORINO

Title

INSEGUITORE SOLARE A CINEMATICA PARALLELA E PROCEDIMENTO DI CONTROLLO DI TALE INSEGUITORE.

Descrizione dell'Invenzione Industriale avente per  
titolo:

"INSEGUITORE SOLARE A CINEMATICA PARALLELA E  
PROCEDIMENTO DI CONTROLLO DI TALE INSEGUITORE"

a nome: POLITECNICO DI TORINO, di nazionalità  
italiana, con sede in Corso Duca degli Abruzzi 24 -  
10129 TORINO (TO).

Inventori designati: MAURO Stefano - SCARZELLA  
Cristina - BATTEZZATO Alessandro.

Depositata il                                    al n.

#### DESCRIZIONE

La presente invenzione si riferisce ad un  
inseguitore solare a cinematica parallela e ad un  
procedimento di controllo di tale inseguitore.

Come noto, gli inseguitori solari, ed in  
particolare gli inseguitori, fotovoltaici sono  
strutture progettate per orientare uno o più  
pannelli fotovoltaici verso il Sole e mantenere  
costantemente prossimo a zero l'angolo tra la  
normale al piano dei moduli fotovoltaici e la  
direzione di provenienza della luce solare.

Questa funzione è comunemente svolta mediante  
strutture cinematiche seriali composte da due assi  
rotanti, uno con direzione perpendicolare al  
terreno e uno con direzione parallela a

quest'ultimo.

Sono anche note delle soluzioni con cinematica parallela in cui due piastre, una fissa e una mobile, sono collegate tra loro mediante alcuni bracci a lunghezza variabile: la regolazione tramite motori di queste lunghezze permette di ottenere l'orientamento della superficie mobile.

L'inseguitore solare, per poter assicurare lo sfruttamento completo della radiazione solare disponibile, deve permettere di orientare i moduli fotovoltaici verso il Sole durante l'intera giornata. A questo scopo l'angolo azimutale, ossia la rotazione intorno ad un asse perpendicolare al terreno, deve poter variare in un range compreso tra  $\pm 120^\circ$ , mentre l'angolo zenitale, ossia la rotazione intorno all'asse parallelo al terreno deve poter variare da  $0^\circ$  a  $90^\circ$ .

Scopo quindi della presente invenzione è quello di risolvere i suddetti problemi della tecnica anteriore fornendo un inseguitore solare a cinematica parallela che consenta di ottenere una elevata precisione di puntamento.

Inoltre, uno scopo della presente invenzione è quello di fornire un inseguitore solare a cinematica parallela che consenta di sostenere il

modulo fotovoltaico su più appoggi.

Un altro scopo della presente invenzione è quello di fornire un procedimento di controllo di un inseguitore solare a cinematica parallela che consenta di ottenere una elevata precisione di puntamento.

I suddetti ed altri scopi e vantaggi dell'invenzione, quali risulteranno dal seguito della descrizione, vengono raggiunti con un inseguitore solare a cinematica parallela come quello descritto nella rivendicazione 1.

Inoltre, i suddetti ed altri scopi e vantaggi dell'invenzione vengono raggiunti con un procedimento di controllo di un inseguitore solare a cinematica parallela come quello descritto nella rivendicazione 10.

Forme di realizzazione preferite e varianti non banali della presente invenzione formano l'oggetto delle rivendicazioni dipendenti.

Risulterà immediatamente ovvio che si potranno apportare a quanto descritto innumerevoli varianti e modifiche (per esempio relative a forma, dimensioni, disposizioni e parti con funzionalità equivalenti) senza discostarsi dal campo di protezione dell'invenzione come appare dalle

rivendicazioni allegate.

La presente invenzione verrà meglio descritta da alcune forme preferite di realizzazione, fornite a titolo esemplificativo e non limitativo, con riferimento ai disegni allegati, nei quali:

- la FIG. 1 mostra una vista in prospettiva dall'alto di una realizzazione dell'inseguitore solare a cinematica parallela secondo la presente invenzione;
- la FIG. 2 mostra un diagramma illustrante le relazioni dimensionali preferite tra i vari componenti dell'inseguitore solare secondo la presente invenzione;
- la FIG. 3 mostra un diagramma a blocchi illustrante alcune fasi del procedimento di controllo secondo la presente invenzione; e
- la FIG. 4 mostra un diagramma a blocchi illustrante altre fasi del procedimento di controllo secondo la presente invenzione.

