

# ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102011901986883A1

Publication Date

20130413

Applicant

GIMA S.P.A.

Title

PROCEDIMENTO PER IL COMANDO E CONTROLLO DEL MOTORE  
ELETTRICO DI UN GRUPPO D'AUTOMAZIONE E SISTEMA CONNESSO

Classe Internazionale: H02P 000/0000

Descrizione del trovato avente per titolo:

"PROCEDIMENTO PER IL COMANDO E CONTROLLO DEL MOTORE  
ELETTRICO DI UN GRUPPO D'AUTOMAZIONE E SISTEMA CONNESSO"

5 a nome GIMA S.p.A. di nazionalità italiana con sede legale  
in Via Kennedy, 17 - 40069 Zola Predosa (BO)

dep. il al n.

\* \* \* \* \*

CAMPO DI APPLICAZIONE

10 Il presente trovato si riferisce ad un procedimento per  
il comando e controllo di gruppi d'automazioni, nonché il  
connesso sistema, che presentano almeno un motore elettrico  
collegato, di fatto, direttamente all'organo meccanico.

STATO DELLA TECNICA

15 È noto che i gruppi d'automazione possono comprendere  
almeno un motore elettrico collegato ad un organo meccanico  
o mediante un dispositivo di riduzione, o in modo diretto.  
È noto che l'eliminazione di uno stadio di riduzione  
intermedio è un fattore positivo in quanto permette di  
20 limitare i giochi, aumentare la precisione, ridurre la  
potenza consumata nonché utilizzare sistemi più semplici  
e/o con minor numero di componenti.

Generalmente s'includono nei sistemi a moto diretto  
anche i sistemi che, tra organo motore ed organo meccanico,  
25 presentano una riduzione molto modesta nell'ordine non

Il mandatario  
STEFANO LIGI  
(per sé e per gli altri)  
STUDIO GLP S.r.l.  
P.le Cavedalis, 6/2 - 33100 UDINE

superiore ad un intorno di dieci unità. Più precisamente, quanto meno nel presente trovato si considerano sistemi a moto diretto quei sistemi in cui l'inerzia del motore può arrivare fino ad un intorno di 100 volte minore  
5 dell'inerzia della parte condotta.

Nei moti diretti, i motori elettrici che generalmente e vantaggiosamente, ma non limitatamente, sono di tipo brushless, possono essere soggetti a sbilanciamenti inerziali dovuti alla presenza di carichi variabili  
10 all'interno del ciclo lavorativo. Detti carichi variabili sono generati dalle geometrie del singolo dispositivo da comandare.

I movimenti di questi sistemi possono essere a durata ciclo fissa o a durata ciclo variabile.

15 Va poi tenuto presente che i cicli possono venire effettuati con un'elevata cadenza nell'unità di tempo, ad esempio all'interno di un minuto.

Normalmente i movimenti di questi sistemi devono essere molto precisi sia per evitare possibili interferenze tra i  
20 diversi organi meccanici dei gruppi d'automazione, sia per la corretta esecuzione delle diverse fasi del procedimento che il singolo ciclo concretizza. Va notato che un ciclo può interessare un angolo giro o più, oppure può essere una frazione di un angolo giro essendo la sommatoria di dette  
25 frazioni costituenti un angolo giro o più del motore.

Pertanto ad ogni ciclo del singolo gruppo d'automazione il  
rispettivo albero motore esegue almeno una parte di una  
rotazione completa. Per il controllo del ciclo il trovato  
contempla che esso sia suddiviso in un certo numero di fasi  
5 operative.

Secondo il presente trovato, per organi meccanici  
s'intendono tamburi, manovelle, sistemi pantografici, camme  
o altro, secondo le esigenze specifiche delle lavorazioni  
che devono essere concretizzate.

10 Un inconveniente della tecnica nota consiste nel fatto  
che il controllo dell'inerzia del singolo gruppo  
d'automazione, associata alle varie fasi di un ciclo, è  
eseguito considerando l'inerzia costante per tutto il  
ciclo. Altri inconvenienti derivano dalle differenti  
15 prestazioni dipendenti dalla deriva termica, dalle usure,  
dalle deformazioni meccaniche, dalla variabilità degli  
attriti, dalla variabilità delle resistenze incontrate e  
dal cogging del motore.

Tali sistemi di controllo e comando non permettono di  
20 eseguire in modo dettagliato e puntuale il programma  
prestabilito e relativo alle singole fasi da eseguire nel  
ciclo.

Uno scopo del presente trovato è quello di fornire un  
procedimento di comando e controllo che garantisca che i  
25 diversi movimenti dell'organo meccanico, in relazione ad

Il mandatario  
STEFANO LIGI  
(per sé e per gli altri)  
STUDIO GLP S.r.l.  
P.le Cavedalis, 6/2 - 33100 UDINE

ogni singola fase del ciclo, siano quanto più precisi possibili in termini di posizione angolare, velocità angolare e accelerazione dell'organo meccanico nell'esecuzione puntuale della fase in corso.

5 Un ulteriore scopo del presente trovato è quello di realizzare un procedimento di comando e controllo che tenga costantemente conto dei diversi effetti di deriva e possa di volta in volta adeguare, intervenendo nel programma prestabilito memorizzato, o in alcuni fattori  
10 caratteristici di esso, detto intervento essendo finalizzato a mantenere e/o ripristinare la puntuale esecuzione delle fasi, ovvero i parametri previsti da detto programma.

