



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

DOMANDA NUMERO	102006901452368
Data Deposito	28/09/2006
Data Pubblicazione	28/03/2008

Priorità	PA200501361
Nazione Priorità	DK
Data Deposito Priorità	

Priorità	PA 2005 01361
Nazione Priorità	
Data Deposito Priorità	

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	02	P		

Titolo

METODO E SISTEMA DI CONTROLLO PER L'AVVIAMENTO DI UN MOTORE ATTO AD
AZIONARE UN COMPRESSORE.

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo: 05 01 956 045 PJ/LS

"Metodo e sistema di controllo per l'avviamento di
un motore atto ad azionare un compressore"

di: Danfoss Compressors GmbH,

Inventori designati: PEDERSEN Niels, THOMSEN Rune

Depositata il: 28 settembre 2006

DESCRIZIONE

CAMPO DELL'INVENZIONE

La presente invenzione si riferisce ad un metodo e ad un sistema di controllo per l'avviamento di un motore ad esempio un motore per azionare un compressore. Più particolarmente la presente invenzione riguarda un metodo ed un sistema di controllo per avviare un tale motore in modo tale da proteggere il compressore in particolare garantendo una sufficiente lubrificazione alle parti in movimento del compressore.

SFONDO DELL'INVENZIONE

Quando si avvia un motore è spesso conveniente ridurre la corrente alimentata al motore per risparmiare potenza. Ciò si verifica ad esempio quando la sorgente di potenza applicata è una sorgente limitata come una batteria o un

pannello solare. Tuttavia vi possono anche essere altre situazioni nelle quali è conveniente risparmiare potenza.

Tuttavia, quando la corrente fornita al motore si riduce, diminuisce la velocità di rotazione del motore. In alcuni motori come quelli impiegati per azionare un compressore la lubrificazione delle parti in movimento viene garantita aspirando olio e spingendolo per mezzo del compressore in modo da alimentarlo a tutte le parti in movimento. Nel caso in cui la velocità di rotazione del motore è inferiore ad un limite critico le parti in movimento del compressore non vengono lubrificate sufficientemente in questo modo e il compressore di conseguenza si può eventualmente rompere se il motore continua a funzionare alla bassa velocità di rotazione. Per proteggere il compressore, è quindi importante che la velocità di rotazione del motore venga aumentata fino ad un livello superiore al limite critico con una relativa velocità durante l'operazione di avviamento. Ciò si può garantire semplicemente alimentando una corrente con un livello sufficientemente elevato. Tuttavia, questo contrasta con la volontà di risparmiare potenza.

SOMMARIO DELL'INVENZIONE

Uno scopo della presente invenzione è quindi quello di fornire un metodo per avviare un motore in modo da risparmiare potenza.

Un altro scopo dell'invenzione è quello di fornire un metodo per avviare un motore per l'azionamento di un compressore in modo da proteggere il compressore.

Un ulteriore scopo dell'invenzione è quello di fornire un sistema di controllo per avviare un motore per l'azionamento di un compressore, mentre il sistema di controllo è in grado di risparmiare potenza proteggendo il compressore.

Secondo un primo aspetto dell'invenzione lo scopo precedente ed altri scopi vengono soddisfatti fornendo un metodo per l'avviamento di un motore il quale comprende le seguenti operazioni:

1. collegamento di una sorgente di potenza a terminali di ingresso di un'unità elettronica che regola il motore in modo così da fornire una corrente all'unità elettronica dalla sorgente di potenza e l'unità elettronica garantisce che la corrente fornita non superi un livello massimo di corrente I_{\max}

- prestabilito,
2. misura almeno praticamente in modo continuo di una velocità di rotazione Ω_{motor} del motore e confronto di Ω_{motor} con una velocità minima di rotazione Ω_{min} prestabilita,
 3. nel caso in cui Ω_{motor} sia inferiore a Ω_{min} dopo che è passato un intervallo di tempo prestabilito si arresta il motore,
 4. variazione del livello massimo di corrente prestabilito I_{max} da fornire da parte della sorgente di potenza al circuito elettrico, e
 5. ripetizione delle operazioni 1-4 sino a che si ottiene che $\Omega_{\text{motor}} \geq \Omega_{\text{min}}$.

L'unità elettronica garantisce che la corrente fornita non superi una corrente massima prestabilita I_{max} . I_{max} costituisce normalmente un limite imposto dall'unità elettronica come la corrente massima che può venire prelevata dalla sorgente di potenza durante l'attuale tentativo di avviamento oppure come la corrente massima che può venire alimentata al motore dall'unità elettronica. Tuttavia, occorre notare che la sorgente di potenza ha un limite di corrente superiore che definisce la corrente massima

possibile che si può prelevare dalla sorgente di potenza. Quindi l'operazione 4 non si dovrebbe effettuare in modo tale da permette a I_{max} di superare questo limite superiore di corrente. Tuttavia se I_{max} è inferiore al limite di corrente superiore si può molto bene effettuare l'operazione 4 aumentando I_{max} . Questo verrà descritto ulteriormente nel seguito.

La velocità di rotazione Ω_{motor} del motore viene misurata di preferenza utilizzando un microcontroller. Di preferenza ciò si effettua rilevando i passaggi per lo zero della forza elettromotrice generata dal motore quando questo è in movimento. La durata del periodo di tempo che è passato tra due di questi passaggi per lo zero viene alimentata al microcontroller e memorizzata all'interno di esso. Conoscendo il numero degli attraversamenti dello zero che corrispondono ad un singolo giro del motore diventa possibile calcolare la velocità di rotazione del motore sommando le lunghezze del corrispondente numero di intervalli di tempo ottenendo così un tempo medio per un singolo giro del motore.

La velocità di rotazione Ω_{motor} del motore viene confrontata con una velocità minima di

rotazione prestabilita Ω_{\min} . Ciò si effettua normalmente per mezzo di un microcontroller.

