

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102021000023915
Data Deposito	17/09/2021
Data Pubblicazione	17/03/2023

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	02	P	6	30

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	02	P	6	22

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	02	H	7	097

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	P	13	04

Titolo

Metodo per il controllo del senso di rotazione di una macchina a fluido e unita di elaborazione configurata per realizzare detto metodo

DESCRIZIONECampo di applicazione

La presente invenzione si riferisce, nel suo aspetto più generale, ad un metodo per il controllo del senso di rotazione di una macchina a fluido, nonché ad un'unità di elaborazione specificamente predisposta
5 per l'implementazione di detto metodo.

In maniera preferita, il metodo si rivolge al controllo di una pompa di lavaggio o ad una pompa di scarico di un elettrodomestico dotata di girante orientata, pilotata per mezzo di un motore elettrico
10 sincrono.

Il campo tecnico dell'invenzione riguarda quindi il settore delle macchine a fluido, in particolar modo delle pompe; in modo specifico, la presente invenzione trova applicazione preferita nel settore industriale degli elettrodomestici di grandi dimensioni, ad esempio per il controllo di
15 una pompa di lavaggio o di scarico in macchine lavabiancheria o lavastoviglie.

Più in generale, l'invenzione può essere applicata in tutti quei settori ove sia necessario discriminare il verso di rotazione di motori sincroni, ad esempio nel settore della ventilazione.

20 Arte nota

Motori elettrici sincroni, in particolare a magneti permanenti, sono noti nell'arte e attualmente impiegati in una pluralità di applicazioni, fra le quali l'azionamento di componenti e pompe nel settore degli elettrodomestici. Tali motori beneficiano infatti di un elevato
25 rendimento energetico e di un'ottima stabilità della velocità a regime, oltre

a costi di produzione relativamente contenuti.

D'altra parte, i motori elettrici sincroni, soprattutto di tipo monofase, presentano noti inconvenienti legati al loro avviamento. In particolare, per quello che concerne la presente invenzione, va rilevato
5 che tali macchine sono bidirezionali, ovvero possono avviarsi in maniera indifferenziata nell'uno o nell'altro verso di rotazione. Se questo non comporta un problema su elettropompe dotate di giranti a pale radiali, che garantiscono le medesime prestazioni in entrambi i versi di rotazione, è però necessario introdurre accorgimenti di natura meccanica e/o
10 elettronica laddove si vogliano utilizzare giranti a pale orientate, che presentano un'efficienza maggiore ma devono essere avviate in direzione corretta.

I dispositivi di controllo della direzione utilizzati nelle elettropompe sincrone dei grandi elettrodomestici possono utilizzare un
15 sensore di posizione, garantendo in maniera assoluta il soddisfacimento della condizione richiesta.

Sono però previsti anche dispositivi che realizzano un controllo del motore senza l'uso di un sensore di posizione, ottenendo così un costo di produzione inferiore ed evitando i rischi di guasto dell'elemento. Per
20 questa tipologia di pompe, e per alcune applicazioni con circuito idraulico ridotto e con carico basso o variabile, non sempre si ottiene un avviamento in direzione corretta. Si osserva infatti un numero residuo, indicativamente pari a circa il 2% del totale, di partenze in direzione del motore in direzione contraria a quella voluta. In questi casi, le prestazioni
25 idrauliche della pompa risultano notevolmente degradate, oltre a potersi

avere un fastidioso aumento del rumore di esercizio.

Il miglioramento della percentuale di partenze corrette, allo stato attuale delle conoscenze del settore, richiede l'utilizzo del sensore di posizione. L'elettronica di controllo non è però sempre equipaggiata con
5 detto sensore dato come, come precedentemente discusso, esso presenta un costo supplementare da tenere in considerazione.

Le considerazioni sopra esposte per le pompe di elettrodomestici si applicano in maniera analoga ad altre macchine a fluido comandate da motori sincroni che utilizzano giranti a pale
10 orientate, come ad esempio avviene nel settore della ventilazione.

Il problema tecnico alla base della presente invenzione è, pertanto, quello di escogitare un metodo per il controllo del verso di rotazione di una macchina a fluido che garantisca risultati migliori senza comportare un sensibile aggravio nei costi di produzione.

15 Sommario dell'invenzione

Il problema tecnico sopra individuato è risolto da un metodo per il controllo del senso di rotazione di una macchina a fluido con girante a pale orientate, comprendente le fasi seguenti:

avviare un motore elettrico sincrono che aziona detta macchina
20 a fluido fino al raggiungimento della condizione di sincronismo;

pilotare a regime detto motore elettrico sincrono applicando una parzializzazione di fase;

applicare una parzializzazione di fase corrispondente ad una potenza di riferimento, laddove detta potenza di riferimento è compresa
25 fra una prima potenza necessaria a mantenere la girante della macchina

a fluido in rotazione secondo un verso corretto e una seconda potenza necessaria a mantenere la girante della macchina a fluido in rotazione secondo un verso sbagliato, opposto al verso corretto.

5 In buona sostanza, la presente invenzione propone un cambio di prospettiva rispetto ai sistemi dell'arte nota, con i quali comunque può essere combinata. Se nell'arte nota si cerca infatti di garantire sempre la partenza del motore nella direzione voluta, la presente invenzione propone invece una verifica, immediatamente successiva alla partenza, dell'effettivo senso di rotazione applicato.