Per ovviare agli inconvenienti della tecnica nota e per  
15 ottenere questi ed ulteriori scopi e vantaggi, la Richiedente ha studiato, sperimentato e realizzato il presente trovato.

#### ESPOSIZIONE DEL TROVATO

Il presente trovato è espresso e caratterizzato nelle  
20 rivendicazioni indipendenti. Le rivendicazioni dipendenti espongono altre caratteristiche del presente trovato o varianti dell'idea di soluzione principale.

In accordo con i suddetti scopi, il trovato prevede un  
procedimento per gruppo d'automazione in cui un'unità  
25 centrale esegue controlli rilevando, direttamente o

Il mandatario  
STEFANO LIGI  
(per sé e per gli altri)  
STUDIO GLP S.r.l.  
P.le Cavedalis, 6/2 33100 UDINE

indirettamente, la posizione dell'organo meccanico attraverso un trasduttore di posizione collegato o all'asse del motore elettrico o all'organo meccanico, ovvero ad un'entità che matematicamente simula la posizione  
5 dell'albero motore.

Detta rilevazione viene eseguita in continuo o periodicamente in base ad ogni sottofase "n" ovvero a multipli della sottofase "n".

Secondo una prima formulazione, il ciclo è espresso in  
10 sottofasi "n" che definiscono una predefinita unità elementare angolare all'interno del ciclo, ovvero in relazione all'albero motore fittizio o reale di riferimento (master).

Secondo una variante, le sottofasi "n" sono definite in  
15 ragione della posizione dell'organo meccanico che esegue l'operazione.

Secondo un'ulteriore variante il ciclo viene considerato in termini di tempo e le sottofasi "n" di conseguenza.

Secondo una variante, le sottofasi "n" sono definite in  
20 ragione della entità matematica che simula la posizione dell'albero motore o dell'organo meccanico.

Pertanto le sottofasi "n" rappresentano di volta in volta degli intervalli di tempo, o di posizione, ovvero dell'entità matematiche, e la sommatoria di dette unità  
25 elementari intervalli "n" dà origine al totale di ciclo.

Secondo il trovato, la gestione e il controllo avvengono utilizzando le sottofasi "n", o multipli di detta sottofase "n", il cui insieme costituisce il ciclo da effettuare.

Secondo il trovato le unità elementari, o sottofasi "n",  
5 utilizzabili nel procedimento di controllo sono dell'ordine di un trecentosessantesimo di un ciclo finito. Il valore della sottofase "n" di un trecentosessantesimo di un ciclo è un valore preferenziale, essendo adottabili anche ordini differenti, ad esempio di un centesimo ovvero di un  
10 settecentesimo o più, essendo il valore secondo il presente trovato un minimo di "n" pari a ad un multiplo delle unità elementari considerate, detto multiplo essendo al minimo un fattore due.

In base alla condizione operativa da realizzare in  
15 relazione alle singole sottofasi "n", l'unità centrale invia al motore elettrico un riferimento di corrente (feed forward) in una quantità che è funzione dell'inerzia istantanea e dell'accelerazione istantanea dell'organo meccanico, valutate in relazione alla specifica sottofase  
20 "n", o del multiplo di "n", leggendo nei dati memorizzati nell'unità centrale i parametri autoappresi.

L'ordine di precisione del controllo secondo il presente trovato soggiace al ritardo nella risposta da parte dell'unità centrale. Oggi tale ritardo è nell'ordine di un  
25 millisecondo, variando tale ritardo può variare l'ampiezza

Il mandatario  
STEFANO LIGI  
(per sé e per gli altri)  
STUDIO GLP S.r.l.  
P.le Cavedalis, 6/2 - 33100 UDINE

angolare della sottofase "n", o del multiplo di "n", di controllo.

Tale ampiezza della sottofase "n", o del multiplo di "n", nelle condizioni individuate, permette di avere un controllo efficiente e puntuale al fine di garantire una precisione di posizionamento, velocità ed accelerazione dei vari organi meccanici.

In base alla funzione e caratteristiche che ogni organo meccanico deve svolgere, viene previsto all'interno di un ciclo completo, il profilo di moto che l'organo meccanico deve seguire.

La presenza di possibili derive causate per esempio da attriti, usure, aumenti di temperatura, cogging e di sbilanciamenti inerziali, etc, possono determinare degli errori di posizionamento e/o di velocità e/o di accelerazione disponibile dagli organi meccanici. Il procedimento di controllo, secondo il trovato reagisce agendo nel momento in cui viene spedito il riferimento di corrente ad ogni sottofase "n" (feed forward), o ad ogni multiplo di "n", affinché queste derive siano tendenzialmente annullate.

Secondo una variante il procedimento spedisce un riferimento di velocità (feed forward di velocità) ad ogni sottofase "n", o multiplo di "n".

Secondo una variante il procedimento spedisce un



riferimento di velocità ad ogni sottofase "n", o ogni multiplo di "n".

Secondo un'ulteriore variante il procedimento spedisce un riferimento di posizione ad ogni sottofase "n", o ogni  
5 multiplo di "n".

Secondo un'ulteriore variante il procedimento modifica i guadagni del loop di controllo ad ogni sottofase "n", o multiplo di "n".

Il presente trovato persegue lo scopo di rendere  
10 possibili, allo stato attuale della tecnologia elettronica, cicli di lavoro dell'organo meccanico dell'ordine fino a un intorno di 600 cicli al minuto.