Nel caso in cui Ω_{motor} sia inferiore a Ω_{\min} dopo che è passato un intervallo di tempo prestabilito il motore viene arrestato. L'intervallo di tempo prestabilito si dovrebbe scegliere in modo tale da dare tempo al motore di accelerare. D'altra parte l'intervallo di tempo prestabilito non dovrebbe essere così lungo per cui vi sia il rischio di provocare danni al motore e/o ad un compressore azionato dal motore a causa di una velocità di rotazione troppo bassa come è stato indicato in precedenza. L'intervallo di tempo prestabilito può essere dell'ordine di un paio di secondi come nel caso di un intervallo di tempo compreso tra 0,5 secondi e 5 secondi oppure entro un intervallo di tempo compreso tra 1 secondo e 3 secondi. Prima di avviare un nuovo tentativo di avviamento del motore il livello massimo di corrente prestabilita I_{\max} si modifica al fine di aumentare la probabilità di un corretto avviamento durante il tentativo successivo. Normalmente I_{\max} viene aumentato per aumentare la velocità di rotazione del motore. Tuttavia occorre considerare adeguatamente il limite di corrente superiore della sorgente di

potenza descritto in precedenza.

Quindi secondo l'invenzione il motore si può avviare senza prelevare una corrente eccessiva dalla sorgente di potenza e quindi in modo tale per cui il motore e/o un compressore azionato dal motore sono protetti dai danni provocati da una insufficiente lubrificazione delle parti in movimento. Quindi si può risparmiare potenza senza rischiare di danneggiare il motore e/o il compressore.

I tentativi di avviamento si ripetono fino a che si ottiene che $\Omega_{\text{motor}} \geq \Omega_{\text{min}}$, ossia fino a che il motore non gira in modo corretto senza il rischio di danni al motore e/o ad un compressore azionato dal motore.

Ω_{min} può venire scelto come la velocità minima di rotazione necessaria per garantire una sufficiente lubrificazione del motore e/o di un compressore azionato dal motore. Per alcune applicazioni Ω_{min} si può convenientemente scegliere pari a circa 1850 giri al minuto.

Il metodo può comprendere inoltre le seguenti operazioni:

- misura almeno praticamente in modo continuo di una tensione di ingresso V_{input} sui terminali

- di ingresso dell'unità elettronica e confronto di V_{input} con una tensione minima prestabilita V_{min} , e
- nel caso che V_{input} diventi inferiore a V_{min} si arresta il motore,
- e nel quale metodo l'operazione 5 comprende la ripetizione delle dette operazioni e le operazioni 1-4 fino a che non si ottiene che $V_{input} \geq V_{min}$.

Secondo questa forma di esecuzione il motore viene arrestato nel caso in cui V_{input} diventi inferiore al V_{min} . Nel caso in cui la sorgente di potenza è una batteria, V_{min} si può scegliere convenientemente come la tensione minima necessaria per proteggere la batteria da un collasso. Di conseguenza in questa forma di esecuzione dell'invenzione, si può scegliere I_{max} tenendo debitamente in conto il risparmio di potenza, la protezione del motore e/o di un compressore azionato dal motore e la protezione della sorgente di potenza.

L'operazione 4 può comprendere convenientemente una riduzione di I_{max} nel caso in cui V_{input} diventi inferiore a V_{min} e un aumento di I_{max} nel caso che Ω_{motor} sia inferiore a Ω_{min} dopo

che è passato l'intervallo di tempo prestabilito. Secondo questa particolare forma di esecuzione dell'invenzione, si applicano due differenti condizioni di errore ossia, Ω_{motor} è minore di Ω_{min} dopo che è passato l'intervallo di tempo prestabilito e V_{input} diventa inferiore a V_{min} . Se si verifica una di queste situazioni il motore viene arrestato. Una volta che il motore è stato arrestato il motivo per l'arresto del motore si deve stabilire in modo da correggere l'errore. Se il motore è stato arrestato poiché Ω_{motor} era inferiore a Ω_{min} dopo che era trascorso un intervallo di tempo prestabilito, allora la corrente fornita è probabilmente insufficiente per fare accelerare il motore sino ad una velocità di rotazione accettabile. Di conseguenza I_{max} viene aumentata prima del successivo tentativo di avviare il motore. Se d'altra parte il motore viene arrestato poiché V_{input} diventa inferiore a V_{min} questo indica che una corrente troppo grande viene probabilmente prelevata dalla sorgente di potenza. Nel caso in cui la sorgente di potenza è una batteria questa situazione può provocare un collasso della batteria e per evitare ciò si riduce I_{max} prima del successivo tentativo di avviare il

motore.

Quindi in questo modo si trova il livello ottimale di I_{\max} tenendo debito conto di tutti i parametri descritti in precedenza.

La variazione del livello della massima corrente permessa I_{\max} da fornire da parte della sorgente di potenza all'unità elettronica si può effettuare modificando il livello secondo una quantità specifica ogni volta che il motore è stato arrestato. In alternativa la variazione di I_{\max} si può effettuare modificando il livello con una specifica percentuale del livello precedente, ogni volta che il motore è stato arrestato. In ogni caso si dovrebbe garantire che I_{\max} non venga modificata in modo tale da superare la corrente massima possibilità che può venire prelevata dalla sorgente di potenza nel modo descritto in precedenza.

Si potrebbe prevedere una situazione nella quale non è possibile trovare un livello di corrente tale da garantire una sufficiente lubrificazione delle parti in movimento del compressore proteggendo la sorgente di potenza. Per evitare una serie continua di tentativi di avviamento in questo caso il metodo può

comprendere l'operazione di arresto del processo dopo un numero massimo specifico di tentativi privi di successo ad esempio 5-7 tentativi. Successivamente un messaggio di errore ad esempio sotto forma di una spia che si accende, di una luce lampeggiante o di un messaggio con un testo trasmettiti ad un personal computer si possono produrre in modo da attirare l'attenzione di un operatore su questo problema. L'operatore allora può cercare il motivo di questo problema e possibilmente risolverlo. Il problema può ad esempio essere dovuto ad una batteria troppo bassa, ad un cattivo cablaggio etc.