10 L'utilizzo della parzializzazione di fase, già prevista nei motori di questo tipo, è particolarmente vantaggioso in quanto consente di effettuare la verifica del senso di rotazione forzando, per breve periodo, la parzializzazione ad un valore predefinito.

15 Preferibilmente, la parzializzazione di fase corrispondente alla potenza di riferimento è infatti applicata per un periodo di tempo limitato, al solo scopo di verificare la corretta rotazione del motore e di provocarne, in caso contrario, la perdita di passo.

20 In particolare, la parzializzazione di fase corrispondente alla potenza di riferimento può essere una parzializzazione di fase fissa, che utilizza un angolo d'innescò di riferimento.

Tale angolo d'innescò predefinito può derivare da interpolazioni teoriche o, preferibilmente, da risultati sperimentali.

25 Si osserva che una verifica della potenza assorbita dal motore, per valutare il verso di rotazione della girante, comporterebbe l'uso di un wattmetro che non è di norma presente sulle schede di lavoro delle pompe

per elettrodomestici.

La misura della corrente di fase, anch'essa possibile, risulterebbe però meno precisa dato il range nella tensione di alimentazione e le tolleranze dei componenti che costituiscono la
5 macchina a fluido, e rischierebbe di non portare a risultati attendibili.

Preferibilmente, il motore impiegato nel metodo secondo l'invenzione è un motore elettrico sincrono monofase o bifase comandato da TRIAC.

Sempre preferibilmente, il motore sincrono impiegato è del tipo
10 a magneti permanenti.

Preferibilmente, nella fase di pilotare a regime detto motore elettrico sincrono applicando una parzializzazione di fase, l'angolo di innesco è controllato in retroazione per lavorare in una condizione energeticamente ottimale.

15 Un metodo per l'ottimizzazione della parzializzazione di fase, già descritto in altri brevetti a nome della richiedente quali ad esempio i brevetti europei concessi EP 2 410 653 ed EP 2 439 840 integrati per riferimento alla presente domanda, può prevedere ad esempio il controllo in retroazione di detto angolo d'innesco per annullare lo sfasamento fra il
20 punto medio di un pianerottolo di corrente nulla di una funzione di corrente di fase alimentata al motore elettrico e il punto di passaggio per lo zero di un segnale di forza contro elettromotrice relativo alla medesima fase.

Preferibilmente, la macchina a fluido è la pompa di lavaggio o
25 la pompa di scarico di un elettrodomestico quale una macchina

lavabiancheria o una macchina lavastoviglie. Si osserva ad ogni modo che l'invenzione può essere analogamente applicata a macchine a fluido d'altro genere, purché impieghino un motore sincrono e muovano una girante a pale orientate; ad esempio, può essere impiegata nel settore
5 della ventilazione.

Come precedentemente accennato, la fase di applicare una parzializzazione di fase corrispondente ad una potenza di riferimento porta alla perdita di passo del motore elettrico laddove la macchina a fluido ruoti in senso sbagliato; il metodo può in questo caso prevedere
10 una fase di riavvio del motore elettrico.

Il problema tecnico precedentemente individuato è altresì risolto da un'unità di elaborazione per il controllo di una macchina a fluido, detta unità di elaborazione essendo predisposta per controllare almeno un interruttore di alimentazione di un motore elettrico sincrono
15 che aziona detta macchina a fluido implementando il metodo per il controllo precedentemente descritto. In maniera di per sé nota, l'unità controlla un unico interruttore nel caso di motore elettrico monofase ma controlla due interruttori nel caso di motore elettrico bifase.

Ulteriori caratteristiche e vantaggi della presente invenzione risulteranno dalla descrizione, fatta qui di seguito, di un esempio di
20 realizzazione preferito dato a titolo indicativo e non limitativo con riferimento ai disegni allegati.

Breve descrizione dei disegni

La figura 1 rappresenta schematicamente un dispositivo
25 elettronico associato ad un gruppo motore-pompa di lavaggio, detto

dispositivo elettronico comprendente un'unità di elaborazione secondo la presente invenzione;

la figura 2 rappresenta uno schema a blocchi che illustra sommariamente le varie fasi del metodo secondo la presente invenzione;

5 la figura 3 rappresenta le curve portata-prevalenza e le curve di potenza per la pompa del gruppo motore-pompa di figura 1, sia nel caso di verso di rotazione corretto della girante a pale orientate che nel caso di verso di rotazione sbagliato;

10 la figura 4 riproduce le curve di figura 3 identificando inoltre una potenza di riferimento utilizzata nel metodo per la presente invenzione per discriminare fra rotazione diretta o rovescia della girante;

la figura 5 identifica dati sperimentali del tempo di parzializzazione in funzione della tensione di rete applicati al gruppo motore-pompa di figura 1 durante il test di verifica del senso di rotazione,
15 a confronto con curve di riferimento.

Descrizione dettagliata

Con riferimento alla figura 1 allegata è identificata con 50 una pompa di lavaggio di un elettrodomestico, in particolare di una macchina lavabiancheria o lavastoviglie (non rappresentata nelle unite figure). La
20 pompa 50, in maniera di per sé nota, consente l'invio e/o il ricircolo dell'acqua di lavaggio entro una camera di lavaggio.

La presente forma preferita di applicazione va intesa in senso esemplificativo e non esclude l'utilizzo dell'invenzione su altre macchine a fluido di diversa tipologia e/o con differente funzione.