Facendo riferimento alla FIG. 1 è possibile notare che l'inseguitore solare 1 secondo la presente invenzione è composto da almeno una base di supporto fissa 3 e da almeno una struttura mobile 5 controllata ed atta a sostenere almeno un modulo fotovoltaico (non mostrato), tra tale base

di supporto fissa 3 e tale struttura mobile 5 essendo interposti mezzi attuatori a cinematica parallela 7 atti ad movimentare tale struttura mobile 5, ed in particolare ad orientare quest'ultima struttura 3 verso il Sole e mantenere costantemente prossimo a zero l'angolo tra la normale al piano del modulo fotovoltaico e la direzione di provenienza della luce solare. Come noto, l'espressione "cinematica parallela" indica la concorrenza dei movimenti degli assi dei mezzi attuatori la cui origine non dipende dal movimento di alcun altro asse.

In particolare, i mezzi attuatori a cinematica parallela 7 dell'inseguitore solare 1 secondo la presente invenzione sono meccanismi a cinematica chiusa, i quali presentano rigidità elevate grazie alla presenza di più catene cinematiche atte a collegare l'"end-effector" alla base di supporto fissa 3 nonché errori di posizionamento ridotti.

Preferibilmente, sia la base di supporto fissa 3 sia la struttura mobile 5 sono realizzate come piastre sostanzialmente identiche tra di loro. In particolare, i moduli fotovoltaici sono assemblati in modo da essere complanari alla piastra realizzante la struttura mobile 5.

Sempre preferibilmente, i mezzi attuatori a cinematica parallela 7 comprendono tre bracci 9 costituiti da catene cinematiche aventi le rispettive estremità connesse operativamente alla base di supporto fissa 3 ed alla struttura mobile 5, ciascuno di tali bracci 9 essendo costituito da almeno due aste 11, preferibilmente tra di loro di uguale lunghezza, collegate tra loro mediante l'interposizione di almeno un primo mezzo di articolazione 13, realizzato preferibilmente come un giunto sferico. Preferibilmente, le estremità di tali bracci 9 sono connesse operativamente rispettivamente alla base di supporto fissa 3 ed alla struttura mobile 5 in punti di ancoraggio disposti a  $120^\circ$  l'uno dall'altro; le estremità di tali bracci 9 sono connesse operativamente alla base di supporto fissa 3 ed alla struttura mobile 5 mediante l'interposizione di secondi mezzi di articolazione 15, costituiti preferibilmente da cerniere. Inoltre la base di supporto fissa 3 e la struttura mobile 5 sono collegate tra loro mediante almeno una quarta asta 17, le cui estremità sono connesse operativamente e rispettivamente a tale base di supporto fissa 3 ed a tale struttura mobile 5 mediante l'interposizione di un rispettivo terzo

mezzo di articolazione 19, ciascuno di tali terzi mezzi di articolazione 19 essendo costituito preferibilmente da un giunto sferico: in alternativa, uno di tali terzi mezzi di articolazione 19 può essere un giunto di cardano.

La struttura mobile 5 sopra descritta ha quindi due gradi di libertà di rotazione, corrispondente al moto secondo gli assi azimutale e zenitale. Inoltre, i mezzi attuatori a cinematica parallela comprendono almeno due motori 21. Il comando dei movimenti secondo tali due assi può essere ottenuto regolando, attraverso tali motori 21, l'inclinazione dei rispettivi due bracci 9 costituenti le catene cinematiche. Così come mostrato nella FIG. 1, preferibilmente ciascun motore 21 può avere il relativo albero motore calettato sull'asse della rispettiva cerniera 15 inferiore. In alternativa, i motori 21 potrebbero essere motori lineari agenti in posizione intermedia sui bracci 9 di cui si intende regolare l'inclinazione e vincolati opportunamente ad un telaio preferibilmente e funzionalmente solidale alla base fissa 3. Eventualmente i motori possono essere calettati sugli assi delle cerniere 15 superiori.



La geometria della struttura dei mezzi attuatori a cinematica parallela 7 può essere descritta sinteticamente attraverso tre parametri dimensionali: la distanza dei punti di vincolo dei bracci 9 delle catene cinematiche dal centro della base di supporto fissa 3 e della struttura mobile 5, la distanza tra lo stesso punto di vincolo e il primo mezzo di articolazione 13 e la distanza (fissa) tra i centri della base di supporto fissa 3 e della struttura mobile 5. Queste grandezze sono chiamate rispettivamente "base", "braccio" e "asta centrale". Le lunghezze di questi componenti sono indipendenti tra loro. Tuttavia affinché la struttura possa esplorare l'intero spazio di lavoro richiesto ad un inseguitore solare è necessario che queste grandezze mantengano dei rapporti relativi ben definiti.