Il metodo può comprendere anche l'operazione consistente nell'attendere che sia trascorso un intervallo di tempo prescritto dopo che il motore è stato arrestato e prima di ripetere le operazioni 1-4. Questo può permettere ai componenti del circuito elettronico di raffreddarsi nel caso in cui uno o più componenti abbiano raggiunto una temperatura così elevata da non permettere di eseguire un corretto avviamento del motore. In alternativa o in aggiunta nel caso in cui la sorgente di potenza è una batteria l'intervallo di tempo prescritto può venire scelto in modo tale

per cui la tensione di uscita della batteria può aumentare in modo sufficiente per garantire di poter effettuare un nuovo tentativo di avviamento del motore con una ragionevole probabilità di successo.

in base ad un secondo aspetto l'invenzione lo scopo di cui sopra ed altri scopi vengono raggiunti fornendo un sistema di controllo per comandare l'avviamento del motore il quale sistema comprende quanto segue:

- mezzi per misurare almeno praticamente in modo continuo una velocità di rotazione Ω_{motor} del motore,
- mezzi per confrontare Ω_{motor} con una velocità di rotazione minima prestabilita Ω_{min} ,
- mezzi per generare un segnale di arresto del motore in risposta ad una uscita dei mezzi di confronto e nel caso in cui Ω_{motor} sia inferiore a Ω_{min} dopo che è passato un intervallo di tempo prestabilito arrestando il motore, e
- mezzi per controllare il massimo livello di corrente permesso I_{max} da fornire da una sorgente di potenza ad una unità elettronica in modo da controllare il motore in risposta

al segnale di arresto.

Occorre rilevare che una persona esperta in questo settore potrà comprendere facilmente che qualsiasi caratteristica descritta in relazione al primo aspetto dell'invenzione si può anche combinare con il secondo aspetto dell'invenzione e viceversa.

I mezzi per misurare una velocità di rotazione possono essere o possono comprendere un microcontroller del tipo descritto in precedenza. I mezzi di confronto comprendono anch'essi di preferenza un microcontroller.

Il sistema di controllo può inoltre comprendere quanto segue:

- mezzi per misurare praticamente in modo continuo una tensione di ingresso V_{input} su terminali di ingresso dell'unità elettronica,
- mezzi per confrontare V_{input} con una tensione minima prestabilita V_{min} , e
- mezzi per generare un segnale di arresto del motore in risposta ad una uscita del mezzo di confronto e nel caso in cui V_{input} diventa inferiore a V_{min} arresto del motore.

I mezzi per misurare una tensione di ingresso si possono di preferenza comprendere una divisore

di rete resistivo e un convertitore A/D. Il convertitore A/D può far parte di un microcontroller. I mezzi per confrontare V_{input} con V_{min} di preferenza sono o comprendono un microncontroller però in alternativa o in aggiunta possono essere o possono comprendere una serie relativamente semplice di comparatori e di resistenze.

I mezzi per controllare il massimo livello di corrente I_{max} possono essere o possono far parte di un microcontroller.

In una forma di esecuzione la sorgente di potenza può comprendere una batteria. In questo caso il metodo e il sistema di controllo secondo l'invenzione sono in grado di controllare il livello della corrente fornita in modo tale per cui si risparmia al massimo la potenza, la batteria viene protetta e viene anche protetto il motore e/o un compressore azionato dal motore. Questa condizione è molto conveniente.

Il sistema di controllo può convenientemente far parte di un gruppo di avviamento per un motore. Il gruppo di avviamento può venire adattato in modo da essere alimentato da una batteria come descritto in precedenza. Inoltre il motore può

venire convenientemente adattato per azionare un compressore ad esempio del tipo che fa parte di un sistema di refrigerazione.

BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

L'invenzione verrà ora ulteriormente descritta con riferimento ai disegni allegati, nei quali:

la fig. 1 è uno schema di flusso che illustra un metodo per l'avviamento di un motore in conformità con una forma di esecuzione dell'invenzione,

la fig. 2 è uno schema di flusso che mostra un metodo di avviamento di un motore in conformità con un'altra forma di esecuzione dell'invenzione,

la fig. 3 è una vista schematica di un gruppo di avviamento secondo una forma di esecuzione dell'invenzione, e

la fig. 4 mostra una tensione di ingresso, corrente di un motore e una velocità di un motore in funzione del tempo durante una sequenza di avviamento di un motore.

DESCRIZIONE DETTAGLIATA DEI DISEGNI

La fig. 1 è uno schema di flusso che illustra un metodo di avviamento di un motore in conformità con una forma di esecuzione dell'invenzione.

Nell'operazione 1 una sorgente di potenza viene collegata a terminali di ingresso di un'unità elettronica che comanda il motore. Quindi una corrente viene alimentata all'unità elettronica dalla sorgente di potenza. L'unità elettronica garantisce che la corrente fornita non superi un livello massimo prestabilito di corrente I_{\max} .

Nell'operazione 2 si misura una velocità di rotazione Ω_{motor} e nell'operazione 3 si verifica se è passato o meno un intervallo di tempo prestabilito da quando la sorgente di potenza è stata collegata ai terminali di ingresso e quindi è stato iniziato il tentativo di avviare il motore. L'intervallo di tempo prestabilito viene scelto in modo da essere sufficientemente lungo per permettere un tempo ragionevole per il motore da accelerare, però sufficientemente breve per impedire che il motore continui a girare con una velocità di rotazione così bassa da non poter garantire una lubrificazione sufficiente delle parti in movimento.

Se si determina che l'intervallo di tempo prestabilito non è ancora passato il procedimento ritorna all'operazione 2. Se si determina che l'intervallo di tempo prestabilito è passato si

verifica nell'operazione 4 se Ω_{motor} è inferiore o meno ad una velocità di rotazione minima prestabilita Ω_{min} . In caso negativo il motore è in funzione in modo corretto ed è stato effettuato con esito positivo il tentativo di avviare il motore. Di conseguenza si termina il procedimento nell'operazione 5. Se d'altra parte Ω_{motor} è effettivamente inferiore a Ω_{min} la velocità di rotazione del motore è troppo bassa per garantire una lubrificazione sufficiente delle parti in movimento di un compressore azionato dal motore e quindi il motore deve venire arrestato. Ciò si effettua nell'operazione 6. Successivamente I_{max} si modifica nell'operazione 7 e il procedimento viene riportato all'operazione 1 in modo da iniziare un altro tentativo per l'avviamento del motore.

