



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

DOMANDA NUMERO	102000900842232
Data Deposito	28/04/2000
Data Pubblicazione	28/10/2001

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	02	K		

Titolo

MOTORE BRUSHLESS A MAGNETI PERMANENTI.

Descrizione a corredo di una domanda di brevetto per invenzione industriale dal titolo: **Motore brushless a magneti permanenti.**

A nome: **DE FILIPPIS Pietro**

5 di nazionalità italiana

con residenza in: VARAZZE (SV)

Inventore designato: DE FILIPPIS Pietro

Depositata il 28 Aprile 2000 N. **TO 2000A000401**

DESCRIZIONE

10 La presente invenzione è relativa ad un motore brushless a magneti permanenti.

In particolare, la presente invenzione farà esplicito riferimento, senza per questo perdere in generalità, ad un motore brushless trifase a magneti
15 permanenti comprendente un rotore girevole attorno ad un asse di rotazione e presentante un numero determinato di poli magnetici, ed uno statore disposto coassialmente all'asse di rotazione ed al rotore, e provvisto, per ogni due poli, di tre denti
20 statorici, i quali sono distribuiti attorno all'asse di rotazione, e sono distanziati l'uno dall'altro di un passo di cava. I denti statorici sono suddivisi in gruppi periodici in funzione del numero di fasi del motore, ed i denti di ciascun gruppo presentano
25 un rispettivo avvolgimento concentrato.

La figura 1 illustra un esempio di tale tecnica nota, in cui lo statore comprende nove denti statorici suddivisi in tre gruppi periodici, mentre il rotore è interno ed è provvisto di sei poli magnetici presentanti, ciascuno, una estensione tale da ricoprire sostanzialmente un passo di cava. Inoltre, ciascun polo magnetico presenta un raggio di curvatura inferiore al raggio della circonferenza in cui è inscritto il rotore stesso secondo tecniche note finalizzate ad approssimare una forza elettromotrice indotta di tipo voluto sostanzialmente sinusoidale.

I motori brushless del tipo sopra descritto presentano un inconveniente dovuto alla cosiddetta "coppia di cogging", per la correzione o riduzione della quale sono state utilizzate diverse soluzioni tecniche che, però, hanno comportato in varia misura ulteriori inconvenienti, tra i quali si possono citare: perdita di flusso magnetico a parità di materiali attivi usati; complicazioni costruttive; rumori aeraulici e da vibrazioni indotti da discontinuità geometriche introdotte per risolvere l'inconveniente sopra menzionato; armoniche indotte nella forza elettromotrice che si ritrovano nella coppia attiva; e geometrie contrastanti con

l'esigenza di generare una forza elettromotrice essenzialmente sinusoidale.

Scopo della presente invenzione è quello di realizzare un motore brushless a magneti permanenti, 5 il quale oltre a presentare una coppia di cogging di valore inferiore ad un centesimo della coppia nominale, permetta al tempo stesso di minimizzare gli inconvenienti sopra descritti.

Secondo la presente invenzione viene realizzato 10 un motore brushless a magneti permanenti comprendente:

- un rotore girevole attorno ad un asse di rotazione e presentante un numero determinato di poli magnetici radialmente delimitati da una 15 rispettiva superficie rotorica cilindrica di curvatura inferiore ad una curvatura di una superficie circoscrivente il rotore stesso e di estensione tale da ricoprire sostanzialmente un passo di cava; ed

20 - uno statore coassiale al rotore provvisto, ogni due poli magnetici, di tre denti statorici, i quali sono uniformemente distribuiti attorno all'asse di rotazione ad una distanza l'uno dall'altro pari ad un passo di cava, e presentano 25 rispettive superfici libere affacciate alla detta

superficie rotorica;

il motore essendo caratterizzato dal fatto che ciascun dente statorico presenta un rispettivo elemento protruso estendentesi radialmente verso la superficie rotorica a partire dalla relativa superficie libera.

L'invenzione verrà ora descritta con riferimento ai disegni annessi, che ne illustrano un esempio di attuazione non limitativo, in cui:

10 - la figura 1 illustra un vista in sezione trasversale di un motore brushless a magneti permanenti di tipo noto; e

- la figura 2 illustra, in sezione trasversale e con parti asportate per chiarezza, una prima preferita forma di attuazione di un motore brushless a magneti permanenti secondo la presente invenzione;

15 - le figure 3a-3d illustrano, in modo schematico, quattro differenti condizioni operative del motore della figura 2, ed i diagrammi della coppia di cogging relativi a ciascuna condizione operativa;

20 - la figura 4 illustra, in sezione trasversale e con parti asportate per chiarezza, una seconda preferita forma di attuazione di un motore brushless a magneti permanenti secondo la presente invenzione;

e

- la figura 5 illustra un grafico riportante delle forme d'onda di forza elettromotrice e rispettive correnti di fase ottenute nel motore della figura 2 o della figura 4.

Con riferimento alla figura 1, con 1 è indicato nel suo complesso un motore brushless a magneti permanenti di tipo noto comprendente un rotore 2, il quale è girevole attorno ad un asse A di rotazione, è radialmente delimitato da una superficie S_r rotorica cilindrica di raggio R_r e presenta un numero N_1 determinato di magneti 3.