25 La pompa 50 utilizzata nella presente invenzione presenta una

girante a pale orientate. Le giranti a pale orientate, di per sé note nel settore, presentano una curvatura delle pale rispetto al raggio della girante stessa. Si definisce così un verso preferenziale di rotazione della girante, nel senso della convessità delle pale della girante. Tale verso preferenziale garantisce prestazioni idrauliche sensibilmente migliori della girante. Nella presente domanda, si fa riferimento al verso di rotazione preferenziale come verso corretto, mentre il verso contrapposto è identificato come verso sbagliato.

La pompa 50 è azionata per mezzo di un motore elettrico 1 di tipo sincro; preferibilmente si impiega nella presente invenzione un motore sincro monofase a magnete permanente.

Un dispositivo elettronico 20, che preferibilmente assume la forma di una scheda di controllo, è associato al motore elettrico 1 ed è predisposto per pilotarlo tramite parzializzazione di fase.

Detto dispositivo elettronico 20 comprende un interruttore statico 21, nel caso specifico un interruttore TRIAC, predisposto per parzializzare la corrente fornita da una rete elettrica 22 in corrente alternata e diretta agli avvolgimenti di alimentazione del motore elettrico 1.

L'interruttore TRIAC 21 è collegato ad un'uscita 33 di un'unità di elaborazione 30, che preferibilmente assume la forma di microprocessore.

Il dispositivo elettronico 20 può presentare una porzione di sincronizzazione con la rete 35 che invia all'unità di elaborazione 30 un segnale di sincronismo di rete 25; il controllo dell'uscita 33 può essere

sincronizzato con detto segnale di sincronismo di rete.

Inoltre, il dispositivo elettronico 20 presenta una porzione di alimentazione 36 dell'unità di elaborazione, predisposta anche per fornire a detta unità un segnale di riferimento per la tensione.

5 L'unità di elaborazione 30 presenta un primo ingresso 31, che riceve un segnale di tensione di rete 23, ed un secondo ingresso 32, che riceve invece un segnale di tensione ai capi dell'interruttore 24.

Elaborando tali segnali, l'unità di elaborazione 30 è in grado di effettuare una misura indiretta della forza controelettromotrice generata dal motore sincrono 1, ottenuta come differenza tra il segnale di tensione di rete 23 e il segnale di tensione sull'interruttore 24, nei momenti in cui la corrente è nulla. L'unità di elaborazione 30 rileva detta condizione di corrente nulla sempre valutando il segnale di tensione ai capi dell'interruttore 24, ed in particolare assicurandosi che tale segnale si discosti sufficientemente dal valore nullo.

10
15

Il dispositivo elettronico 20, che in figura 1 è illustrato nel caso specifico del pilotaggio di un motore sincrono monofase 1, può essere diversamente predisposto per il pilotaggio di un motore sincrono bifase, nel qual caso saranno naturalmente presenti due interruttori per modulare l'alimentazione sulle due fasi.

20

Il metodo secondo l'invenzione, di seguito dettagliatamente descritto in una sua forma di realizzazione preferita, può essere messo in opera allo stesso modo sia in caso di motore monofase che in caso di motore bifase.

25 Il suddetto dispositivo elettronico 20 è in grado di avviare il

motore elettrico 1 secondo modalità di per sé note, portandolo ad una velocità di sincronismo. Questa fase di avviamento è identificata con riferimento 100 nel diagramma di flusso di figura 2.

Si osserva che possono essere implementati accorgimenti noti, di tipo meccanico ed elettronico, per condizionare per quanto possibile l'avviamento del motore in maniera che, il più delle volte, la girante si avvii nel verso di rotazione corretto.

Una volta raggiunta la velocità di sincronismo, il dispositivo elettronico 20 è predisposto per pilotare il motore elettrico 1 tramite parzializzazione di fase, ovvero variando l'angolo d'innescò α che determina il ritardo d'accensione dell'interruttore TRIAC rispetto al cambiamento di segno della corrente di rete.

In questa fase di pilotaggio, identificata con 200 in figura 2 l'angolo di innescò α è controllato in retroazione, al fine di ottimizzare le prestazioni energetiche del motore elettrico 1.

Nello specifico il controllo in retroazione avviene identificando come condizione di funzionamento ideale del motore il passaggio per lo zero della funzione di forza contro elettromotrice in corrispondenza di un punto medio del pianerottolo di corrente nulla imposto dalla chiusura dell'interruttore TRIAC 21. Naturalmente l'estensione del pianerottolo di corrente nulla e la posizione relativa del suo punto medio dipendono dal valore dell'angolo d'innescò α impiegato per ogni semiperiodo di corrente.

La condizione perseguita corrisponde ad annullare lo sfasamento tra la corrente di alimentazione degli avvolgimenti e la forza contro elettromotrice generata del motore sincrono 1, condizione che,

come è noto, garantisce l'ottimizzazione del rendimento energetico del motore sincrono stesso (trascurando le perdite nel ferro).

5 Grazie al segnale di forza controlettromotrice elaborato al suo interno secondo le modalità precedentemente descritte, l'unità di elaborazione 30 è in grado di valutare come il comportamento del motore si discosti rispetto alla condizione di funzionamento ideale, correggendo di conseguenza in retroazione l'angolo d'innescio α dell'interruttore TRIAC 21.