Nella maggior parte dei casi modificando I_{max} nella forma di esecuzione illustrata nello schema di flusso della fig. 1 significa aumentare I_{max} poiché il motivo per cui Ω_{motor} rimane troppo ridotta è probabilmente dovuto al fatto che viene fornita una corrente insufficiente all'unità elettronica oppure che è fortemente caricato un sistema refrigerante nel quale viene impiegato il compressore.

La fig. 2 è uno schema di flusso che illustra un metodo per l'avviamento di un motore secondo un'altra forma di esecuzione dell'invenzione. Il metodo illustrato in fig. 2 è particolarmente utile nel caso in cui la sorgente di potenza sia una batteria.

Nell'operazione 8 una sorgente di potenza viene collegata a terminali di ingresso di una unità elettronica che comanda il motore. In questo modo viene fornita una corrente all'unità elettronica dalla sorgente di potenza. L'unità elettronica garantisce che la corrente fornita non superi un livello massimo prestabilito di corrente I_{\max} .

Nella operazione 9 si misura una velocità di rotazione Ω_{motor} e nella operazione 10 si verifica se è passato o meno un intervallo di tempo prestabilito da quando la sorgente di potenza è stata collegata ai terminali di ingresso e quindi è stato iniziato il tentativo di avviamento del motore. Questa è una condizione molto simile a quella descritta con riferimento alla fig. 1.

Se si determina che l'intervallo di tempo prestabilito non è ancora trascorso si misura una tensione di ingresso V_{input} sui terminali di

ingresso dell'unità elettronica nell'operazione 11 e nell'operazione 12 si verifica se V_{input} è o meno inferiore ad una tensione minima prestabilita V_{min} . In caso negativo si verifica nella operazione 13 se Ω_{motor} è inferiore o meno a Ω_{min} . In caso negativo si determina che il tentativo di avviamento del motore ha avuto esito positivo e il procedimento viene di conseguenza terminato nella operazione 14. Se d'altra parte si determina che Ω_{motor} in effetti è inferiore di Ω_{min} il procedimento viene riportato all'operazione 10 al fine di verificare se è passato o meno l'intervallo di tempo prestabilito.

Se si determina nell'operazione 12 che V_{input} è inferiore a V_{min} quando una corrente troppo grande viene prelevata dalla sorgente di potenza si deve quindi arrestare il motore per proteggere la sorgente di potenza. Questo si esegue nella operazione 15. Successivamente I_{max} viene modificata nella operazione 16 e il procedimento viene riportato nella operazione 8 al fine di iniziare un altro tentativo di avviamento del motore.

Se si determina nella operazione 10 che l'intervallo di tempo prestabilito è trascorso,

si verifica nella operazione 17 se Ω_{motor} è minore o meno di Ω_{min} . In caso negativo il procedimento prosegue nell'operazione 11 nella quale si misura V_{input} nel modo descritto in precedenza. Se d'altra parte Ω_{motor} in effetti è inferiore a Ω_{min} la velocità di rotazione del motore è troppo bassa per garantire una lubrificazione sufficiente delle parti in movimento di un compressore azionato dal motore e di conseguenza il motore deve venire arrestato. Ciò si effettua nella operazione 15, e I_{max} viene successivamente modificato nella operazione 16, e il procedimento viene riportato nella operazione 8 per iniziare un altro tentativo di avviamento del motore.

La variazione di I_{max} nella operazione 16 viene eseguita di preferenza in modo tale, per cui nel caso in cui il motore fosse stato arrestato prima che V_{input} fosse inferiore a V_{min} allora I_{max} viene di preferenza ridotta per il fatto che questo errore è probabilmente dovuto ad una corrente eccessiva che viene prelevata dalla sorgente di potenza (ad esempio una batteria). Se d'altra parte il motore era stato arrestato poiché Ω_{motor} era inferiore a Ω_{mi} dopo che era trascorso l'intervallo di tempo prestabilito allora I_{max}

viene preferibilmente aumentato per il fatto che questo errore probabilmente è dovuto alla corrente che viene alimentata in modo insufficiente per permettere una velocità di rotazione sufficientemente elevata per garantire una lubrificazione delle parti in movimento di un compressore azionato dal motore.

Quindi secondo il procedimento illustrato nello schema di flusso della fig. 2, I_{\max} si può scegliere in modo tale per cui un livello di corrente sufficiente viene fornito in modo a garantire una corretta lubrificazione delle parti in movimento del compressore azionato dal motore, però non superiore a questa. Si può quindi debitamente considerare la protezione del compressore, la conservazione della potenza e la protezione di una sorgente ridotta di potenza ad esempio una batteria quasi scarica.

La fig. 3 è un vista schematica di un gruppo di avviamento secondo una forma di esecuzione dell'invenzione. Il gruppo di avviamento comprende una sorgente di alimentazione di potenza 18 collegata ad un motore 19 tramite cavi 20 e un'unità elettronica 21. Il motore 19 viene preferibilmente collegato ad un compressore (non

illustrato).

Durante un allineamento (posizionamento) e una accelerazione del motore 19 una corrente relativamente grande I_{in} viene prelevata dalla alimentazione di potenza 18. La corrente di ingresso può produrre una caduta di tensione V_{wirer} relativamente grande nei cavi 20 nel caso che siano impiegati cavi dimensionati in modo errato, a causa dell'impedenza Z_{wirer} introdotta dai cavi 20. La corrente elevata può avere l'effetto secondo il quale la tensione V_{input} attraverso l'unità elettronica 21 scende al di sotto di un livello minimo di tensione il quale viene scelto per proteggere l'alimentazione di potenza 18. Quindi quando ciò si verifica si deve arrestare il motore 19.