La FIG. 2 mostra un diagramma che riporta lo spazio bidimensionale definito dalle grandezze  $\frac{\text{lunghezza\_base}}{\text{lunghezza\_braccio}}$  e  $\frac{\text{lunghezza\_asta\_centrale}}{\text{lunghezza\_braccio}}$ ; lo spazio più scuro del diagramma della FIG. 2 individua quindi una regione tale per cui un inseguitore costruito con parametri che ricadano al suo interno consente l'esplorazione di uno spazio di lavoro che

comprenda un escursione azimutale di almeno 240° e un escursione zenitale di almeno 90°. L'asse delle ascisse riporta il valore del parametro  $\frac{\text{lunghezza\_base}}{\text{lunghezza\_braccio}}$ , mentre l'asse delle ordinate riporta i valori del parametro  $\frac{\text{lunghezza\_asta\_centrale}}{\text{lunghezza\_braccio}}$ .

Di conseguenza, dal diagramma della FIG. 2 è possibile notare che, preferibilmente, il rapporto  $\frac{\text{lunghezza\_base}}{\text{lunghezza\_braccio}}$  calcolato tra la distanza dei punti di vincolo dei bracci 9 delle catene cinematiche dal centro della base di supporto fissa 3 e della struttura mobile 5 e la distanza tra lo stesso punto di vincolo e il primo mezzo di articolazione 13 è compreso tra 0,05 e 0,55, mentre il rapporto  $\frac{\text{lunghezza\_asta\_centrale}}{\text{lunghezza\_braccio}}$  calcolato tra la distanza tra i centri della base di supporto fissa 3 e della struttura mobile 5 e la distanza tra i punti di vincolo dei bracci 9 delle catene cinematiche e il primo mezzo di articolazione 13 è compreso tra 0,6 e 1,8.

Ovviamente, l'inseguitore solare 1 secondo la presente invenzione può funzionare solamente se gestito da opportuni sensori e da un procedimento

di controllo specifico basato su un algoritmo dedicato ed implementato da opportuni mezzi di elaborazione agenti sui motori 21.

L'inseguitore solare 1 secondo la presente invenzione comprende quindi almeno un sensore di allineamento solare e due sensori per il rilievo della posizione angolari di due bracci 9, tali sensori essendo ovviamente cooperanti con i suddetti mezzi di elaborazione.

Il sensore di allineamento solare può essere composto da quattro fotodiodi complanari separati tra loro da due setti perpendicolari tra loro e al piano dei fotodiodi. In generale i setti ombreggiano almeno uno dei fotodiodi: solo nel caso in cui il piano in cui giacciono sia perfettamente allineato rispetto al Sole, tutti i quattro fotodiodi sono illuminati e ciascuno di essi fornisce un segnale attivo in uscita. L'errore di allineamento ammesso affinché tutti i fotodiodi siano illuminati è determinato dalle caratteristiche geometriche del sensore. Quando almeno uno dei fotodiodi è illuminato e fornisce un segnale è possibile determinare la direzione in cui occorre muovere il sensore per allinearlo al Sole.

La presente invenzione riguarda inoltre anche

un procedimento di controllo dell'inseguitore solare 1 sopra descritto, atto in particolare ad orientare la struttura 3 verso il Sole e mantenere costantemente prossimo a zero l'angolo tra la normale al piano del modulo fotovoltaico e la direzione di provenienza della luce solare.

In particolare, il procedimento di controllo secondo la presente invenzione comprende una fase di inseguimento solare attivo.

La fase di inseguimento solare attivo richiede l'uso di un algoritmo espressamente ideato il cui schema è riportato nella FIG. 3.

In particolare, con riferimento alla FIG. 3, è possibile notare che la fase di inseguimento solare attivo è costituita da un controllo di orientamento ad anello chiuso che permette, attraverso segnali di comando ( $m_1$  e  $m_2$ ) ai motori 21, di orientare la struttura mobile 5 come desiderato grazie alla retroazione di segnali di posizione (angoli  $\beta_1$  e  $\beta_2$ ) provenienti dai due bracci 9 costituenti le catene cinematiche attuate da tali motori 21 e dal sensore di allineamento solare (sun).

Per descrivere la fase di inseguimento solare attivo è opportuno evidenziare che la posizione effettiva della struttura mobile 5 può essere

descritta in maniera univoca attraverso il valore degli angoli di azimut e zenit, ovvero attraverso la posizione assunta dai due bracci 9 attuati (spazio dei giunti) dai motori 21.

In particolare, con riferimento alla FIG. 4, è possibile notare che la fase di inseguimento solare attivo comprende una sottofase nella quale, mediante una opportuna funzione di cinematica diretta (FWD KIN) nota in sé, sono determinati i valori degli angoli di azimut e zenit in funzione della posizione  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  dei bracci 9 attuati ed una sottofase nella quale, mediante una opportuna funzione di cinematica inversa (INV KIN) nota in sé, sono determinate le posizioni  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  che devono raggiungere i bracci 9 attuati affinché gli angoli di azimut e zenit assumano dei valori determinati.