Secondo il trovato nel caso esemplificativo dell'idea di soluzione, di spedizione del riferimento di corrente (feed  
15 forward), viene inviata un'intensità di corrente in relazione ad ogni sottofase "n", o multiplo di "n", che soggiace al seguente algoritmo:

$$IC = f(A, B)$$

in cui:

20 IC = è riferimento di corrente.

A = un apporto di corrente calcolato affinché l'errore di inseguimento si mantenga al minimo. Questo apporto è memorizzato puntualmente durante una procedura di autoapprendimento ad ogni sottofase "n" e/o caricato da  
25 tabelle predefinite. Detta procedura di autoapprendimento

verifica la posizione, del ciclo (sottofase "n", o multiplo di "n"), e la cadenza del ciclo stesso, memorizzando i valori A in una tabella relativa.

B = è la sottofase "n", o multiplo di "n", all'interno del  
5 ciclo.

Secondo il trovato, in una variante evolutiva dell'algoritmo vengono considerati anche i seguenti fattori aggiuntivi:

C = è la velocità puntuale che dovrebbe avere l'organo  
10 meccanico in relazione alla cadenza del ciclo che può essere variabile.

D = è la derivata della velocità che dovrebbe avere l'organo meccanico in relazione alla cadenza del ciclo che può essere variabile.

15 E = Inerzia istantanea dell'organo meccanico che può essere variabile e/o memorizzata durante una procedura di autoapprendimento. Detta procedura di autoapprendimento verifica la posizione nel ciclo (sottofase "n", o multiplo di "n") e la cadenza del ciclo stesso, memorizzando i  
20 valori E in una tabella relativa.

F = è il jerk, ovvero la derivata seconda della velocità che dovrebbe avere l'organo meccanico in relazione alla cadenza del ciclo che può essere variabile.

I riferimenti all'organo meccanico possono essere appresi  
25 direttamente dall'organo meccanico o, ad esempio,

direttamente dall'albero del motore elettrico.

Secondo un'ulteriore forma di realizzazione, il fattore A viene corretto dall'algoritmo anche in relazione alla deriva termica e può essere memorizzato durante una  
5 procedura di autoapprendimento/autotaratura.

Secondo un'ulteriore aspetto, almeno uno dei fattori C, D, E ed F vengono corretti da detto algoritmo anche in relazione alla deriva termica. F può essere memorizzato durante una procedura di autoapprendimento/autotaratura. Le  
10 altre varianti possibili, come sopra individuate, secondo il presente trovato, seguono la filosofia sopra esposta in relazione allo specifico algoritmo connesso all'invio del riferimento di corrente e della gestione della deriva termica.

15 Va rilevato che il procedimento che il trovato vuole perseguire è condizionato soprattutto dall'hardware attualmente disponibile, migliorando le capacità di risposta anche il sistema può risultare avvantaggiato e va quindi considerato come direttamente adeguato.

20 Secondo il trovato, all'albero dell'organo motore sono associati mezzi di rilevamento, o trasduttori di posizione o entità che matematicamente simulano la posizione dell'albero motore, sì da evitare picchi, attriti, sfasamenti o giochi.

25

ILLUSTRAZIONE DEI DISEGNI

Il mandatario  
STEFANO LIGI  
(per sé e per gli altri)  
STUDIO GLP S.r.l.  
P.le Cavallotti, 6/2 - 33100 UDINE

Queste ed altre caratteristiche del presente trovato appariranno chiare dalla seguente descrizione di una forma esemplificativa di realizzazione, fornita a titolo esemplificativo, non limitativo, con riferimento agli  
5 annessi disegni in cui:

- la fig. 1 è una vista schematica di un gruppo utilizzato d'automazione avente due gruppi operativi;
- la fig. 2 è un dettaglio di un componente di fig. 1;
- la fig. 3 rappresenta schematicamente la distribuzione  
10 delle fasi di lavoro di un componente del dispositivo di fig. 1;
- la fig. 4 è un diagramma di flusso semplificato che evidenzia il concetto delle sottofasi di controllo "n";
- la fig. 5 è un diagramma di flusso semplificato  
15 dell'algoritmo inventato.

Per facilitare la comprensione, numeri di riferimento identici sono stati utilizzati, ove possibile, per identificare elementi comuni identici nelle figure.

#### DESCRIZIONE DI UNA FORMA ESEMPLIFICATIVA DI REALIZZAZIONE

20 Con riferimento alle figure allegate, un procedimento di comando e di controllo di un motore elettrico secondo il presente trovato è utilizzabile per gruppi d'automazione. Detti gruppi d'automazione trovano impiego in vari settori essendo solo rilevante il fatto che tra organo motore, in  
25 seguito motore elettrico 12, e dispositivo meccanico, in

seguito organo meccanico 13, asservente le funzioni operative richieste, non vi siano riduzioni, ovvero che le riduzioni siano limitate fino ad un intorno di 10. In particolare il presente trovato si riferisce a sistemi in cui l'inerzia del motore può arrivare fino ad un intorno di 100 volte minore dell'inerzia della parte condotta.

Con riferimento alla fig. 1, nel caso esemplificativo, un gruppo d'automazione 10 è composto da due gruppi operativi 11 presentanti mezzi di rilevamento della posizione 16 del motore elettrico 12 o dell'organo meccanico 13. Detti mezzi di rilevamento della posizione 16, che nel caso siano direttamente collegati all'albero del motore elettrico 12 rilevano la posizione angolare, forniscono all'unità centrale 14 (fig. 1) la puntuale e precisa posizione angolare dell'albero motore 15 e dell'organo meccanico 13.