Inoltre durante un allineamento (posizionamento) del motore 19 la corrente I_{motor} fornita al motore 19 viene fissata da un controller e dal circuito elettrico 21. Un valore fisso di I_{motor} provoca una corrente di ingresso fissa I_{in} prelevata dall'alimentazione di potenza 18. Durante l'allineamento la velocità di rotazione del motore 19 dovrebbe essere superiore ad un determinato livello e ciò si dovrebbe ottenere

entro un determinato intervallo di tempo. E' molto importante che il limite di velocità venga raggiunto entro l'intervallo di tempo e di preferenza con la massima rapidità possibile per il fatto che la lubrificazione delle parti in movimento di un compressore azionato dal motore non è efficace quando il motore gira con una bassa velocità di rotazione. Si può ottenere una grande coppia di avviamento soltanto con una corrente del motore I_{motor} relativamente elevata, in conformità con la seguente equazione del movimento:

$$T_{motor} = k_r \cdot I_{motor} = T_{load} + J \cdot \frac{d\omega_{motor}}{dt} \Rightarrow \frac{d\omega_{motor}}{dt} = \frac{k_r \cdot I_{motor} - T_{load}}{J},$$

nella quale

- T_{motor} è la coppia prodotta dal motore,
- K_T è la costante della coppia del motore,
- I_{motor} è la corrente del motore,
- T_{load} è la coppia di carico del compressore,
- J è l'inerzia del sistema, e
- ω_{motor} è la velocità di rotazione del motore.

In pratica questo significa che due condizioni possono potenzialmente impedire che il motore venga avviato con esito positivo:

- Grandi cadute di tensione nei cavi 20 a causa del prelievo di una grande corrente del motore I_{motor} , con riduzione della tensione nel circuito elettronico 21 V_{input} per cui a seguito di una caduta al di sotto del livello minimo di tensione ciò comporta il rischio di danneggiare la sorgente di potenza 18. Questo è particolarmente importante se la sorgente di potenza 18 è un batteria.
- Un basso livello di corrente I_{motor} del motore che produce una ridotta coppia del motore e quindi comporta una scarsa accelerazione del motore 19. Di conseguenza non è possibile raggiungere il livello di velocità minima di rotazione nell'ambito dell'intervallo di tempo stabilito e quindi vi è il rischio che le parti in movimento di un compressore azionato dal motore 19 non vengano lubrificate a sufficienza e che quindi questo possa danneggiare il compressore.

La fig. 4 mostra la tensione di ingresso 22, la corrente 23 e la velocità 24 del motore in funzione del tempo durante una sequenza di avviamento di un motore. La corrente 23 può essere una corrente di ingresso fornita dalla sorgente di

potenza all'unità elettronica oppure può essere una corrente del motore fornita dall'unità elettronica al motore.

Inizialmente, una alimentazione di potenza viene collegata ad un motore. Il massimo livello di corrente I_{\max} che si può alimentare dalla sorgente di potenza o viene fornito al motore viene impostato ad un livello relativamente elevato. Di conseguenza si cerca di avviare il motore. Durante questo tentativo, si controlla la tensione di ingresso 22 così come la velocità 24 di del motore. Durante il primo tentativo di avviamento del motore illustrato in fig. 4 la corrente elevata produce una riduzione della tensione di ingresso 22. Nell'istante 25 la tensione di ingresso 22 raggiunge il livello minimo e il motore di conseguenza si deve arrestare in modo da proteggere l'alimentazione di potenza. Di conseguenza si riduce la corrente 23 così come la velocità 24 del motore durante il periodo di tempo successivo al tempo 25.

Prima di iniziare il tentativo successivo di avviamento del motore si riduce I_{\max} . Quindi la corrente 3 viene mantenuta ad un livello inferiore durante il tentativo successivo. Di conseguenza la

tensione di ingresso 22 si mantiene al di sopra del livello di tensione minimo. Tuttavia, il livello di corrente 23 relativamente basso comporta di conseguenza che la velocità del motore 24 non può raggiungere il livello di velocità di rotazione minima all'interno dell'intervallo di tempo prescritto. Quindi nel tempo 26 quando è passato l'intervallo di tempo prescritto la velocità 24 del motore è ancora troppo bassa e il motore di conseguenza si deve arrestare ancora una volta. Di conseguenza la corrente 23 come anche la velocità 24 del motore si riducono durante l'intervallo di tempo successivo al tempo 26.

Prima di iniziare il tentativo successivo di avviare il motore si aumenta I_{max} fino ad un livello compreso tra il livello del primo tentativo di avviamento e il livello del secondo tentativo di avviamento per il fatto che i due tentativi precedenti hanno dimostrato che il livello del primo tentativo di avviamento era troppo alto e che il livello del secondo tentativo di avviamento era troppo basso.

Come è chiaro dalla figura il livello massimo di corrente scelto per il terzo tentativo è adatto poiché si rileva che la velocità 24 del motore

raggiunge il livello di velocità minimo all'interno dell'intervallo di tempo prescritto e la tensione di ingresso 22 rimane superiore al livello di tensione minimo. Di conseguenza il motore viene avviato correttamente nel terzo tentativo. Una volta che il motore è stato accelerato fino ad un livello di velocità voluto non è più necessario limitare la corrente e di conseguenza I_{max} viene posto al valore massimo nel tempo 27.

Occorre rilevare che nel caso in cui il terzo tentativo comporta che la tensione di ingresso 22 scende al di sotto del livello di tensione minimo oppure la velocità 24 del motore è inferiore al livello di velocità minimo dopo che è passato l'intervallo di tempo prestabilito il motore naturalmente viene ancora una volta arrestato e I_{max} viene modificato di conseguenza prima di iniziare un quarto tentativo di avviare il motore.

La forma di esecuzione della fig. 4 illustra molto bene che le due condizioni per arrestare la sequenza di avviamento sono reciprocamente opposte. Un elevato livello di corrente 23 produce una grande coppia del motore ed una più rapida accelerazione del motore ma produce anche una caduta della tensione di ingresso 22 il che può

portare ad un livello inaccettabile il livello di tensione fornito al gruppo elettronico del motore. Il metodo illustrato in fig. 4 considera entrambi questi aspetti durante la sequenza di avviamento e di conseguenza si trova un livello ottimale della corrente. Ogni volta che il motore deve venire arrestato a causa di una delle condizioni descritte in precedenza I_{max} viene ridotto o aumentato in conformità con il motivo che ha provocato l'arresto del motore.