Inoltre, sempre con riferimento alla FIG. 4, è possibile notare che la fase di inseguimento solare attivo comprende una sottofase che elabora, mediante una opportuna funzione G nota in sé, il segnale  $ls$  proveniente dal sensore di allineamento solare per determinare la direzione  $\Delta Azimuth$ ,  $\Delta Zenith$  in cui deve essere movimentata la struttura mobile 5 per orientarsi perpendicolarmente alla congiungente col Sole e calcolare i relativi

spostamenti. Questa funzione G dipende ovviamente dal tipo di sensore di allineamento solare utilizzato.

I valori elaborati dalla funzione G nella sottofase relativa della fase di inseguimento solare attivo sono dei valori di spostamento secondo la direzione zenitale e azimutale, che possono essere positivi o negativi a seconda del verso richiesto. Il loro modulo è determinato in base alle caratteristiche del sensore di allineamento solare.

Nella fase di inseguimento solare attivo gli spostamenti calcolati sono quindi sommati alle posizioni zenitali e azimutali effettive (Zenith, Azimuth), determinate tramite la funzione cinematica diretta in base ai valori misurati degli angoli  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  attuati, ottenendo in questo modo le nuove posizioni azimutale e zenitale di riferimento (Azimuth ref, Zenith ref).

Elaborando i valori di posizione azimutale e zenitale di riferimento (Azimuth ref, Zenith ref) è possibile calcolare attraverso la funzione di cinematica inversa i nuovi valori di riferimento per gli angoli attuati e, per differenza, con i valori misurati, lo spostamento angolare  $\Delta\beta_1$ ,  $\Delta\beta_2$

da realizzarsi. Dividendo questo valore per l'ampiezza del singolo step del motoriduttore si determina il numero di segnali di comando ( $m_1$ ,  $m_2$ ) da inviare al driver di ciascun motore 21 nonché il verso del moto ( $dir_1$ ,  $dir_2$ ).

Effettuato lo spostamento desiderato, la fase di inseguimento solare attivo ricomincia.

In aggiunta, il procedimento secondo la presente invenzione potrebbe ulteriormente comprendere altri fasi comuni ai procedimenti di controllo degli inseguitori solari della tecnica nota quali, per esempio, le seguenti fasi:

- a) puntamento;
- b) attesa;
- c) sicurezza.

Nella fase di puntamento il procedimento secondo la presente invenzione provvede ad orientare la struttura mobile 5 in maniera approssimativa in funzione della posizione attesa del Sole, determinata in base all'ora, alla data e alla collocazione geografica.

Nella fase di attesa il procedimento secondo la presente invenzione pone l'inseguitore solare 1 secondo la presente invenzione in una posizione di "stand-by" nel caso in cui il Sole sia coperto.

Nella fase di sicurezza il procedimento secondo la presente invenzione provvede ad orientare la struttura mobile 5 in posizione parallela al terreno per offrire la minima resistenza, per esempio di notte o in situazioni di forte vento.

Possibili varianti sono ovviamente determinate dall'utilizzo di motori continui, ovvero dall'utilizzo di sensori di allineamento di tipologia differente, senza pertanto fuoriuscire dall'ambito di protezione della presente invenzione.

Resta in ogni caso sostanziale il fatto che il movimento necessario a raggiungere le condizioni di allineamento determinato in base al segnale fornito dal sensore di allineamento nello spazio azimut-zenit sia composto con la posizione attuale nel medesimo spazio, determinata dalla funzione di cinematica diretta in base ai valori di posizione angolare dei bracci attuati, ai fini di determinare una nuova posizione di riferimento, ancora nelle coordinate azimut-zenit. E' altrettanto sostanziale che questo valore di riferimento sia riportato a due nuovi valori di riferimento nello spazio dei giunti attuati attraverso la funzione di cinematica



inversa.

Si sono descritte alcune forme preferite di attuazione dell'invenzione, ma naturalmente esse sono suscettibili di ulteriori modifiche e varianti nell'ambito della medesima idea inventiva. In particolare, agli esperti nel ramo risulteranno immediatamente evidenti numerose varianti e modifiche, funzionalmente equivalenti alle precedenti, che ricadono nel campo di protezione dell'invenzione come evidenziato nelle rivendicazioni allegate.