I mezzi di rilevamento della posizione 16 e l'unità centrale 14 sono collegati a mezzo linee di collegamento dati 27. Va notato che i mezzi di rilevamento della posizione possono essere un trasduttore di posizione associato all'albero motore, ovvero all'organo meccanico. Può essere altresì un'entità matematica che simula la posizione dell'albero motore o dell'organo meccanico. Nel seguito, con "mezzi di rilevamento della posizione" si ricomprendono tutte queste varianti come di volta in volta

Il mandatario  
STEFANO LIGI  
(per sé e per gli altri)  
STUDIO GLP S.r.l.  
P.le Cavallotti, 6/2 - 33100 UDINE

adottate.

L'unità centrale 14 gestisce e controlla, per ogni unità di ciclo (o sottofasi "n", o multipli di "n"), nel caso esemplificativo, sia la posizione angolare che la velocità  
5 che l'accelerazione angolare puntuale.

Infatti, l'unità centrale 14 definisce un determinato programma di lavoro dei gruppi operativi e quindi dei loro motori elettrici 12. Le linee di collegamento 18 assolvono alla funzione di trasferire da e per l'unità centrale 14 le  
10 informazioni di controllo e comando provenienti, o inviate, al singolo gruppo operativo 11. È indifferente se le linee collegamento dati 27 e 18 sono di tipo fisico, o wireless, o di altro tipo ancora.

Il singolo gruppo operativo 11, come illustrato in  
15 fig. 2, comprende un motore elettrico 12, che nella fattispecie è di tipo brushless, e un organo meccanico 13 deputato ad assolvere fisicamente la fase operativa. L'organo meccanico 13 e il motore elettrico 12 risultano essere connessi rispettivamente attraverso un albero motore  
20 15 ad un eventuale gruppo di riduzione 17 che presenta al massimo una riduzione dell'ordine di un intorno di 10. Dato il basso valore di tale cifra di riduzione, il motore elettrico 12 e l'organo meccanico 13 risultano essere considerati come collegati direttamente realizzando quello  
25 che viene denominato "moto diretto". Per ogni ciclo

Il mandatario  
STEFANO LIGI  
(per sé e per gli altri)  
STUDIO GLP S.r.l.  
P.le Cavallotti, 6/2 - 33100 UDINE

operativo completo del gruppo operativo 11, nel caso di specie l'albero motore 15, durante il suo normale funzionamento, esegue una rotazione completa e/o più e/o parziale durante la quale svolge la o le fasi di lavoro  
5 previste.

La fig. 3 rappresenta schematicamente un ciclo, ad esempio pari a "x" gradi del ciclo completo. Va ricordato che la fig. 3 può anche essere rapportata al tempo ciclo o all'angolo giro compiuto dall'organo meccanico per eseguire  
10 il ciclo.

Secondo il trovato, l'angolo x sotteso dal ciclo viene riprodotto, nel caso esemplificativo (fig. 3), come angolo giro. Nel caso di fig. 3 sono esemplificate tre fasi 21, 22, 23 che l'organo meccanico 13 deve compiere per  
15 completare un ciclo. Nella fattispecie le tre fasi 21, 22, 23 risultano consequenziali ed ogni fase, nei suoi comportamenti, è contraddistinta da una precisa posizione angolare.

Secondo il trovato, nel caso esemplificativo, ogni ciclo  
20 viene suddiviso in sottofasi "n" che nel totale costituiscono l'angolo giro fittizio (vedi fig. 3).

Secondo il trovato nella fase di preparazione per l'esecuzione del lavoro previsto dal motore elettrico 12 vengono impartite le volute istruzioni.

25 La fig. 4 illustra un diagramma di flusso che fa vedere

Il mandatario  
STEFANO LIGI  
(per sé e per gli altri)  
STUDIO GLP S.r.l.  
P.le Cavedalis, 6/2 - 33100 UDINE

il principio di funzionamento del controllo e comando  
eseguito dall'unità centrale 14. Il ciclo che sottende  
l'angolo di rotazione dell'albero motore 15 del motore  
elettrico 12, ovvero il tempo ciclo, viene suddiviso in  
5 sottofasi "n" uguali ("n" nel caso esemplificativo è uguale  
a 360). Ogni sottofase "n" viene gestita individualmente  
dall'unità centrale 14 che in ognuna di queste sottofasi  
"n" esegue i diversi controlli previsti.

Va ricordato che il controllo e la gestione potrebbe  
10 essere effettuata anche ogni multiplo di "n".

Va altresì ricordato che ogni fase del ciclo può essere  
caratterizzata da un controllo e comandata su base "n" o  
multiplo di "n" caratteristico della fase specifica.

La fig. 5 illustra un diagramma di flusso che  
15 rappresenta le diverse fasi che l'unità centrale 14 svolge  
per gestire e controllare il gruppo d'automazione 10. In  
detta figura i riferimenti hanno i seguenti significati: A  
corrisponde all'apporto di corrente; B corrisponde alla  
sottofase "n" o multipli di "n"; C corrisponde alla  
20 velocità; D corrisponde all'accelerazione; E all'inerzia  
istantanea; F al jerk che è la derivata dell'accelerazione.

A seguito dell'attività del gruppo operativo 11 l'albero  
motore 15 ha variato la sua posizione angolare che viene  
rilevata, mediante i mezzi di rilevamento della 16,  
25 dall'unità centrale 14 al fine di stabilire in quale fase



operativa il gruppo operativo 11 si trovi.