RIVENDICAZIONI

1. - Metodo di avviamento di un motore (19) il quale comprende le seguenti operazioni:

1. collegamento di una sorgente di potenza (18) ai terminali di ingresso di un'unità elettronica (21) che regola il motore (19) in modo da fornire una corrente (23) all'unità elettronica (21) dalla sorgente di potenza (18), per cui l'unità elettronica (21) garantisce che la corrente fornita (23) non superi un livello massimo di corrente prestabilito I_{max} ,
2. misura almeno praticamente continua di una velocità di rotazione ω_{motor} del motore (19) e confronto di ω_{motor} con una velocità di rotazione minima prestabilita ω_{min} ,
3. nel caso in cui ω_{motor} sia inferiore a ω_{min} dopo che è passato un intervallo di tempo prestabilito il motore (19) viene arrestato,
4. Variazione del livello massimo di corrente prestabilito I_{max} che deve venire fornito dalla sorgente di potenza (18) all'unità elettronica (21), e
5. ripetizioni delle operazioni 1-4 fino a che si ottiene che $\omega_{motor} \geq \omega_{min}$.

2. - Metodo secondo la rivendicazione 1, nel quale ω_{\min} viene scelto come la velocità di rotazione minima necessaria per garantire una sufficiente lubrificazione del motore (19) o di un compressore azionato dal motore (19).

3. - Metodo secondo la rivendicazione 1 o 2 comprendente ulteriormente le seguenti operazioni:

- misura almeno praticamente continua di una tensione di ingresso V_{input} sui terminali di ingresso dell'unità elettronica (21) e confronto di V_{input} con una tensione minima prestabilita V_{\min} , e
- nel caso in cui V_{input} diventa inferiore a V_{\min} si arresta il motore (19),

e nel quale l'operazione 5 comprende la ripetizione delle dette operazioni e delle operazioni 1-4 fino a che non si ottiene che $V_{\text{input}} \geq V_{\min}$.

4. - Metodo secondo la rivendicazione 3, nel quale l'operazione (4) comprende la riduzione di I_{\max} nel caso che V_{input} diventi inferiori a V_{\min} e l'aumento di I_{\max} nel caso che ω_{motor} sia inferiore a ω_{\min} dopo che è passato un intervallo di tempo prestabilito.

5. - Metodo secondo una qualsiasi delle

precedenti rivendicazioni, comprendente inoltre l'operazione di attendere un intervallo di tempo specifico dopo che il motore (19) è stato arrestato e prima di ripetere le operazioni 1-4.

6. - Sistema per controllare l'avviamento di un motore (19) e il sistema di controllo comprende quanto segue:

- mezzi per misurare almeno praticamente in modo continuo una velocità di rotazione ω_{motor} del motore (19),
- mezzi per confrontare ω_{motor} con una velocità di rotazione minima prestabilita ω_{min} ,
- mezzi per generare un segnale di arresto sul motore (19) in risposta ad una uscita dei mezzi di confronto e nel caso che ω_{motor} sia minore di ω_{min} dopo che è passato un intervallo di tempo prestabilito viene quindi arrestato il motore (19), e
- mezzi per regolare il livello massimo di corrente permessa I_{max} da fornire da una sorgente di potenza (18) ad una unità elettronica (21) che comanda il motore (19), in risposta al segnale di arresto.

7. - Sistema di controllo secondo la rivendicazione 6, comprendente ulteriormente:

- mezzi per misurare almeno praticamente in modo continuo una tensione di ingresso V_{input} sui terminali di ingresso dell'unità elettronica (21),
- mezzi per confrontare V_{input} con una tensione minima prestabilita V_{min} , e
- mezzi per generare un segnale di arresto del motore (19) in risposta ad una uscita del mezzo di confronto e nel caso che V_{input} diventi inferiore a V_{min} arresto successivo del motore (19).

8. - Sistema di controllo secondo la rivendicazione 6 o 7, nel quale i mezzi per controllare il massimo livello di corrente I_{max} fanno parte di un microcontroller.

9. . Sistema di controllo secondo la una qualsiasi delle rivendicazioni 6-8 nel quale la sorgente di potenza (18) comprende una batteria.

10. - Gruppo di avviamento per un motore (19) il quale comprende un sistema di controlla secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 6-9.

11. - Gruppo di avviamento secondo la rivendicazione 10, il quale viene adattato per venire azionato da una batteria.

12. - Gruppo di avviamento secondo la

rivendicazione 10 o 11, nel quale il motore (19)
viene adattato ad azionare un compressore.