## RIVENDICAZIONI

1. Inseguitore solare (1) caratterizzato dal fatto di essere composto da almeno una base di supporto fissa (3) e da almeno una struttura mobile (5) controllata ed atta a sostenere almeno un modulo fotovoltaico, tra detta base di supporto fissa (3) e detta struttura mobile (5) essendo interposti mezzi attuatori a cinematica parallela (7) atti ad movimentare detta struttura mobile (5).
2. Inseguitore solare (1) secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detti mezzi attuatori a cinematica parallela (7) sono meccanismi a cinematica chiusa.
3. Inseguitore solare (1) secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta base di supporto fissa (3) e detta struttura mobile (5) sono piastre sostanzialmente identiche tra di loro, detti moduli fotovoltaici essendo complanari a detta piastra realizzante detta struttura mobile (5).
4. Inseguitore solare (1) secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detti mezzi attuatori a cinematica parallela (7) comprendono tre bracci (9) costituiti da catene cinematiche aventi delle rispettive estremità

connesse operativamente a detta base di supporto fissa (3) e a detta struttura mobile (5), ciascuno di detti bracci (9) essendo costituito da almeno due aste (11) collegate tra loro mediante l'interposizione di almeno un primo mezzo di articolazione (13), dette estremità di detti bracci (9) essendo connesse operativamente a detta base di supporto fissa (3) e a detta struttura mobile (5) mediante l'interposizione di secondi mezzi di articolazione (15), e dal fatto che detta base di supporto fissa (3) e detta struttura mobile (5) sono collegate tra loro mediante almeno una quarta asta (17), le cui estremità di detta quarta asta (17) essendo connesse operativamente e rispettivamente a detta base di supporto fissa (3) ed a detta struttura mobile (5) mediante l'interposizione di una coppia di terzi mezzi di articolazione (19).

5. Inseguitore solare (1) secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che detto primo mezzo di articolazione (13) è un giunto sferico, detti secondi mezzi di articolazione (15) sono cerniere e detti terzi meccanismi di articolazione (19) sono due giunti sferici ovvero un giunto sferico e un giunto di cardano.

6. Inseguitore solare (1) secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che un rapporto tra una distanza dei punti di vincolo di detti bracci (9) di dette catene cinematiche dal centro di detta base di supporto fissa (3) e di detta struttura mobile (5) e una distanza tra detto stesso punto di vincolo e detto primo mezzo di articolazione (13) è compreso tra 0,05 e 0,55, mentre un rapporto tra una distanza tra i centri di detta base di supporto fissa (3) e di detta struttura mobile (5) e una distanza tra detti punti di vincolo di detti bracci (9) di dette catene cinematiche e detto primo mezzo di articolazione (13) è compreso tra 0,6 e 1,8.

7. Inseguitore solare (1) secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che dette estremità di detti bracci (9) sono connesse operativamente e rispettivamente a detta base di supporto fissa (3) e a detta struttura mobile (5) in punti di ancoraggio disposti a  $120^\circ$  l'uno dall'altro.

8. Inseguitore solare (1) secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che detti mezzi attuatori a cinematica parallela (7) comprendono almeno due motori (21), ciascuno di

detti motori essendo atto a controllare l'inclinazione di un rispettivo detto braccio (9) costituenti le catene cinematiche.

9. Inseguitore solare (1) secondo le rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto di comprendere almeno un sensore di allineamento solare e due sensori per il rilievo delle posizioni angolari di due detti bracci (9), detti sensori cooperanti con mezzi di elaborazione agenti su detti motori (21).

10. Procedimento di controllo di un inseguitore solare (1), preferibilmente secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 9 atto ad orientare detta struttura (3) verso il Sole e mantenere costantemente prossimo a zero l'angolo tra la normale al piano di detto modulo fotovoltaico e la direzione di provenienza della luce solare, caratterizzato dal fatto di comprendere almeno una fase di inseguimento solare attivo comprendente un controllo di orientamento ad anello chiuso per orientare detta struttura mobile (5) attraverso segnali di comando ( $m_1$ ,  $m_2$ ) a detti motori (21) mediante retroazione di segnali ( $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ) provenienti dai due bracci (9) e da detto sensore di allineamento solare (sun).

11. Procedimento secondo la rivendicazione 10, caratterizzato dal fatto di comprendere la sottofase (FWD KIN) nella quale sono determinati dei valori degli angoli di azimut e zenit in funzione della posizione ( $\beta_1, \beta_2$ ) di detti bracci (9) attuati e la sottofase (INV KIN) nella quale sono determinate le posizioni ( $\beta_1, \beta_2$ ) che devono raggiungere i bracci (9) attuati affinché gli angoli di azimut e zenit assumano dei valori determinati, e dal fatto di comprendere la sottofase (G) di elaborare il segnale (ls) proveniente da detto sensore di allineamento solare per determinare la direzione ( $\Delta\text{Azimuth}, \Delta\text{Zenith}$ ) in cui deve essere movimentata detta struttura mobile (5) per orientarsi perpendicolarmente alla congiungente col Sole e calcolare i relativi spostamenti, detti spostamenti calcolati essendo sommati alle posizioni zenitali e azimutali effettive (Zenith, Azimuth) per ottenere le nuove posizioni azimutale e zenitale di riferimento (Azimuth ref, Zenith ref), essendo calcolato lo spostamento angolare ( $\Delta\beta_1, \Delta\beta_2$ ) da realizzarsi ed essendo determinato un numero di segnali di comando ( $m_1, m_2$ ) da inviare a ciascun detto motore (21) ed il verso del moto ( $\text{dir}_1, \text{dir}_2$ ).