Il motore 1 comprende, inoltre, uno statore 4 esterno montato coassiale al rotore 2, e provvisto, ogni due magneti 3, di tre denti 5 statorici, i quali sono uniformemente distribuiti attorno all'asse A ad una distanza l'uno dall'altro pari ad un passo P_c di cava, e presentano rispettive superfici S_s' libere affacciate alla superficie S_r in modo da formare con la superficie S_r stessa un traferro T di ampiezza costante.

Il motore 1 è un motore trifase con sei magneti 3, cui corrispondono nove denti 5 alternati a rispettive cave 6, e suddivisi, in base agli avvolgimenti di fase, in gruppi equidistribuiti

attorno all'asse A, ed i denti 5 di ciascun gruppo sono provvisti di un rispettivo avvolgimento di fase.

Ciascun dente 5 statorico presenta una forma sostanzialmente a T, e comprende una porzione 7 allungata disposta lungo una rispettiva direttrice radiale, e due ali 8 di estremità, le quali si estendono da bande opposte della porzione 7 trasversalmente alla porzione 7 stessa, e sono radialmente delimitate verso l'interno dalla relativa superficie S_s' .

Allo scopo di ridurre la coppia C_c di cogging, su ciascun dente 5 statorico del motore 1 sono stati ricavati due incavi 9 a partire dalla relativa superficie S_s' . Come precedentemente accennato, una soluzione tecnica di questo tipo non solo determina un aumento dei costi di produzione, ma induce anche maggiori armoniche nella coppia attiva, nonché maggiori rumori aeraulici nei motori ad alta velocità di rotazione.

Facendo ora riferimento alla figura 2, ed utilizzando numeri di riferimento uguali per designare parti uguali o simili già descritte nella precedente parte della descrizione, con 10 è indicato nel suo complesso un motore brushless a

magneti permanenti di tipo trifase, in cui il rotore 2 è montato all'interno dello statore 4, anche se risulta comunque possibile una geometria opposta con il rotore 2 all'esterno dello statore 4.

5 Il rotore 2 comprende una pluralità di lamierini 11 assialmente impaccati tra loro e presentanti rispettivi settori 12 definenti, a coppie, tante sedi 13 di alloggiamento quanti sono i magneti 3. Ciascun settore 12 è magnetizzato dai
10 magneti 3 disposti nelle due sedi 13 adiacenti definendo, pertanto, un rispettivo polo magnetico per il rotore 2, ed è radialmente delimitato da una rispettiva superficie $S_{r'}$, il cui raggio $R_{r'}$ di curvatura è inferiore al raggio R_r della superficie
15 S_r della circonferenza in cui è inscritto il rotore 2 stesso. Ciascun settore 12 ha una estensione tale da ricoprire sostanzialmente un passo P_c di cava, e presenta, lungo la propria superficie S_r , e da bande opposte della propria periferia esterna, due denti
20 12a longitudinali, i quali sono atti a bloccare radialmente i due magneti 3 adiacenti in collaborazione con un dente 12a per ciascuno dei due settori 12 limitrofi, e sono delimitati da rispettivi bordi 12_e e 12_u laterali trasversali alla
25 superficie $S_{r'}$.

Si intende, comunque, che quanto nel seguito descritto è facilmente trasportabile ai casi in cui i magneti 3 siano direttamente affacciati allo statore 4, e siano, in questo caso, radialmente delimitati dalla superficie S_r rotorica.

Le proporzioni tra il numero N_1 di magneti 3 ed il numero N_2 di denti 5 statorici del motore 10 è immutata rispetto a quella del motore 1 ed è sempre pari a $2/3$, ma, nel motore 10, ciascun dente 5 presenta un rispettivo elemento 14 protruso estendentesi radialmente verso la superficie S_r rotorica a partire dalla relativa superficie S_s' .

Nella forma di attuazione illustrata nella figura 2, ciascun elemento 14 protruso è definito da un dente sagomato, il quale è disposto in posizione centrale lungo la relativa superficie S_s' , e presenta una dimensione radiale ottimizzata a CAD magnetico a partire da una dimensione sostanzialmente pari ad un valore minimo del traferro T , ed una dimensione L circonferenziale sostanzialmente pari al passo P_c di cava. In particolare, ciascun elemento 14 è sagomato sostanzialmente come un trapezio isoscele con la rispettiva base minore rivolta verso il rotore, e la relativa lunghezza L è misurata in corrispondenza di

una linea mediana tra la base minore stessa e la base maggiore.

Le dimensioni e la geometria di ciascun elemento 14 sono ottimizzate a CAD magnetico in modo tale che l'interazione di un settore 12, d'ora in poi indicato con polo 12, con un determinato elemento 14 generi una coppia C_c di cogging identica ma di segno opposto alla coppia C_c di cogging generata da un altro polo 12 con una determinata cava 6, e tale situazione si verifichi sia per i bordi 12_e entranti che per i bordi 12_u uscenti.