L'unità centrale 14, una volta determinata la sottofase "n" in cui si trova, recupera i parametri di lavoro che sono previsti dal programma.

5 L'unità centrale 14 applica l'algoritmo di controllo che come risultato invia al motore elettrico 15 un riferimento di corrente (feed forward) che risulta essere in funzione della posizione del ciclo (sottofase "n", o multiplo di "n"), tale da permettere il superamento delle discrepanze e  
10 allineare l'albero motore 15 e l'organo meccanico 13 a quanto previsto dal programma.

È chiaro che al gruppo d'automazione fin qui descritto possono essere apportate modifiche e/o aggiunte di parti, senza per questo uscire dall'ambito del presente trovato.

15 È anche chiaro che, sebbene il presente trovato sia stato descritto con riferimento ad alcuni esempi specifici, una persona esperta del ramo potrà senz'altro realizzare molte altre forme equivalenti del gruppo d'automazione aventi le caratteristiche espresse nelle rivendicazioni e  
20 quindi tutte rientranti nell'ambito di protezione da esse definito.

RIVENDICAZIONI

1. Procedimento per il controllo del motore elettrico di un gruppo d'automazione, essendo presente un mezzo di rilevamento della posizione (16), detto motore elettrico  
5 (12) azionando un organo meccanico (13) attraverso un moto diretto, intendendosi per moto diretto anche gruppi d'automazione aventi un rapporto di riduzione fino ad un intorno di 10, ovvero in cui l'inerzia del motore può arrivare fino ad un intorno di 100 volte minore  
10 dell'inerzia della parte condotta, motore elettrico (12) e organo meccanico (13) costituendo un gruppo operativo (11) idoneo a svolgere uno o più cicli operativi finiti **caratterizzato dal fatto che** ogni ciclo operativo finito viene suddiviso in sottofasi "n" uguali, consistenti in  
15 unità elementari, essendoci un'unità centrale (14) di controllo e comando che analizza ogni sottofase "n", o multiplo di "n", e sulla base di tale analisi, applica un algoritmo che genera un riferimento di corrente (feed forward) affinché posizione, velocità ed accelerazione  
20 dell'organo meccanico (13) risultino coerenti con quelle di riferimento.

2. Procedimento come alla rivendicazione 1 **caratterizzato dal fatto** l'unità centrale (14) di controllo e comando analizza ogni sottofase "n", o multiplo di "n" sulla base  
25 dei dati che riceve anche dal mezzo di rilevamento (16).

Il mandatario  
STEFANO LIGI  
(per sé e per gli altri)  
STUDIO GLP S.r.l.  
P.le. Gavedalis, 6/2 - 33100 UDINE

3. Procedimento come alla rivendicazione 1 o 2,  
**caratterizzato dal fatto** che la sottofase "n" è una unità  
elementare angolare collegata al ciclo reale o fittizio  
(entità matematica) la cui sommatoria copre il ciclo.

5 4. Procedimento come alla rivendicazione 1,  
**caratterizzato dal fatto che** la sottofase "n" è un'unità  
elementare di tempo la cui sommatoria dà il tempo ciclo.

5. Procedimento come alla rivendicazione 1,  
**caratterizzato dal fatto che** la sottofase "n" è un'unità  
10 elementare dell'angolo giro dell'organo meccanico (13).

6. Procedimento come ad una o l'altra delle  
rivendicazioni precedenti **caratterizzato dal fatto che**  
detto algoritmo è predisposto per spedire a detto motore  
elettrico (12) un riferimento determinato di corrente in  
15 corrispondenza ad ogni sottofase "n", o multiplo di "n",  
per mantenere detto organo meccanico (13) coerente con la  
dinamica di riferimento, detto riferimento di corrente  
essendo definito come:

$$IC = f(A, B)$$

20 in cui:

IC = è riferimento di corrente.

A = un apporto di corrente.

B = è la sottofase "n" all'interno del ciclo.

7. Procedimento come alla rivendicazione 6  
25 **caratterizzato dal fatto che** detto algoritmo è

Il mandatario  
STEFANO LIGI  
(per sé e per gli altri)  
STUDIO GLP S.r.l.  
P.le Cavallotti, 6/2 - 33100 UDINE

implementato con almeno uno dei fattori C e/o D e/o E e/o F in cui:

C = è la velocità puntuale che dovrebbe avere l'organo meccanico.

5 D = è la derivata della velocità che dovrebbe avere l'organo meccanico.

E = Inerzia istantanea dell'organo meccanico.

F = è la derivata seconda della velocità che dovrebbe avere l'organo meccanico in relazione alla cadenza del  
10 ciclo che può essere variabile.

8. Procedimento come nella rivendicazione 6 o 7, **caratterizzato dal fatto che** prevede la gestione del fattore A memorizzato puntualmente durante una procedura di autoapprendimento la quale verifica la posizione nel  
15 ciclo (sottofase "n", o multipli di "n") e la cadenza del ciclo stesso, memorizzando i valori A in una tabella relativa.

9. Procedimento come nella rivendicazione 7, **caratterizzato dal fatto che** prevede la gestione del  
20 fattore E, che può essere variabile e/o memorizzato durante una procedura di autoapprendimento, la quale verifica la posizione nel ciclo e la cadenza del ciclo stesso, memorizzando i valori E in una tabella relativa.