10 Secondo la presente invenzione, il pilotaggio della pompa 50 con parzializzazione di fase secondo le modalità sopra descritte viene forzato, poco dopo l'avviamento, imponendo una parzializzazione fissa ovvero un angolo d'innescio di riferimento α_0 . Tale angolo d'innescio α_0 è vantaggiosamente selezionato, sulla base di risultati sperimentali di seguito discussi, in modo da causare la perdita di passo del motore elettrico 1 qualora la girante stia evolvendo secondo il verso di rotazione sbagliato; al contrario, la potenza erogata resta sufficiente per sostenere la rotazione della girante nel verso di rotazione corretto. Questa fase, identificata con 300 in figura 2, realizza pertanto un test sul verso di rotazione, e provoca l'interruzione del motore in caso di partenza errata.

20 Quando il motore elettrico 1 perde il passo per via della partenza errata, si esegue quindi una nuova fase di avviamento 100. Se invece il motore elettrico 1 non perde il passo, il che è indice di un verso di rotazione corretto, la parzializzazione di fase 200 normale viene ripristinata e non vengono più eseguiti test sul verso di rotazione fino
25 all'avviamento successivo.

L'identificazione dell'angolo d'innescò di riferimento α_0 , che permette di discriminare fra rotazione in senso corretto e rotazione in senso sbagliato, è possibile per il fatto che le prestazioni idrauliche della girante sono sensibilmente differenti nei due versi di rotazione.

5 In figure 3 e 4 sono riportate curve portata-prevalenza illustrative del circuito idraulico sul quale lavora la pompa 50: la curva h_{rd} riguarda il funzionamento con la girante nel verso di rotazione corretto, mentre la curva h_{wd} riguarda il funzionamento con la girante nel verso di rotazione sbagliato. Nelle figure sono inoltre graficate le potenze
10 assorbite dalla pompa 50 con verso di rotazione corretto p_{rd} e sbagliato p_{wd} .

Come si può immediatamente rilevare, le prestazioni idrauliche della pompa 50 si degradano sensibilmente quando la pompa lavora in senso sbagliato: in effetti, il punto di lavoro W_{wd} corrisponde ad una
15 portata sensibilmente inferiore a quella del punto di lavoro W_{rd} con rotazione in senso corretto. Inoltre, la potenza assorbita dalla pompa che lavora in senso sbagliato P_{wd} è sensibilmente superiore alla pompa che lavora in senso corretto P_{rd} .

È pertanto possibile, come visualizzato in figura 4, identificare
20 una potenza di riferimento P_0 che sia superiore a quella assorbita dalla pompa 50 in configurazione corretta ma inferiore a quella assorbita dalla pompa 50 in configurazione di sbagliata. Nell'esempio di realizzazione al quale si riferiscono i grafici proposti, la potenza assorbita dalla pompa con rotazione corretta P_{rd} è pari a circa 42 W, la potenza assorbita dalla
25 pompa con rotazione sbagliata P_{wd} è pari a circa 53 W e la potenza di

riferimento P_0 selezionata si attesta sui 47 W.

Come precedentemente suggerito, la suddetta potenza di riferimento P_0 può essere erogata applicando una parzializzazione fissa e predefinita, in particolare sulla base del suddetto angolo d'innescò di riferimento α_0 , che in funzione della tensione di rete che alimenta l'elettrodomestico (100 V negli esempi qui considerati) corrisponderà alla potenza voluta.

Il valore dell'angolo d'innescò di riferimento α_0 può essere individuato per mezzo di prove sperimentali, utilizzando ad esempio il suddetto algoritmo di pilotaggio con parzializzazione variabile e verificando che percentuale di parzializzazione viene applicata alle diverse tensioni di rete. Tali dati sperimentali sono mostrati in figura 5, dove sono graficati a confronto con alcune curve di riferimento ref nei casi nominale e pessimo con acqua a bassa e ad alta temperatura.

Il metodo e l'unità di elaborazione precedentemente descritti presentano il vantaggio di consentire un'individuazione delle partenze della girante in senso non ottimale, utilizzando la componentistica attualmente presente sulle pompe di lavaggio/scarico o su altre macchine a fluido, senza costi di produzione supplementari.

L'applicazione del metodo consente di abortire immediatamente le partenze in direzione sbagliata, già ridotte nel numero grazie all'implementazione degli accorgimenti meccanici ed elettronici noti nell'arte.

Un altro vantaggio deriva dal fatto che il metodo può essere realizzato in modalità sensorless.

Si osserva che, per discriminare fra i due versi di rotazione della girante, sarebbe alternativamente possibile la misura diretta di potenza per mezzo di un wattmetro, ma va osservato che tale componente non è generalmente presente nelle schede di controllo delle pompe di lavaggio/scarico, e rappresenterebbe pertanto un onere supplementare da considerare nei costi di produzione.

La misura della corrente di fase, anch'essa possibile, risulterebbe però meno precisa dato il range nella tensione di alimentazione e le tolleranze dei componenti che costituiscono la macchina a fluido, e rischierebbe di non portare a risultati attendibili.

Ovviamente al metodo e all'unità di elaborazione sopra descritti un tecnico del ramo, allo scopo di soddisfare esigenze contingenti e specifiche, potrà apportare numerose modifiche e varianti, tutte peraltro contenute nell'ambito di protezione dell'invenzione quale definito dalle seguenti rivendicazioni.