Così come illustrato nelle figure 3a-3d, la coppia C_c di cogging può essere generata nelle seguenti quattro condizioni elementari:

15 a) bordo 12_e di un polo 12 che entra e passa su una cava 6 (figura 3a);

b) bordo 12_u dello stesso polo 12 mentre esce passando sulla cava 6 (figura 3b);

20 c) bordo 12_e di un polo 12 che entra e passa su un elemento 14 (figura 3c); e

d) bordo 12_u dello stesso polo 12 mentre esce passando su un elemento 14 (figura 3d).

Riportando su di un grafico l'andamento della coppia C_c di cogging in funzione della posizione relativa tra polo 12 e cava 6 e tra polo 12 ed

25

elemento 14 si rileva che la forma della funzione della coppia C_c di cogging è presente ben oltre l'apertura P_c di cava o la larghezza L dell'elemento 14, e non è simmetrica rispetto all'asse di cava o
5 dell'elemento 14 stesso.

La struttura del motore 10 testé descritto permette di sommare tra loro le condizioni a) e c) così come le condizioni b) e d) annullando pertanto la coppia C_c di cogging della condizione a) con la
10 coppia C_c di cogging della condizione c) così come la coppia C_c di cogging della condizione b) con la coppia C_c di cogging della condizione d), con il risultato complessivo che il motore 10 presenterà un valore della coppia C_c di cogging ben inferiore ad
15 un centesimo della coppia nominale.

Da quanto sopra descritto, è facilmente rilevabile come questo risultato sia stato ottenuto modificando in modo minimo la struttura di un motore 1 brushless noto senza, peraltro, incappare negli inconvenienti derivati
20 dalle soluzioni proposte precedentemente.

La forma di attuazione illustrata nella figura 4 è relativa ad un motore 20 analogo al motore 10, dal quale il motore 20 differisce per il fatto che ciascun elemento 14 protruso è delimitato verso la superficie
25 S_r ed unitamente agli altri elementi 11 protrusi da una

superficie S_s statorica cilindrica, la quale è interrotta tra un dente 5 statorico e l'altro, ed è definita da una generatrice parallela all'asse A, e da una direttrice D ad andamento cosinusoidale.

5 La direttrice D presenta un periodo pari a un passo P_c di cava, definisce un valore minimo del traferro T in corrispondenza di una posizione centrale della superficie S_s' del relativo dente 5, e si sviluppa in coordinate polari intorno ad una
10 circonferenza di riferimento presentante un raggio R_0 definito dalla somma del valore del raggio R_r della circonferenza in cui si iscrive il rotore 2, di un valore minimo del traferro T, e di un valore dell'ampiezza λ della funzione coseno ottimizzata a
15 CAD magnetico.

La forma della superficie S_s permette di conferire allo statore 4 una geometria che addolcisce le discontinuità geometriche generate dalle cave 6 e dagli elementi 11 illustrati nella
20 figura 2, dando maggiori opportunità per operare sul rumore aeraulico e controllare la forma della forza elettromotrice per approssimarla ad una sinusoide a parità di risultato sulla coppia C_c di cogging.

In aggiunta ai vantaggi sopra citati, le
25 soluzioni proposte generano forme d'onda della forza

elettromotrice sostanzialmente sinusoidali, le quali
contengono prevalentemente una quinta armonica in
opposizione di fase rispetto alla propria
fondamentale e di ampiezza presentante valori tipici
5 dell'ordine del 6% della fondamentale stessa.

Quanto appena descritto risulta importante
considerando che per il controllo del motore 10 può
essere utilizzato un controllo elettronico (noto e
non illustrato) del tipo a ponte presentante un
10 pilotaggio ad onda quadra, che induce nelle fasi una
forma d'onda di corrente sostanzialmente sinusoidale
con un contenuto prevalente di quinta armonica in
fase rispetto alla propria fondamentale e di
ampiezza presentante valori tipici dell'ordine del
15 6% della fondamentale stessa.

Quest'ultima forma d'onda di corrente induce,
con forze elettromotrici perfettamente sinusoidali,
una indesiderata ondulazione sulla coppia attiva, ma
poiché l'armonica di quinta della forza
20 elettromotrice del motore 10 ha fase opposta ed
ampiezza percentuale simile alla quinta contenuta
nella forma d'onda di corrente di fase, l'effetto
negativo dell'oscillazione sulla coppia attiva viene
significativamente abbattuto.

25 Da quanto sopra si evince che il motore 10, che

pur non adopera sofisticate e costose tecniche per
ottenere forze elettromotrici e tensioni di
alimentazione perfettamente sinusoidali finalizzate
a zero ondulazioni di coppia attiva, permette di
5 ottenere ondulazioni di coppia attiva di valore
percentuale molto ridotti rispetto alla coppia
nominale.

Per meglio chiarire quanto appena esposto,
nella figura 5 vengono illustrate tipiche forme
10 d'onda di forza elettromotrice e rispettive correnti
di fase ottenute in un motore 10 con un pilotaggio a
ponte del tipo ad onda quadra in cui sono ben
riconoscibili i contenuti armonici e relative fasi.