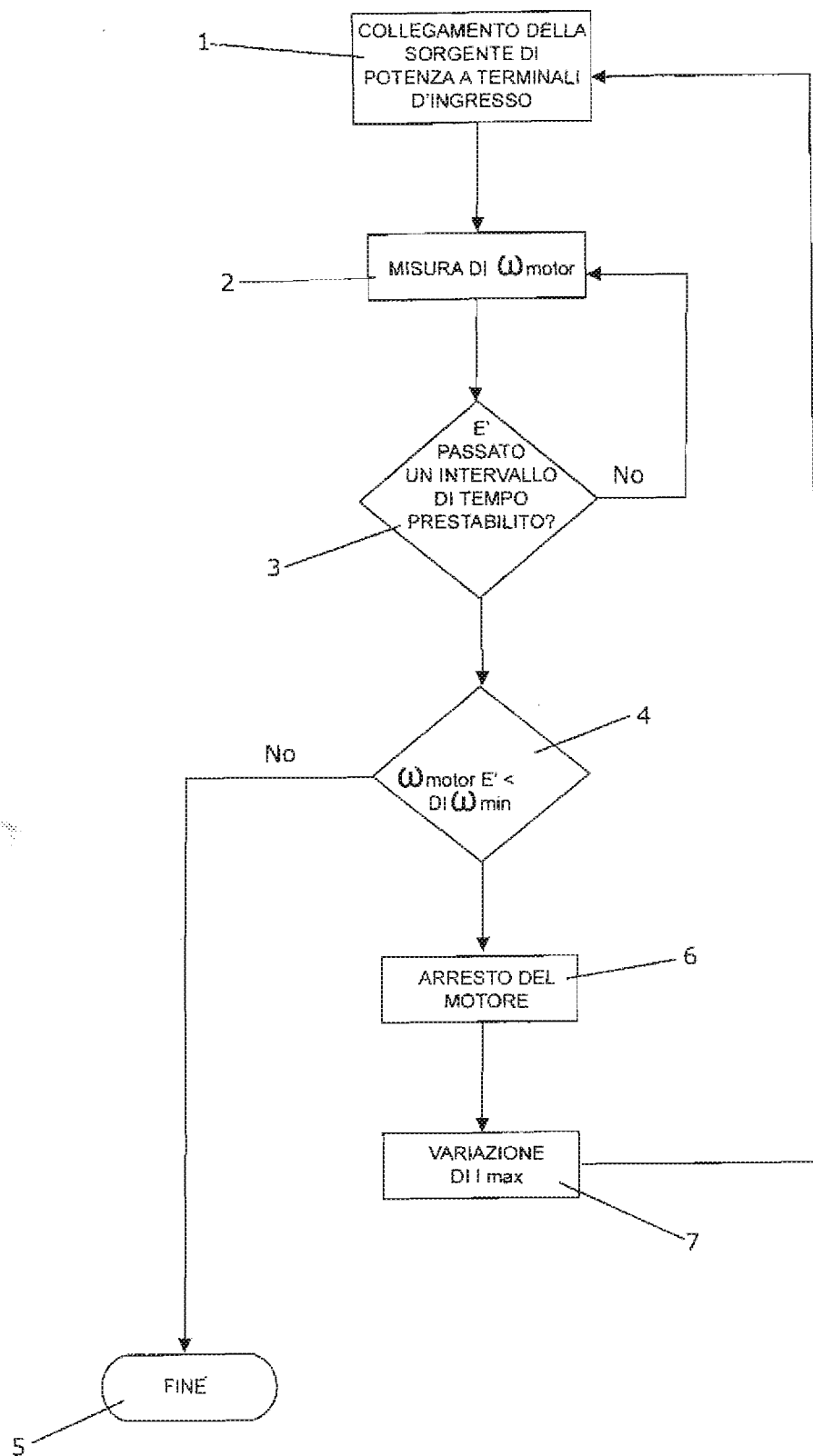


Fig. 1

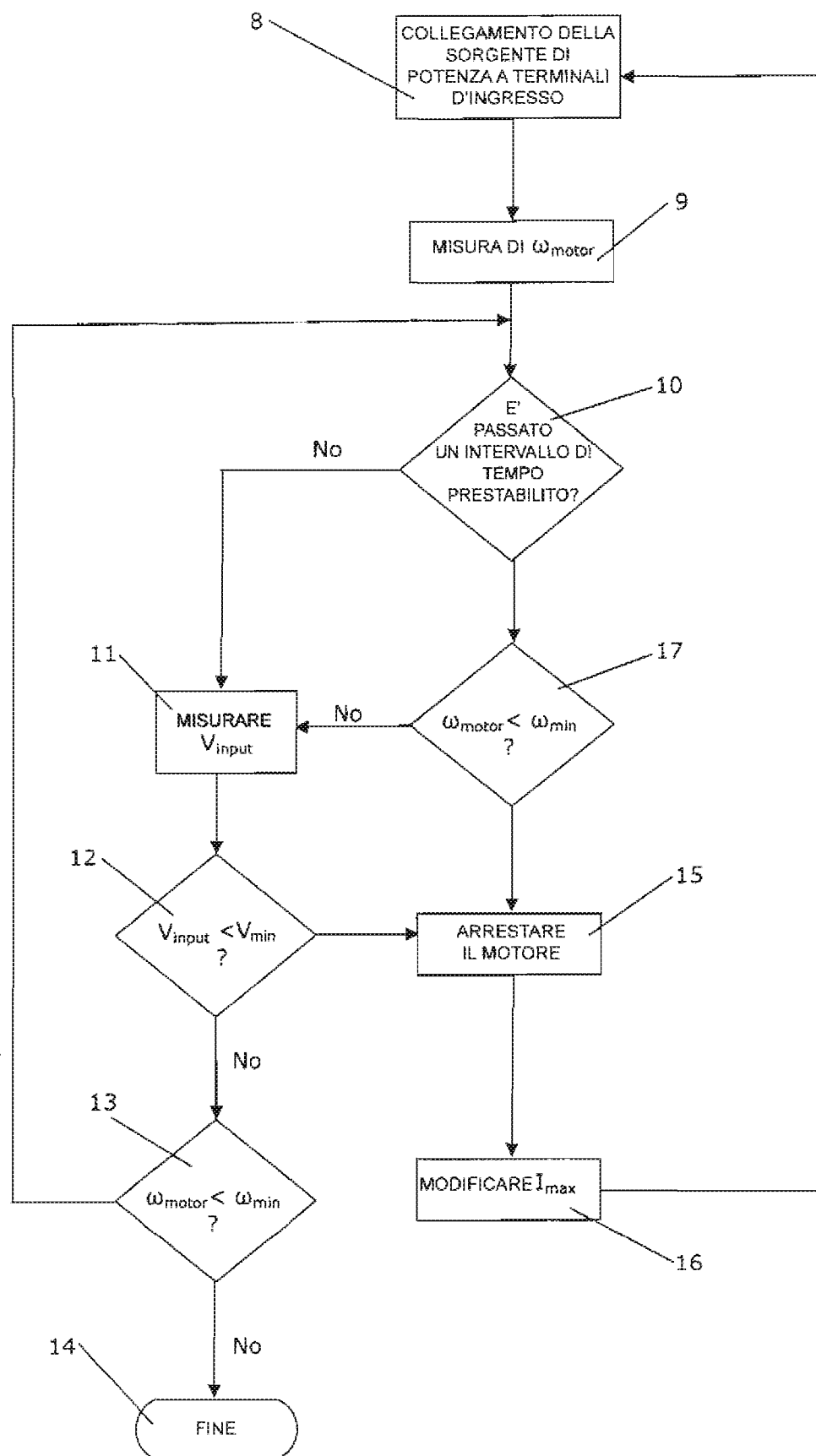


Fig. 2