RIVENDICAZIONI

1. Metodo per il controllo del senso di rotazione di una macchina a fluido (50) con girante a pale orientate, comprendente le fasi seguenti:

5 avviare (100) un motore elettrico (1) sincrono che aziona detta macchina a fluido (50) fino al raggiungimento della condizione di sincronismo;

 pilotare (200) a regime detto motore elettrico (1) sincrono applicando una parzializzazione di fase;

10 applicare (300) una parzializzazione di fase corrispondente ad una potenza di riferimento (P_0), laddove detta potenza di riferimento (P_0) è compresa fra una prima potenza (P_{rd}) necessaria a mantenere la macchina a fluido (50) in rotazione secondo un verso corretto e una seconda potenza (P_{wd}) necessaria a mantenere la macchina a fluido (50)
15 in rotazione secondo un verso sbagliato, opposto al verso corretto.

2. Metodo secondo la rivendicazione 1, laddove la parzializzazione di fase corrispondente alla potenza di riferimento (P_0) è una parzializzazione di fase fissa che utilizza un angolo d'innescò di riferimento (α_0).

20 3. Metodo secondo la rivendicazione 2, laddove detto angolo d'innescò di riferimento (α_0) deriva da risultati sperimentali.

4. Metodo secondo una delle rivendicazioni precedenti, laddove la parzializzazione di fase corrispondente alla potenza di riferimento (P_0) viene applicata per un periodo limitato.

25 5. Metodo secondo una delle rivendicazioni precedenti,

laddove detto motore elettrico (1) è un motore elettrico sincrono monofase o bifase a magneti permanenti.

6. Metodo secondo una delle rivendicazioni precedenti, nella fase di pilotare (200) a regime detto motore elettrico (1) sincrono applicando una parzializzazione di fase, l'angolo di innesco (α) è controllato in retroazione per lavorare in una condizione energeticamente ottimale.

7. Metodo secondo la rivendicazione 6, laddove nella fase di pilotare (200) a regime detto motore elettrico (1) sincrono applicando una parzializzazione di fase, detto angolo d'innesco (α) è controllato in retroazione per annullare lo sfasamento fra il punto medio di un pianerottolo di corrente nulla di una funzione di corrente di fase alimentata al motore elettrico (1) e il punto di passaggio per lo zero di un segnale di forza controelettromotrice (f_{cem}) relativo alla medesima fase.

8. Metodo secondo una delle rivendicazioni precedenti, laddove la macchina a fluido (50) è la pompa di lavaggio o scarico di un elettrodomestico quale una macchina lavabiancheria o una macchina lavastoviglie, oppure un ventilatore di un sistema di ventilazione.

9. Metodo secondo una delle rivendicazioni precedenti, laddove la fase di applicare (300) una parzializzazione di fase corrispondente ad una potenza di riferimento (P_0) porta alla perdita di passo del motore elettrico (1) laddove la girante della macchina a fluido (50) ruoti in senso sbagliato, detto metodo prevedendo allora una fase di riavvio del motore elettrico (1).

10. Unità di elaborazione (30) per il controllo di una macchina

a fluido (50), detta unità di elaborazione (30) essendo predisposta per controllare almeno un interruttore (21) di alimentazione di un motore elettrico sincrono (1) che aziona detta macchina a fluido (50) implementando il metodo per il controllo secondo una delle rivendicazioni

5 da 1 a 9.