Si intende che l'invenzione non è limitata alle
15 forme di realizzazione qui descritte ed illustrate,
che sono da considerarsi come esempi di attuazione
del motore brushless a magneti permanenti, che è
invece suscettibile di ulteriori modifiche relative
a forme e disposizioni di parti, dettagli
20 costruttivi e di montaggio.

RIVENDICAZIONI

1. Motore (10)(20) brushless a magneti permanenti comprendente:

- un rotore (2) girevole attorno ad un asse (A) di rotazione e presentante un numero (N1) determinato di poli (12) magnetici radialmente delimitati da una rispettiva superficie (S_r') rotorica cilindrica di curvatura inferiore ad una curvatura di una superficie (S_r) circoscrivente il rotore (2) stesso e di estensione tale da ricoprire sostanzialmente un passo (P_c) di cava; ed

- uno statore (4) coassiale al rotore (2) provvisto, ogni due poli (12) magnetici, di tre denti (5) statorici, i quali sono uniformemente distribuiti attorno all'asse (A) di rotazione ad una distanza l'uno dall'altro pari ad un passo (P_c) di cava, e presentano rispettive superfici (S_s') libere affacciate alla detta superficie (S_r) rotorica;

il motore (10)(20) essendo caratterizzato dal fatto che ciascun dente (5) statorico presenta un rispettivo elemento (14) protruso estendentesi radialmente verso la superficie (S_r) rotorica a partire dalla relativa superficie (S_s') libera.

2. Motore secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che ciascun elemento

protruso (14) è definito da un dente sagomato presentante una dimensione (L) circonferenziale sostanzialmente pari al passo (P_c) di cava, ed una dimensione radiale ottimizzata a CAD magnetico a
5 partire da una dimensione sostanzialmente pari ad un valore minimo del traferro (T).

3. Motore secondo la rivendicazione 2, caratterizzato dal fatto che ciascun elemento (14) protruso è sagomato sostanzialmente come un trapezio
10 isoscele con la rispettiva base minore rivolta verso il rotore (2), e la relativa lunghezza (L) è misurata in corrispondenza di una linea mediana tra la base minore stessa e la base maggiore.

4. Motore secondo la rivendicazione 1 o 2,
15 caratterizzato dal fatto che il detto elemento protruso (14) è disposto in posizione centrale lungo la relativa superficie (S_s') libera.

5. Motore secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che ciascun elemento
20 protruso (14) è delimitato verso la superficie (S_r) rotorica ed unitamente agli altri elementi protrusi (14) da una superficie (S_s) statorica cilindrica, la quale è interrotta tra un dente (5) statorico e l'altro, ed è definita da una generatrice parallela
25 all'asse (A) di rotazione e da una direttrice (D) ad

andamento cosinusoidale.

6. Motore secondo la rivendicazione 5, caratterizzato dal fatto che la direttrice (D) ad andamento cosinusoidale presenta un periodo pari a un passo di cava, e definisce un valore minimo del traferro (T) in corrispondenza di una posizione centrale della superficie (S_s') libera del relativo dente (5) statorico.

7. Motore secondo la rivendicazione 6, caratterizzato dal fatto che la detta direttrice (D) ad andamento cosinusoidale si sviluppa in coordinate polari intorno ad una circonferenza di riferimento presentante un raggio (R_0) definito dalla somma del valore di un raggio (R_r) della superficie (S_r) in cui è inscritto il rotore (2), di un valore minimo del traferro (T), e di un valore dell'ampiezza (λ) della funzione coseno ottimizzata a CAD magnetico.

8. Motore secondo la rivendicazione 2 o 5, caratterizzato dal fatto di presentare una forza elettromotrice sostanzialmente sinusoidale contenente una quinta armonica presentante una fase opposta alla fase della fondamentale ed una ampiezza pari ad un valore percentuale determinato della fondamentale stessa.

9. Motore secondo la rivendicazione 8,

caratterizzato dal fatto che il detto valore percentuale è sostanzialmente pari al 6%.

10. Motore secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che il rotore (2) è esterno
5 allo statore (4).

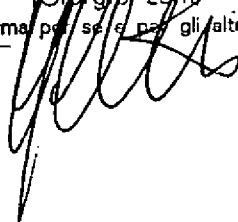
11. Motore secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che il rotore (2) è interno allo statore (4).

12. Motore secondo la rivendicazione 1,
10 caratterizzato dal fatto che il detto rotore (2) comprende un numero determinato di poli (12) magnetici, ed una pluralità di lamierini (11) assialmente impaccati tra loro e presentanti rispettivi settori (12) a due a due definenti una
15 sede (13) di alloggiamento per ciascun magnete (3); ciascun settore (12) essendo radialmente delimitato dalla detta superficie (S_r) rotorica.