10. Procedimento come ad una o l'altra delle  
25 rivendicazioni da 6 a 9, **caratterizzato dal fatto che** il

fattore A viene corretto da detto algoritmo anche in relazione alla deriva termica.

11. Procedimento come nelle rivendicazioni 7, 9 o 10, **caratterizzato dal fatto che** almeno uno dei fattori C, D ed E ed F vengono corretti da detto algoritmo anche in relazione alla deriva termica.

12. Procedimento come ad una o l'altra delle rivendicazioni da 1 a 11, **caratterizzata dal fatto che** ad ogni sottofase "n", o multiplo di "n", viene spedito un riferimento di velocità (feed forward di velocità).

13. Procedimento come ad una o l'altra delle rivendicazioni da 1 a 11, **caratterizzata dal fatto che** ad ogni sottofase "n", o multiplo di "n", viene spedito un riferimento di velocità.

14. Procedimento come ad una o l'altra delle rivendicazioni da 1 a 11, **caratterizzata dal fatto che** ad ogni sottofase "n", o multiplo di "n", viene spedito un riferimento di posizione.

15. Procedimento come ad una o l'altra delle rivendicazioni da 1 a 11, **caratterizzata dal fatto che** ad ogni sottofase "n", o multiplo di "n", viene spedita la modifica del guadagno del loop di controllo.

16. Sistema assoggettato al controllo e comando del motore elettrico (12) facente parte di un gruppo operativo (11), essendo presente un mezzo di rilevamento

Il mandatario

**STEFANO LIGI**

(per sé e per gli altri)

**STUDIO GLP S.r.l.**

P.le Cavedalis, 6/2 - 33100 UDINE

della posizione (16), detto albero (15) azionando un organo meccanico (13) attraverso un moto diretto, detto gruppo operativo (11) essendo deputato a svolgere cicli di lavoro coinvolgenti un angolo giro dell'albero motore (15) del motore elettrico (12) ovvero frazioni di angolo giro che sono sottomultiple dell'angolo giro completo, **caratterizzato dal fatto che** comprende un'unità centrale (14) di controllo e comando in cui è presente il programma di funzionamento del gruppo operativo (11) per svolgere un ciclo, detto programma prevedendo che il ciclo sia suddiviso in sottofasi "n" uguali, consistenti in unità elementari, che il programma gestisce individualmente, o quali multipli, anche acquisendo dati dal mezzo di rilevamento della posizione (16), e leggendo da dati costanti o da tabelle auto apprese in funzione della specifica sottofase "n", o multiplo di "n" e della cadenza del ciclo, applicando un algoritmo per ottenere il riferimento di corrente necessario a garantire che l'organo meccanico (13) sia coerente alla dinamica richiesta.

p. GIMA S.p.A.

GP/FRS 13.10.2011

Il mandatarario  
STEFANO LIGI  
(per sé e per gli altri)  
STUDIO GLP S.r.l.  
P.le Cavendish, 6/2 - 33100 UDINE

CLAIMS

1. Method to control the electric motor of an automation unit, there being present a mean to detect the position (16), said electric motor (12) driving a mechanical member (13) through a direct motion, direct motion also being taken to mean automation units having a reduction ratio up to around 10, or in which the inertia of the motor can reach up to around 100 times less than the inertia of the driven part, electric motor (12) and mechanical member (13) making up an operating unit (11) suitable to carry out one or more finite operating cycles, **characterized in that** every finite operating cycle is subdivided into "n" equal sub-phases, consisting of elementary units, there being a central control and command unit (14) which analyzes every sub-phase "n" or multiple of "n", and on the basis of said analysis, applies an algorithm which generates a current reference (feed forward) so that position, speed and acceleration of the mechanical member (13) are coherent with the reference position, speed and acceleration.

2. Method as in claim 1, **characterized in that** the central control and command unit (14) analyzes every sub-phase "n", or multiple of "n" on the basis of the data it also receives from the detection mean (16).

3.Method as in claim 1 or 2, **characterized in that** the sub-phase "n" is an angular elementary unit connected to the real or fictitious cycle (mathematical entity), the sum of which covers the cycle.

5 4.Method as in claim 1, **characterized in that** the sub-phase "n" is an elementary unit of time, the sum of which gives the cycle time.

5.Method as in claim 1, **characterized in that** the sub-phase "n" is an elementary unit of the round angle of  
10 the mechanical member (13).

6.Method as in any claim hereinbefore, **characterized in that** said algorithm is suitable to send to said electric motor (12) a determinate current reference in correspondence with every sub-phase "n", or multiple of  
15 "n", so as to maintain said mechanical member (13) coherent with the reference dynamics, said current reference being defined as:

$$IC = f(A, B)$$

where

20 IC = is the current reference.

A = is a current contribution.

B = is the sub-phase "n" inside the cycle.

7.Method as in claim 6, **characterized in that** said algorithm is implemented with at least one of the  
25 factors C and/or D and/or E and/or F where:



C = is the point-by-point speed which the drive shaft should have.

D = is the derivative of the speed which the drive shaft should have.

5 E = instantaneous inertia of the mechanical member.

F = is the second derivative of the speed which the drive shaft should have in relation to the cadence of the cycle which can be variable.

8. Method as in any claim 6 or 7, **characterized in that**  
10 it provides to manage factor A, memorized point-by-point during a self-learning procedure which verifies the position in the cycle (sub-phase "n", or multiples of "n") and the cadence of the cycle itself, memorizing the values A in a relative table.