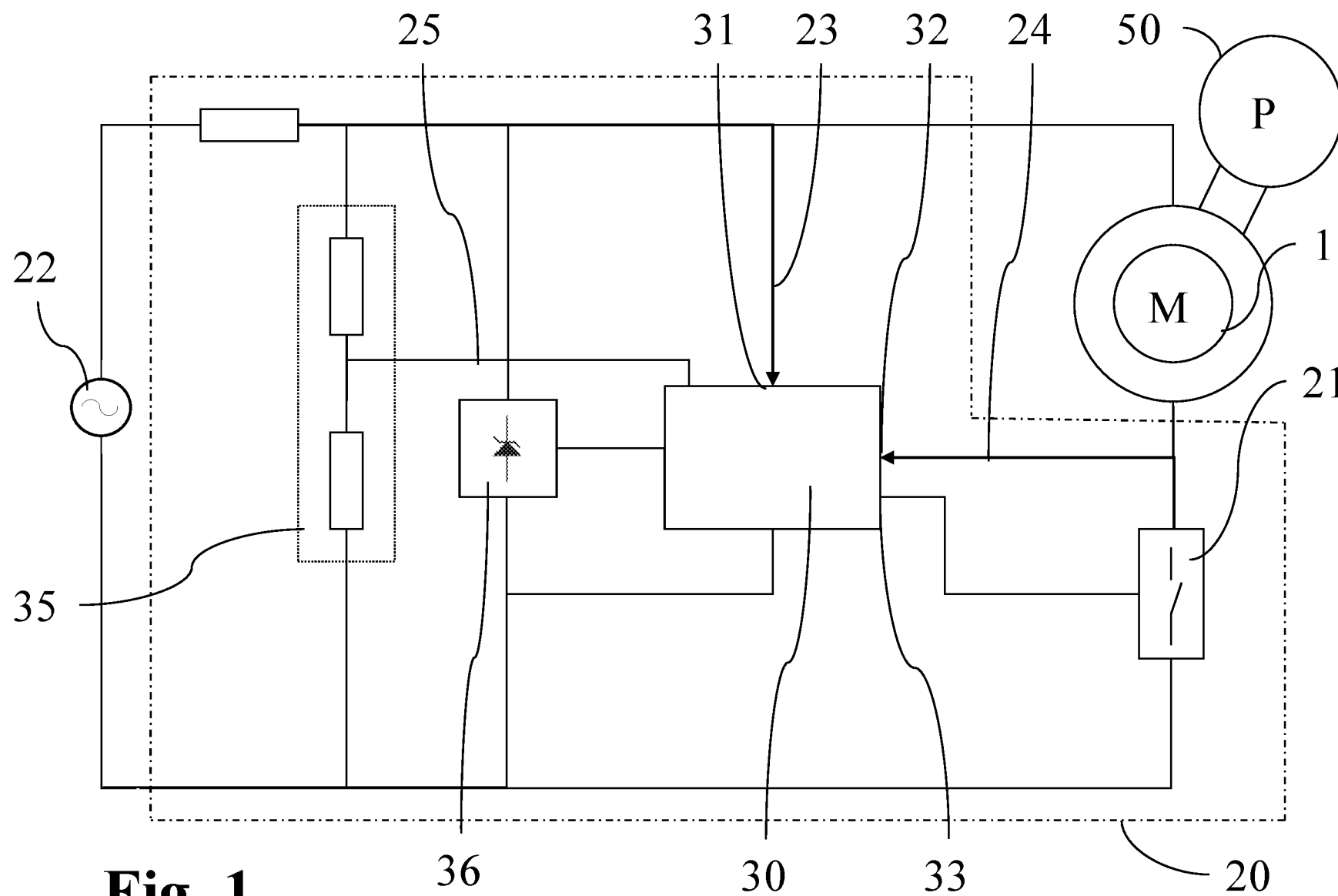


Fig. 1

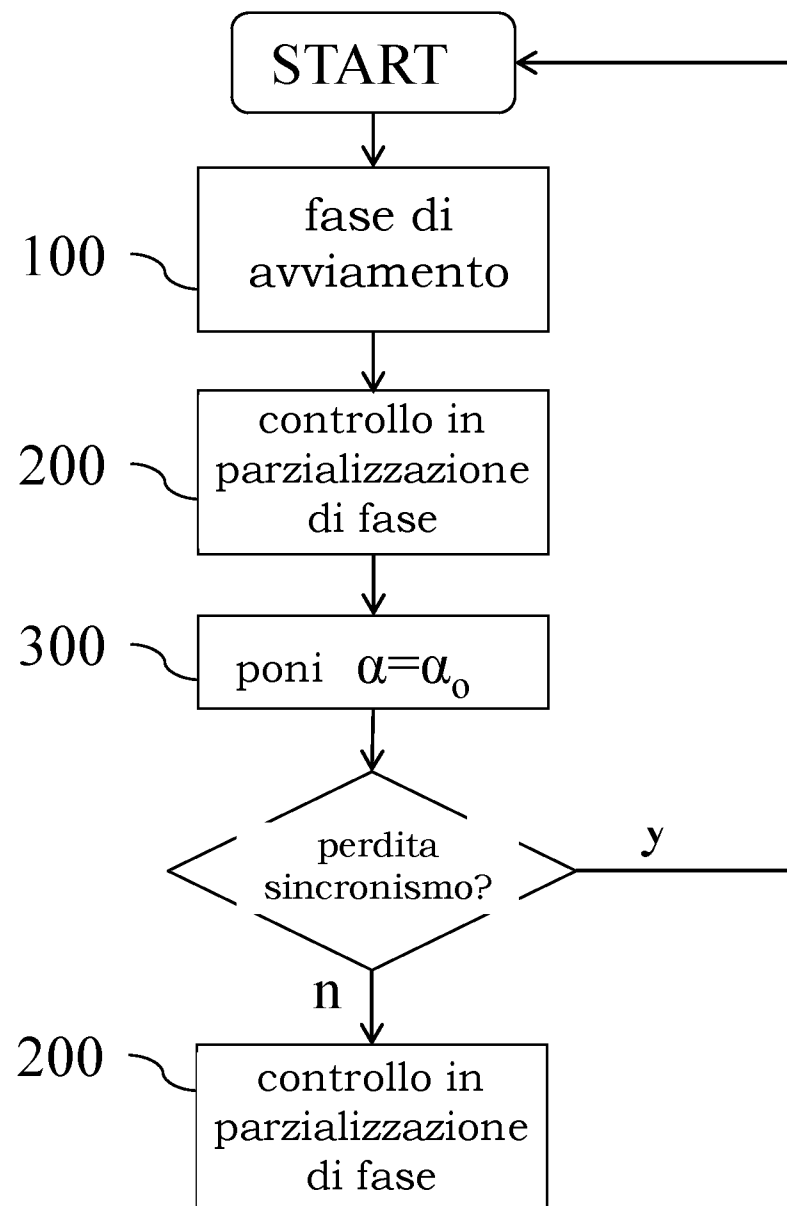