13. Motore brushless a magneti permanenti, sostanzialmente come descritto con riferimento ad
20 uno qualsiasi dei disegni annessi.

p.i. DE FILIPPIS Pietro

I MANDATARI
(Giorgio Lotti)
(firma per se e per gli altri)



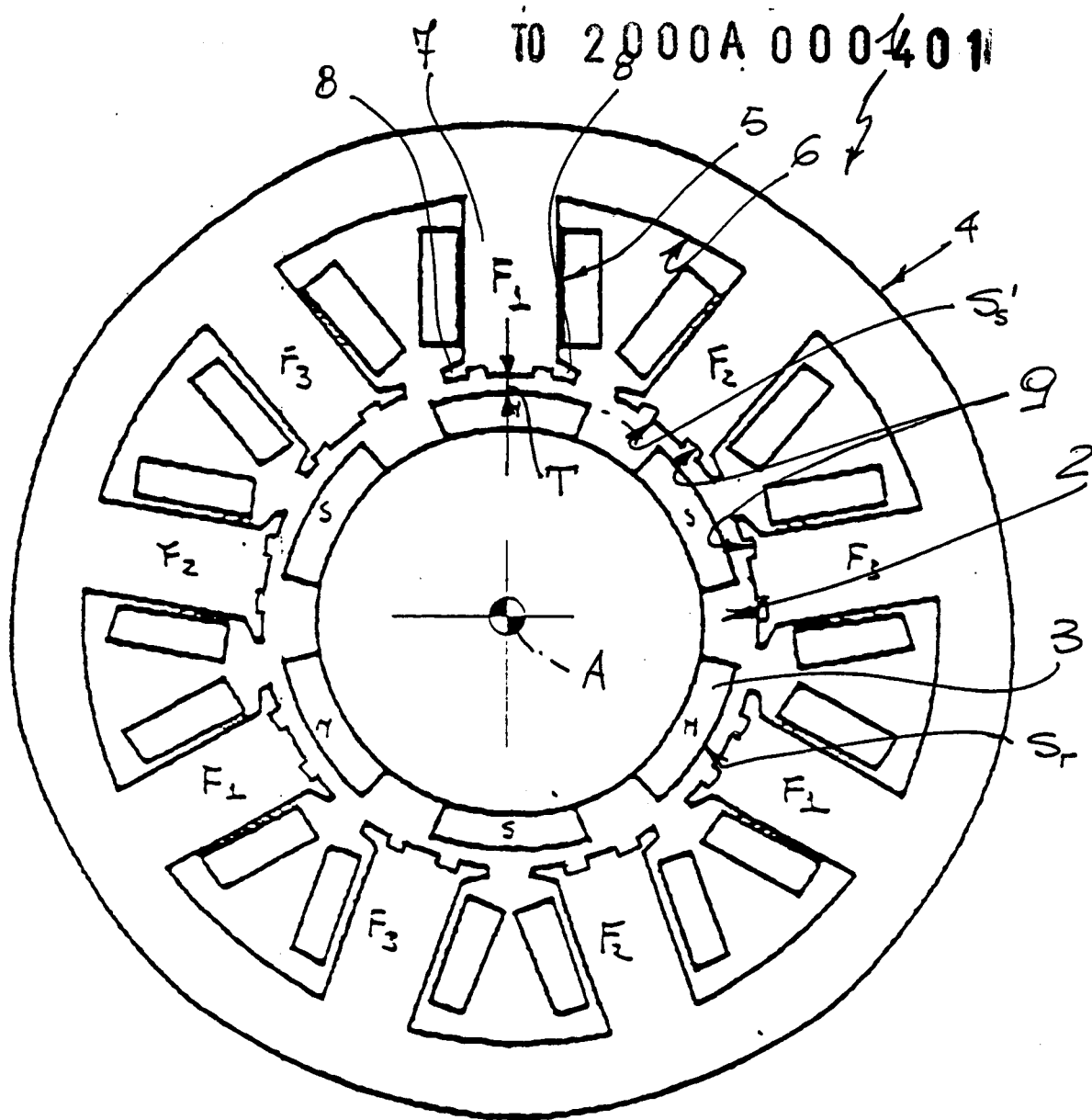
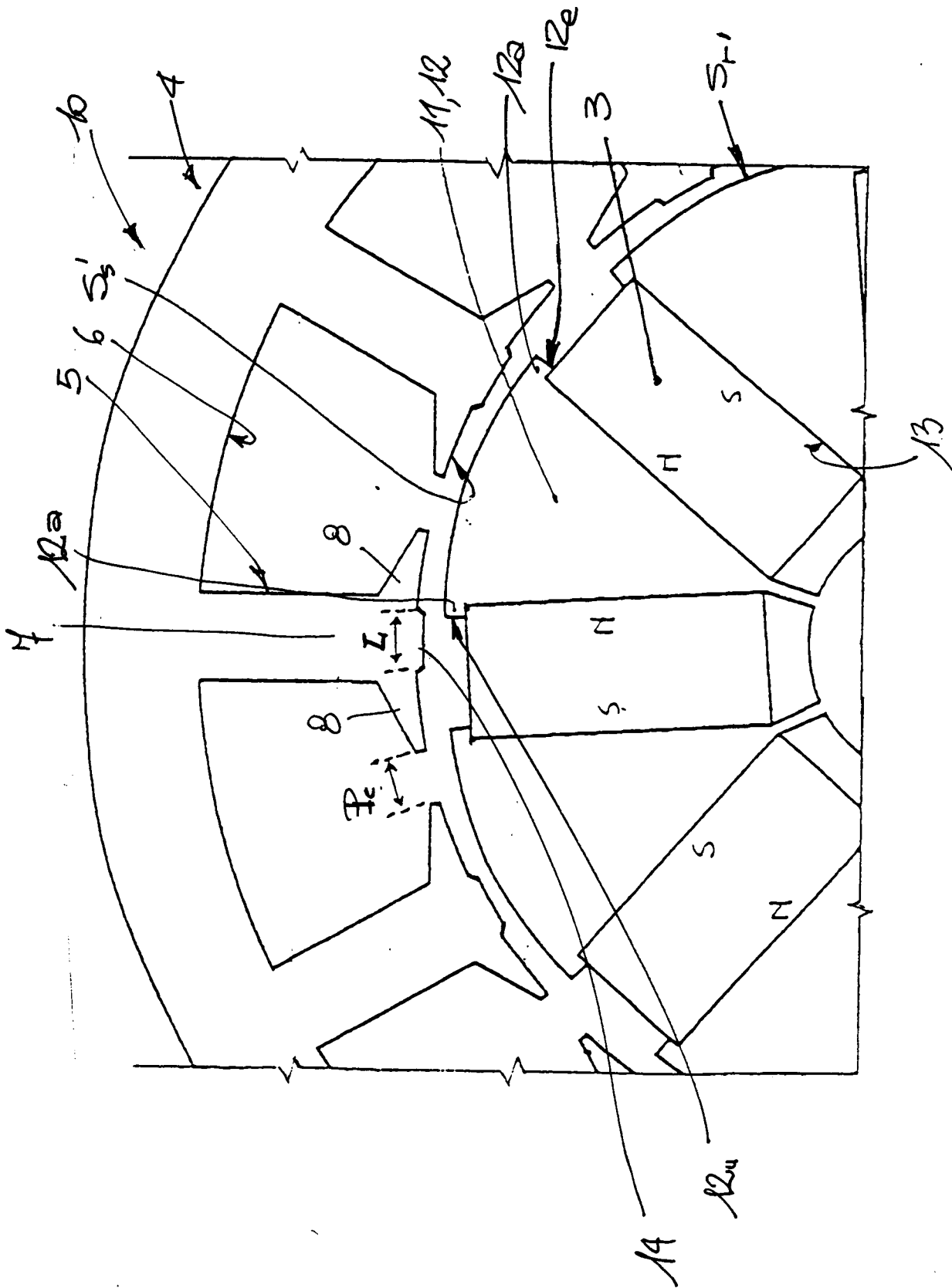