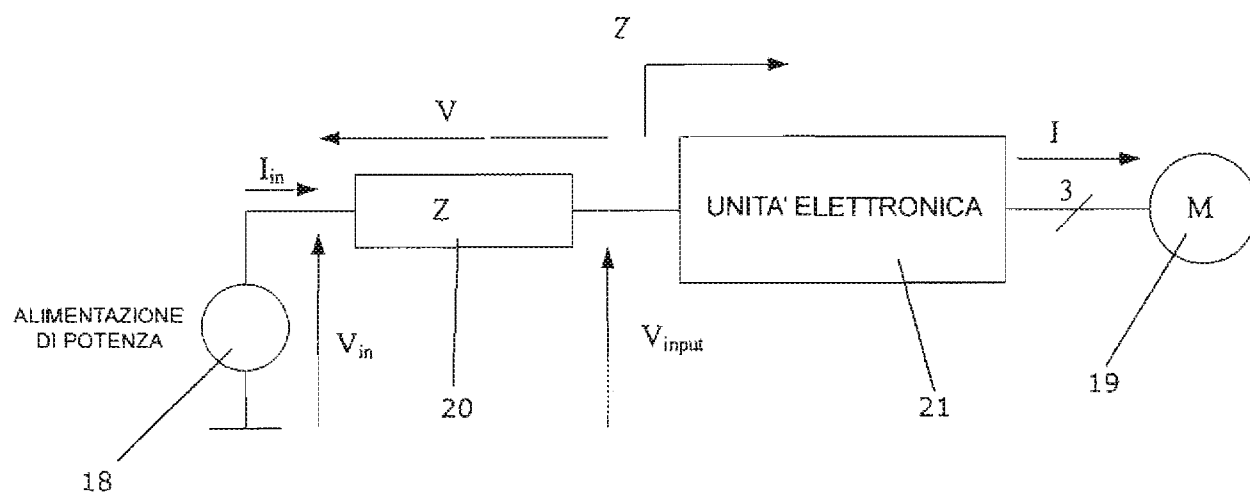


Fig. 3

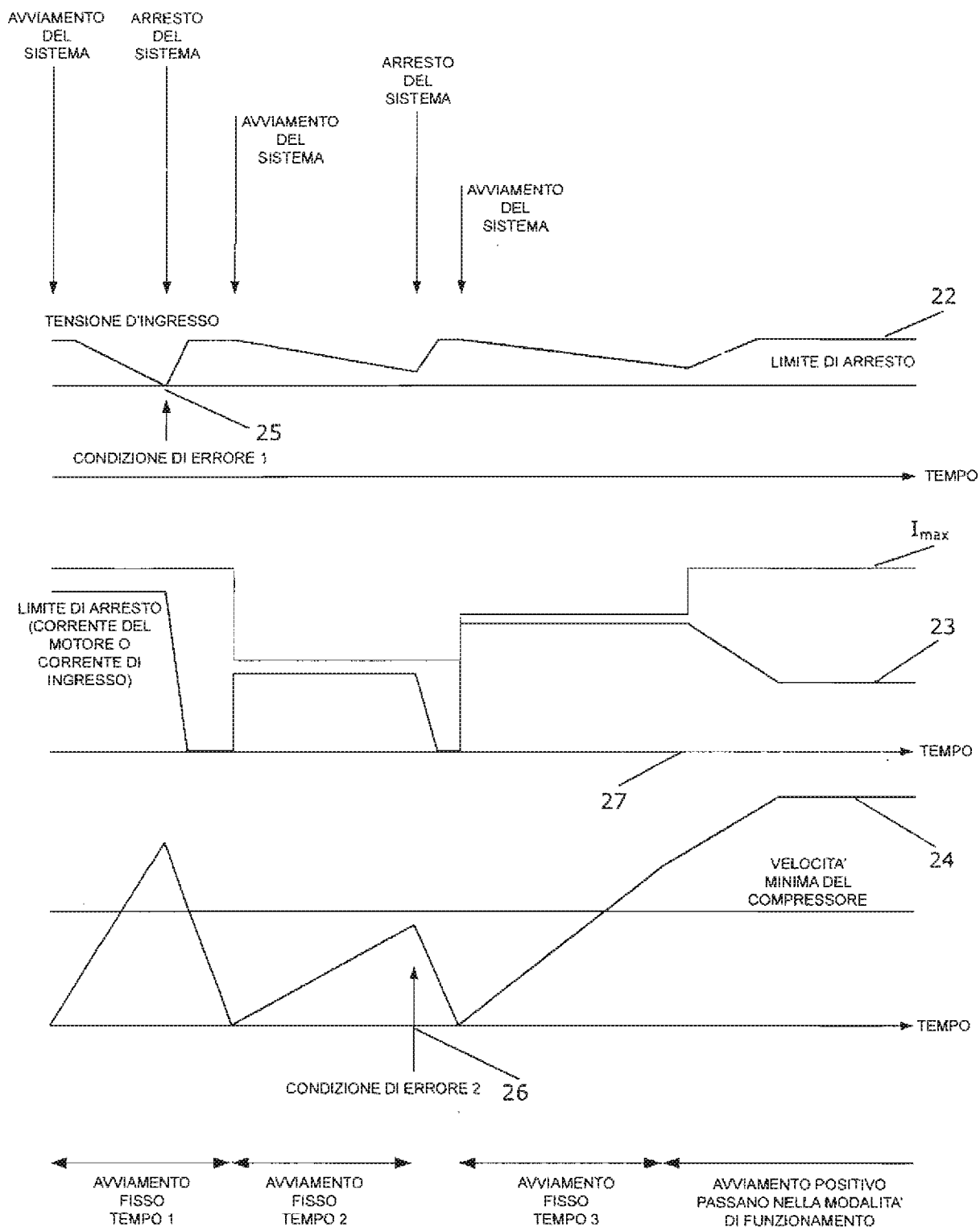


Fig. 4