Fig. 2

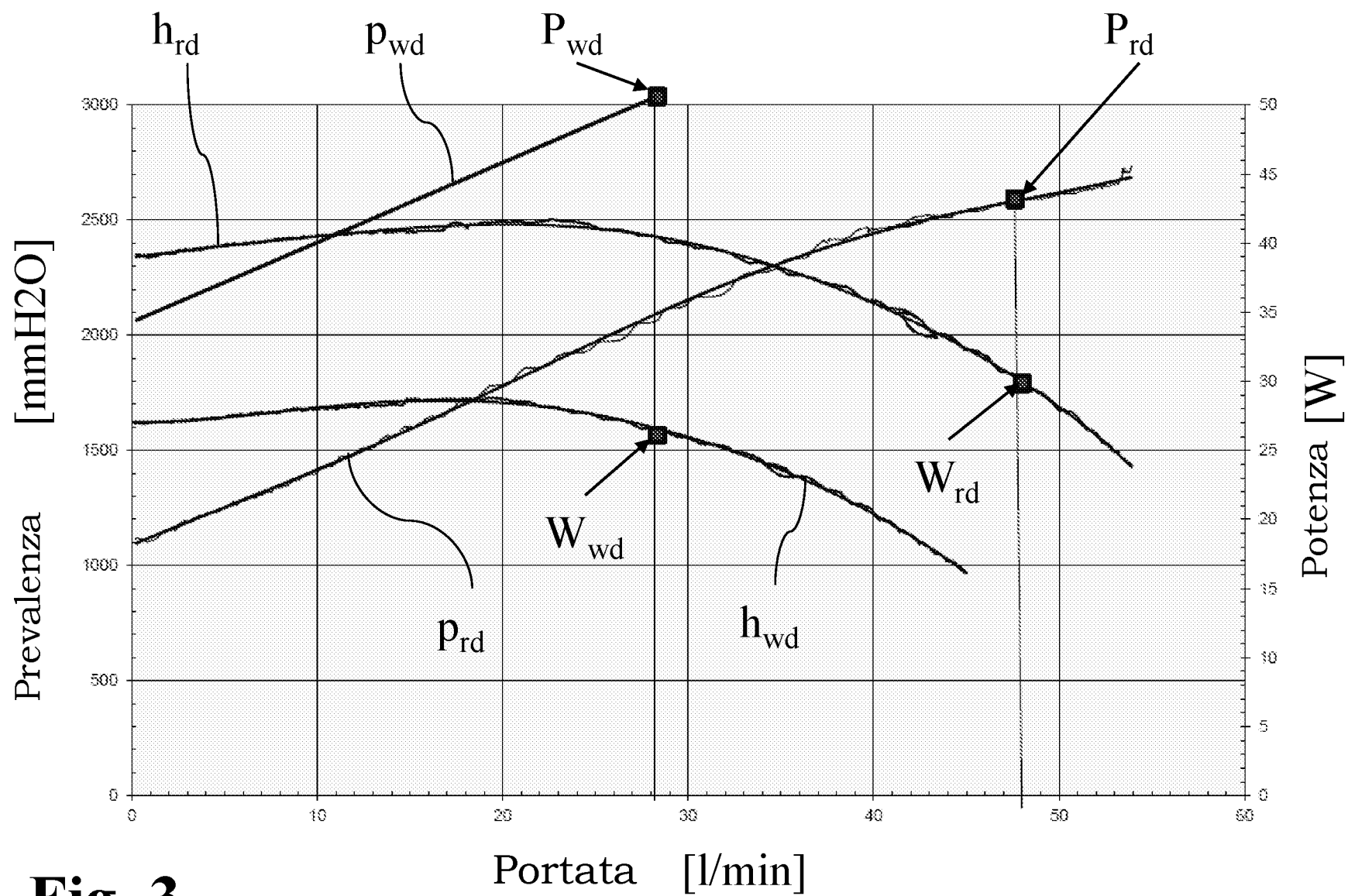


Fig. 3