## CLAIMS

1. Sun follower (1) characterised in that it is composed by at least one fixed supporting base (3) and by at least one mobile structure (5) controlled and adapted to sustain at least one photovoltaic module, parallel kinematic actuator means (7) adapted to move said mobile structure (5) being interposed between said fixed supporting base (3) and said mobile structure (5).

2. Sun follower (1) according to claim 1, characterised in that said parallel kinematic actuator means (7) are closed kinematics mechanisms.

3. Sun follower (1) according to claim 1, characterised in that said fixed supporting base (3) and said mobile structure (5) are substantially identical plates, said photovoltaic modules being coplanar to said plate carrying out said mobile structure (5).

4. Sun follower (1) according to claim 1, characterised in that said parallel kinematic actuator means (7) comprise three arms (9) constituted by kinematic chains having some respective ends operatively connected to said fixed supporting base (3) and to said mobile structure

(5), each of said arms (9) being constituted by at least two rods (11) connected together by means of the interposition of at least one first articulation means (13), said ends of said arms (9) being operatively connected to said fixed supporting base (3) and to said mobile structure (5) by means of the interposition of second articulation means (15), and in that said fixed supporting base (3) and said mobile structure (5) are connected together by means of at least one fourth rod (17), the ends of said fourth rod (17) being operatively and respectively connected to said fixed supporting base (3) and to said mobile structure (5) by means of the interposition of a couple of third articulation means (19).

5. Sun follower (1) according to claim 4, characterised in that said first articulation means (13) is a ball joint, said second articulation means (15) are hinges and said third articulation means (19) are two ball joints or one ball joint and one universal joint.

6. Sun follower (1) according to claim 4, characterised in that a ratio between a distance of the constraint points of said arms (9) of said kinematic chains from the center of said fixed



supporting base (3) and of said mobile structure (5) and a distance between said same constraint point and said first articulation means (13) is comprised between 0,05 and 0,55, while a ratio between a distance between the centres of said fixed supporting base (3) and of said mobile structure (5) and a distance between said constraint points of said arms (9) of said kinematic chains and said first articulation means (13) is comprised between 0,6 and 1,8.

7. Sun follower (1) according to claim 1, characterised in that said ends of said arms (9) are respectively and operatively connected to said fixed supporting base (3) and to said mobile structure (5) in anchor points arranged by  $120^\circ$  one each other.

8. Sun follower (1) according to claim 4, characterised in that said parallel kinematic actuator means (7) comprise at least two motors (21), each of said motors being adapted to control the tilting of a respective said arm (9) constituting the kinematic chains.

9. Sun follower (1) according to the preceding claims, characterised in that it comprises at least one solar alignment sensor and two sensors adapted

to detect the angular positions of two said arms (9), said sensors cooperating with processing means driving said motors (21).

10. Method for controlling a sun follower (1), preferably according to any one of the claims 1 to 9 adapted to direct said structure (3) toward the Sun and to maintain the angle between the perpendicular to the plan of said photovoltaic module and the coming direction of the solar light constantly next to zero, characterised in that it comprises at least a step of active solar following comprising a closed loop orientation control to orient said mobile structure (5) by means of command signals ( $m_1$ ,  $m_2$ ) to said motors (21) by means of feedback signals ( $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ) coming from two arms (9) and from said solar alignment sensor (sun).

11. Method according to claim 10, characterised in that it comprises the substep (FWD KIN) in which some values of azimuth and zenith angles are determined depending on the position ( $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ) of said driven arms (9) and the substep (INV KIN) in which the positions ( $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ) that the driven arms (9) have to reach so that the azimuth and zenith angles have some determined values are determined,

and in that it comprises the substep (G) of processing the signal (ls) coming from said solar alignment sensor to determine the direction ( $\Delta\text{Azimuth}$ ,  $\Delta\text{Zenith}$ ) in which said mobile structure (5) must be moved to be directed perpendicularly to the joining line with the Sun and the relative movements, said calculated movements being summed to the real azimuth and zenith positions (Zenith, Azimuth) to obtain the new reference azimuth and zenith positions (Azimuth ref, Zenith ref), the angular movement ( $\Delta\beta_1$ ,  $\Delta\beta_2$ ) to be carried out being calculated and a number of command signals (m1, m2) to be sent to each said motor (21) and the direction of the movement (dir1, dir2) being determined.