Fig. 1 - Arte nota

per incarico: DE FILIPPIS Pietro.

I MANDATARI
 (Giorgio Lotti) -
 (firma per se e per gli altri)



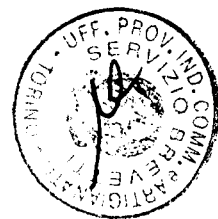


per incarico: DE FILIPPIS Pietro.

~~I MANDATARI~~

(Giorgio Lolli)
(firma per se e per gli altri)

~~(firma per se e per gli altri)~~



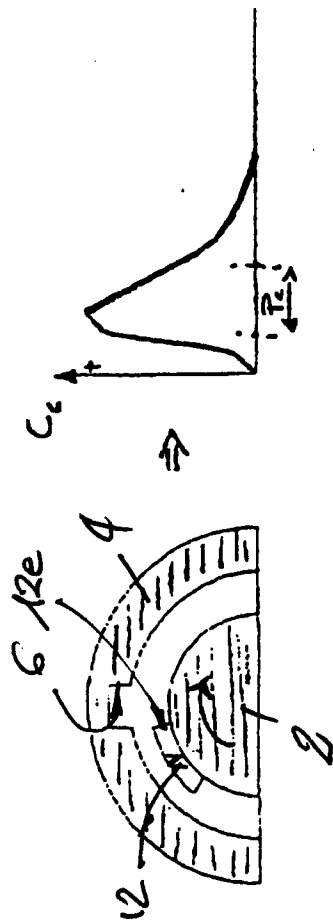


Fig. 3a

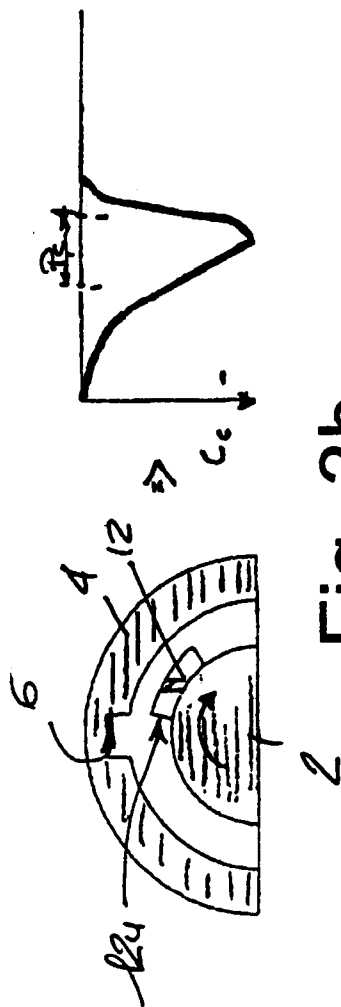


Fig. 3b

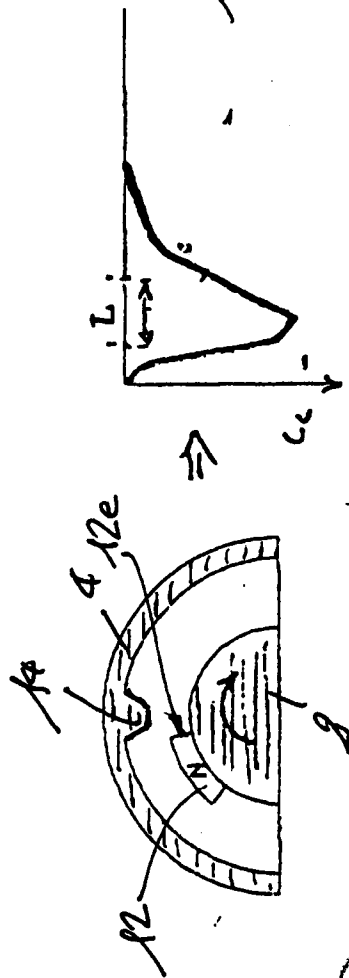


Fig. 3c

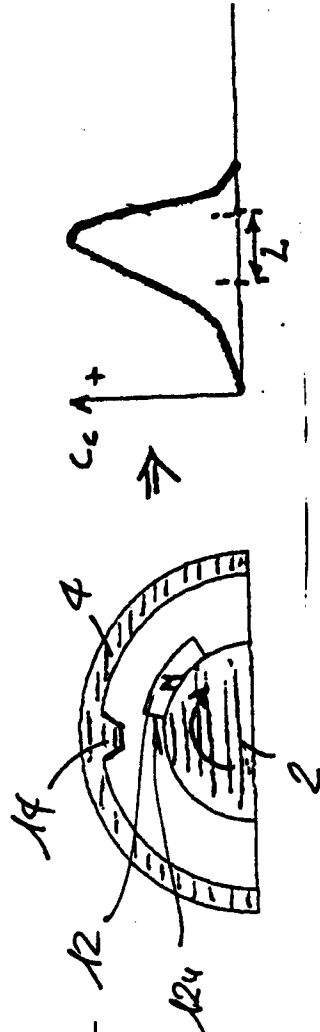
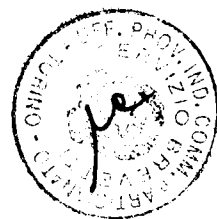


Fig. 3d



per incarico: DE FILIPPIS Pietro.