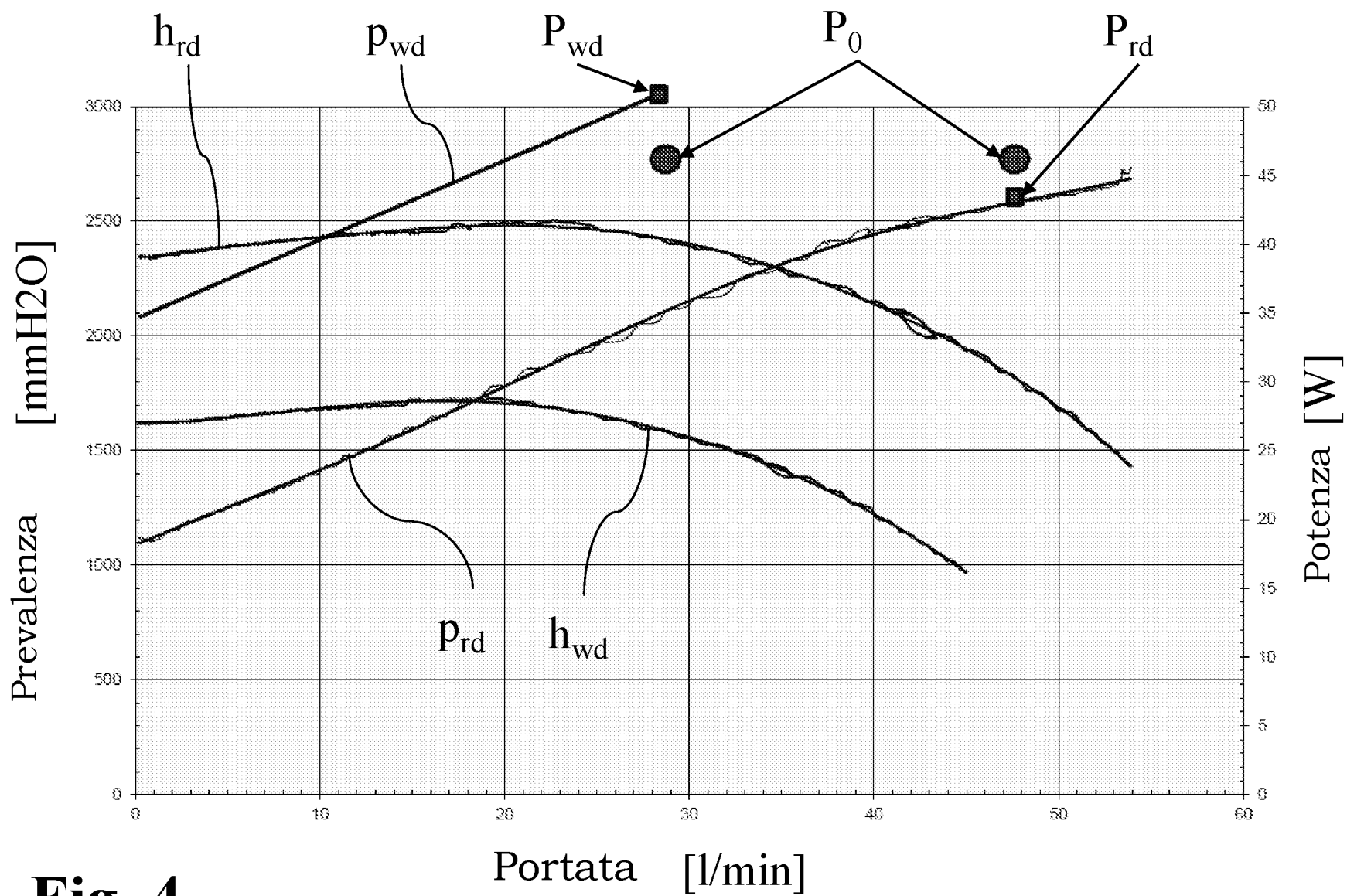


Fig. 4

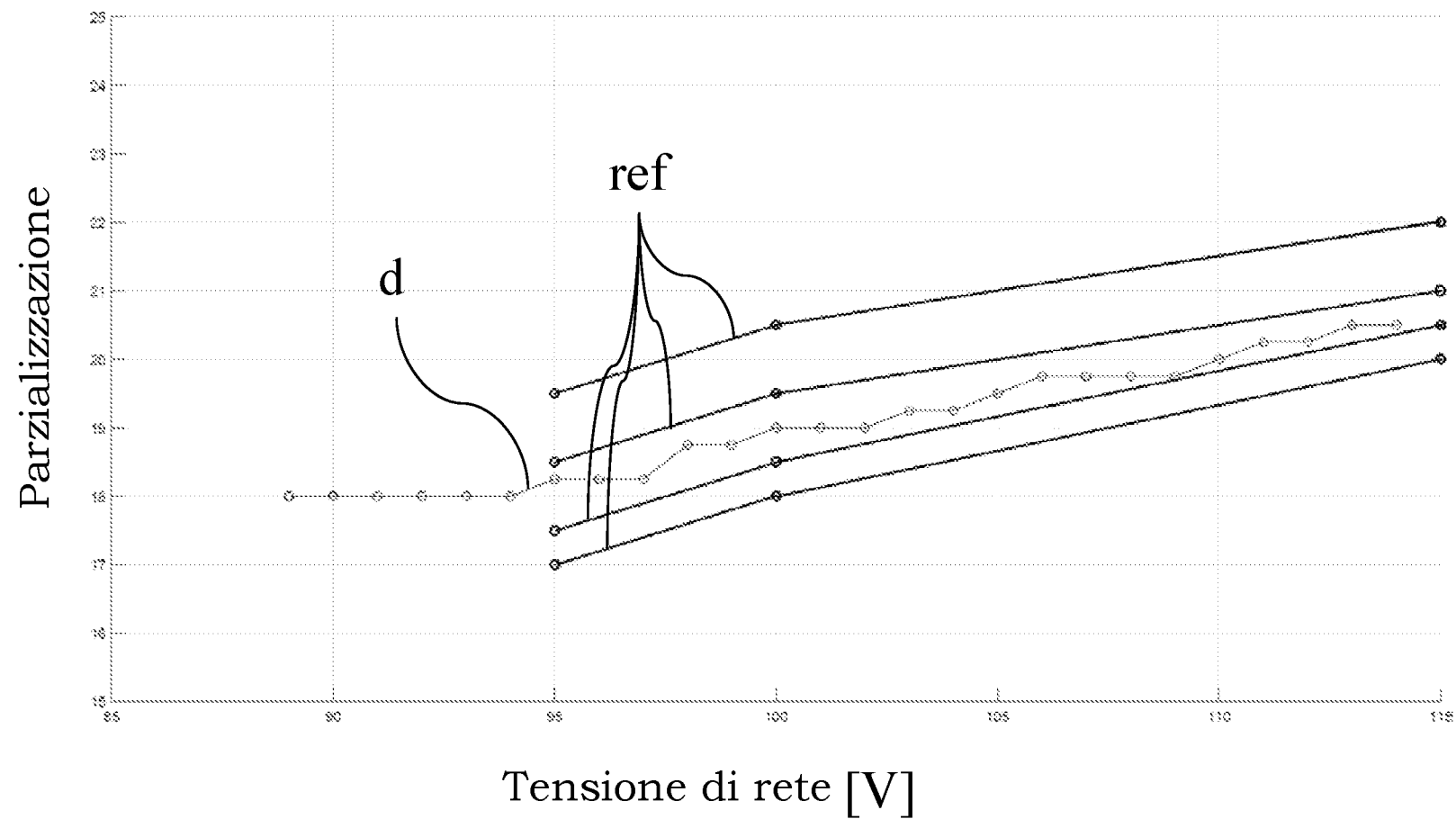


Fig. 5