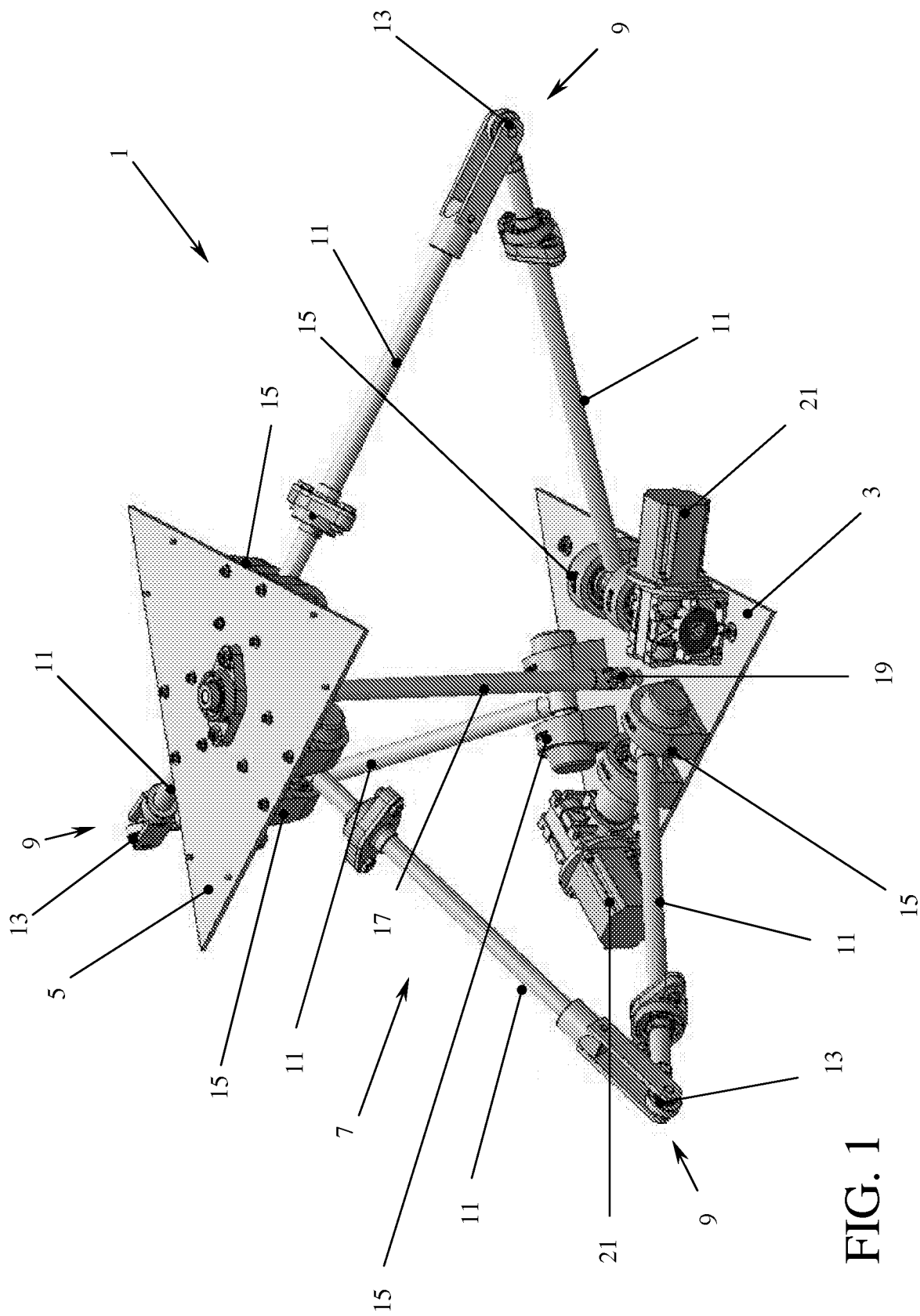


FIG. 1

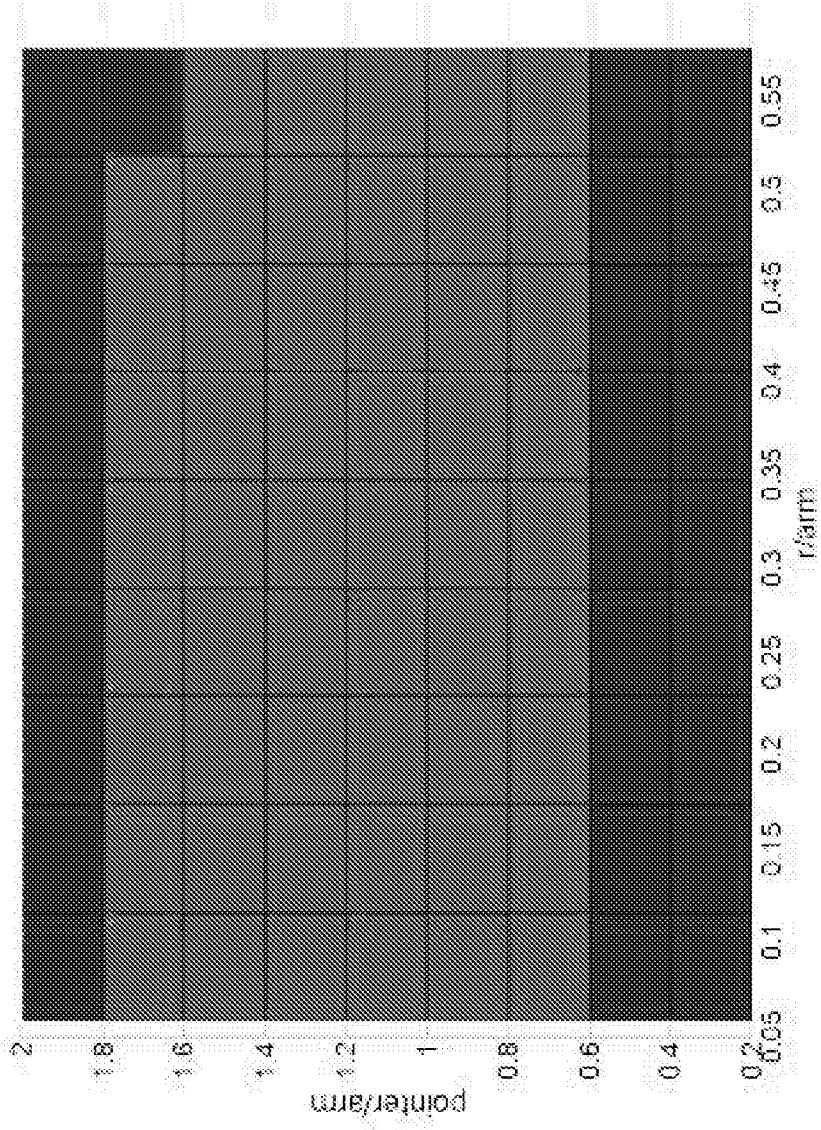


FIG. 2