I MANDATARI
(G. G. G. G. G.)
Ministero dell'Interno
Ufficio per le elezioni

TO 2000A 000 40 W

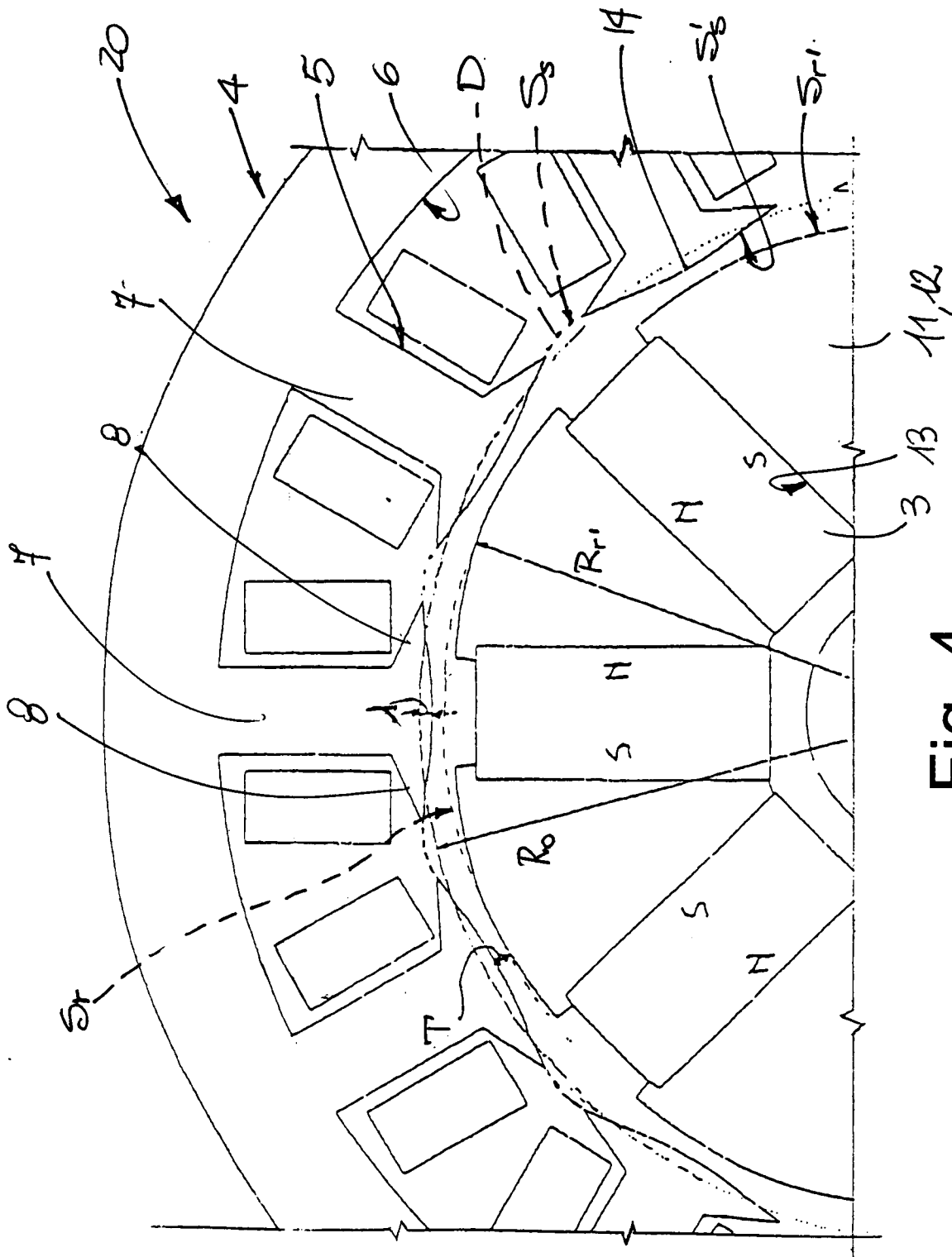


Fig. 4



per incarico: DE FILIPPIS Pietro.

MANDATARI
 (C.G. Gio. Lotti)
 (firma per se e per altri)

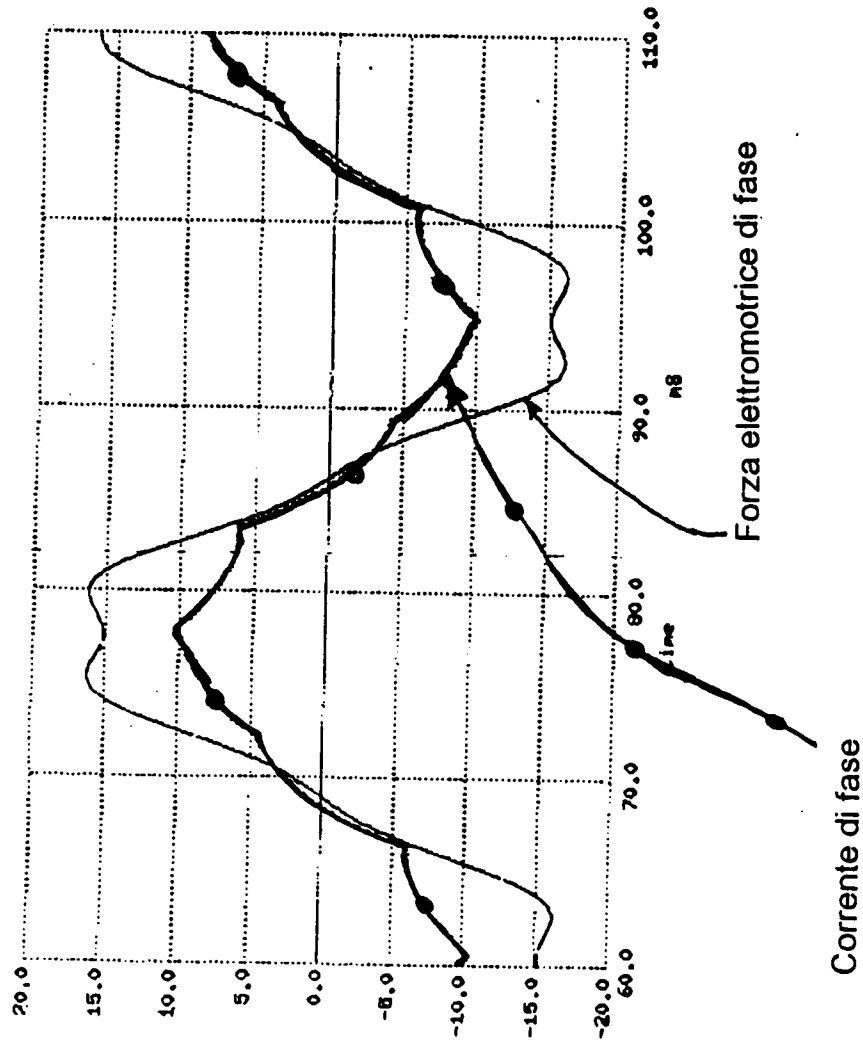
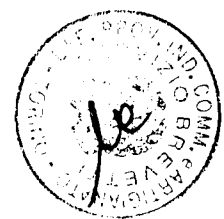


Fig. 5



I MANDATARI
 [Signature]
 Firma per sé e per gli altri

per incarico: DE FILIPPIS Pietro.