15 9. Method as in any claim 7, **characterized in that** it provides to manage factor E, which can be variable and/or memorized during a self-learning procedure, which verifies the position in the cycle and the cadence of the cycle itself, memorizing the values E in  
20 a relative table.

10. Method as in any claim from 6 to 9, **characterized in that** factor A is corrected by said algorithm also in relation to the thermal drift.

11. Method as in any claim 7, 9 or 10, **characterized in**  
25 **that** at least one of the factors C, D and E and F are

corrected by said algorithm also in relation to the thermal drift.

12. Method as in any claim from 1 to 11, **characterized in that** with every sub-phase "n", or multiple of "n", a speed reference is sent (speed feed forward).

13. Method as in any claim from 1 to 11, **characterized in that** with every sub-phase "n", or multiple of "n", a speed reference is sent.

14. Method as in any claim from 1 to 11, **characterized in that** with every sub-phase "n", or multiple of "n", a position reference is sent.

15. Method as in any claim from 1 to 11, **characterized in that** with every sub-phase "n", or multiple of "n", the modification of the control loop gain is sent.

16. System subject to the control and command of the electric motor (12) that is part of an operating unit (11), there being present a mean to detect the position (16), said shaft (15) driving a mechanical member (13) through a direct motion, said operating unit (11) being delegated to carry out work cycles involving a round angle of the drive shaft (15) of the electric motor (12) or fractions of the round angle which are sub-multiples of the complete round angle, **characterized in that** it comprises a central control and command unit (14) in which there is the functioning program of the

operating unit (11) to carry out a cycle, said program providing that the cycle is subdivided into "n" equal sub-phases, consisting of elementary units, which the program manages individually, or as multiples, also  
5 acquiring data from the position detection mean (16), and reading from constant data or from tables self-learned as a function of the specific sub-phase "n", or multiple of "n", and the cadence of the cycle, applying an algorithm in order to obtain the current reference  
10 needed to guarantee that the mechanical member (13) is coherent with the dynamics required.