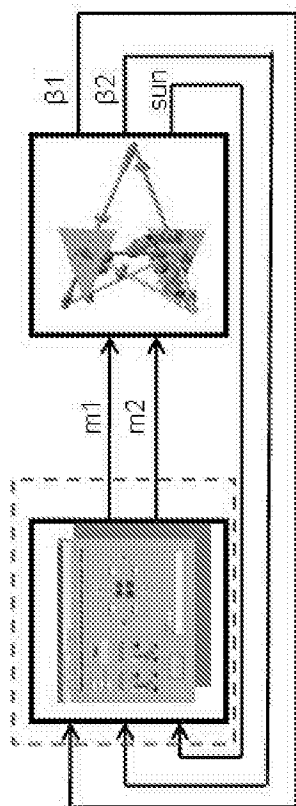


FIG. 3

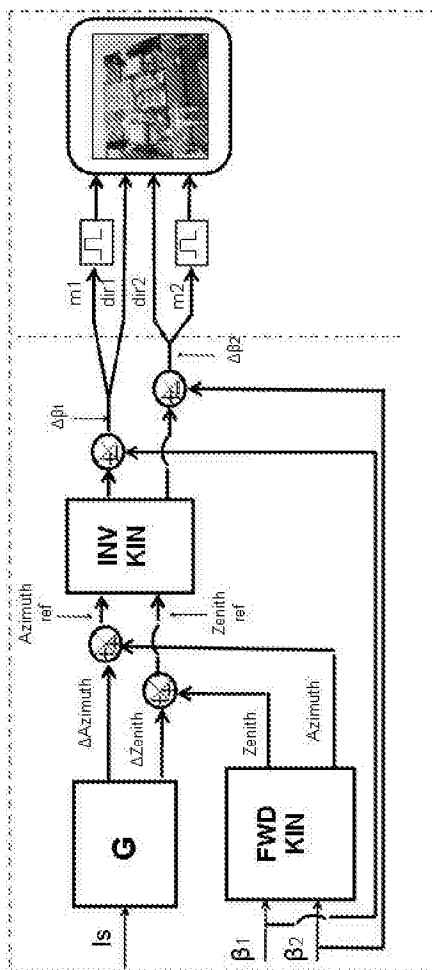


FIG. 4