1/3

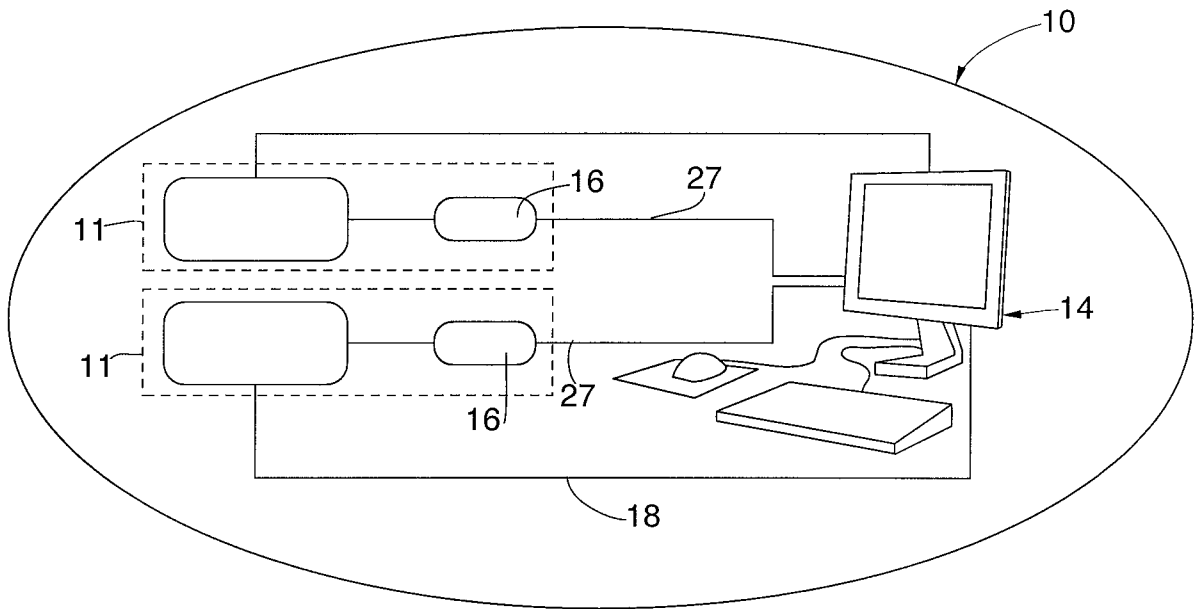


fig.1

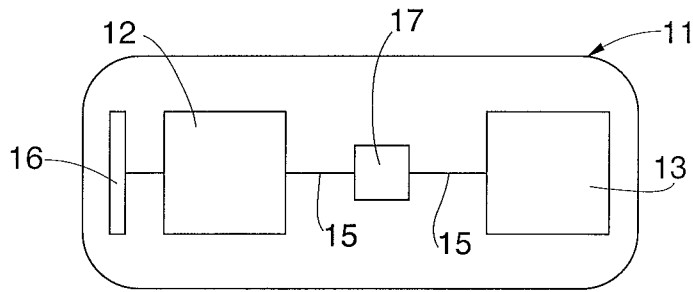


fig.2

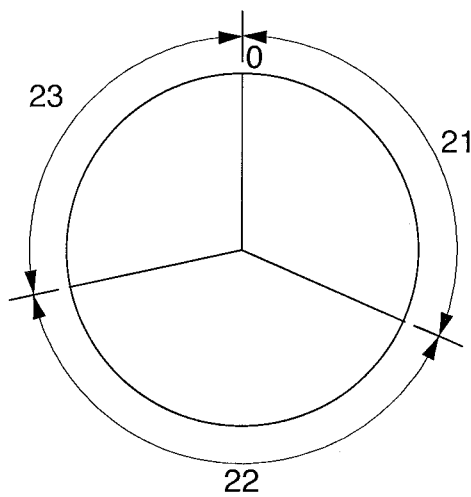


fig.3

2/3

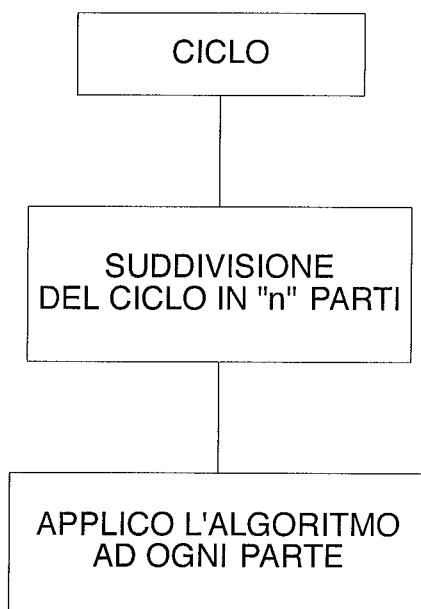


fig.4

Il mandatario  
STEFANO LIGI  
(per sé e per gli altri)  
STUDIO GLP S.r.l.  
P.le Cavedalis, 6/2 - 33100 UDINE

3/3

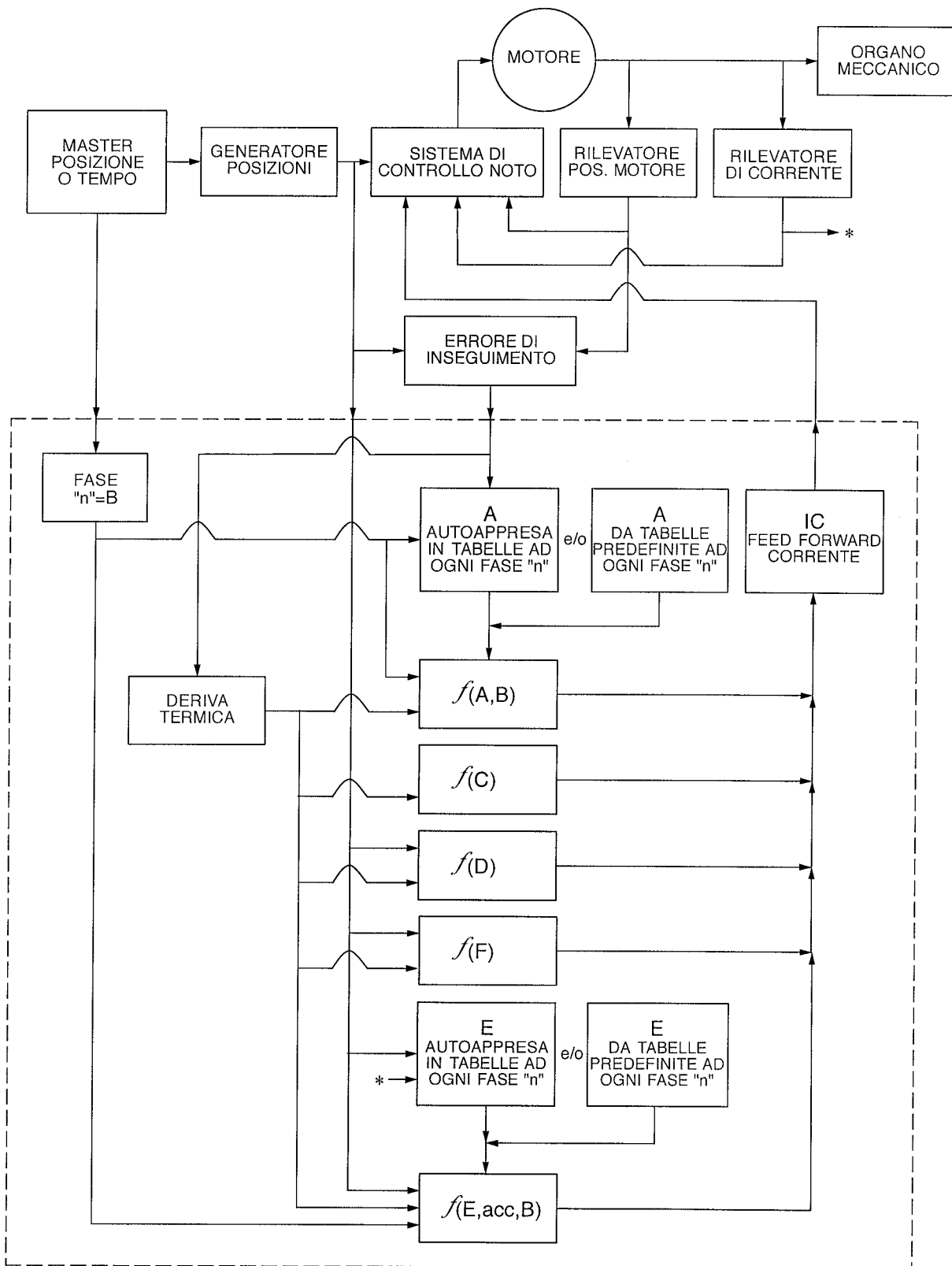


fig.5