



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO  
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETA' INDUSTRIALE  
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

# UTBM

<b>DOMANDA NUMERO</b>	<b>101982900000661</b>
<b>Data Deposito</b>	<b>24/11/1982</b>
<b>Data Pubblicazione</b>	<b>24/05/1984</b>

<b>Priorità</b>	81.22080
<b>Nazione Priorità</b>	FR
<b>Data Deposito Priorità</b>	25-NOV-81

Titolo

Macchina elettrica rotante che costituisce in particolare un variatore di velocità o un convertitore di coppia

**DOCUMENTAZIONE  
RILEGATA**

## DESCRIZIONE

dell'invenzione industriale dal titolo:

"Macchina elettrica rotante che costituisce in particolare un variatore di velocità o un convertitore di coppia".

del signor Pierre CIBIÉ, di nazionalità francese, residente in NEUILLY/S/SEINE (Francia)

Inventore: Pierre CIBIÉ

depositata il **24 NOV. 1982**.

N° **24410A/82**

-----  
RIASSUNTO

Macchina elettrica rotante atta a funzionare come variatore di velocità o come convertitore di coppia comprendente in combinazione:

- uno statore (F) a s coppie di poli;
- un rotore centrale (RM) a p coppie di poli;
- un rotore intermedio (RT) avente q coppie

di cave interne ed esterne, le cave interne, lato rotore centrale (RM), portano almeno un circuito elettrico primario che subisce il campo del rotore centrale (RM) e le cave esterne, lato statore (F), portano almeno un circuito elettrico secondario che subisce il campo dello statore (F); nel rotore intermedio è inoltre incorporato un circuito elettrico che effettua la connessione tra il circuito elettrico

primario ed il circuito elettrico secondario, detto circuito di connessione essendo costituito da almeno un dispositivo di commutazione che comanda il passaggio della corrente nel circuito secondario.

#### DESCRIZIONE

L'invenzione riguarda le macchine elettriche rotanti.

Sono note delle macchine elettriche rotanti che costituiscono un variatore di velocità (Elcotron - Auxilec venduto in Francia dalla Società Thomson-Lucas). La variazione di velocità è ottenuta per slittamento con coppia sensibilmente costante. Sebbene possano essere molto utili, queste macchine tuttavia hanno come inconveniente di avere un cattivo rendimento, al massimo uguale a  $\frac{N_2}{N_1}$ ,  $N_1$  essendo la velocità di entrata ed  $N_2$  la velocità di uscita.

L'invenzione ha più particolarmente per oggetto la realizzazione di un convertitore di coppia come pure un variatore di velocità che assicura un rendimento molto superiore a quello delle macchine sopra menzionate, in particolare con rapporti di riduzione elevati. Essa propone, a tale scopo, una macchina comportante, in combinazione:

- uno statore F ad s coppie di poli,
- un rotore centrale RM a p coppie di poli,

- un rotore intermedio RT comprendente due serie di cave assiali, ossia, una serie di cave interne in ciascuna delle quali passa almeno un conduttore primario che subisce il campo del rotore RM ed una serie di cave esterne in ciascuna delle quali passa almeno un conduttore secondario che subisce il campo dello statore F, e

- un circuito elettrico che effettua la connessione tra i conduttori primari ed i conduttori secondari, questo circuito comprendente almeno un dispositivo di commutazione che comanda il passaggio nei conduttori secondari dalla corrente indotta nei conduttori primari, in un senso tale che la coppia esercitata dallo statore F sul rotore RT sia nello stesso senso, in principio nel senso della coppia esercitata dal rotore centrale RM sul rotore intermedio RT.

Secondo una prima forma di attuazione dell'invenzione, il rotore intermedio comprende  $q$  coppie di tacche, di cui ogni coppia è costituita, su uno stesso raggio, da una tacca interna lato rotore RM e da una tacca esterna lato statore F. Ogni coppia di tacche alloggia una bobina i cui fili esterni sono destinati a subire principalmente il campo dello statore F e di cui i fili interni sono destinati

a subire il campo del rotore centrale RM. Ogni bobina è chiusa su un dispositivo di commutazione comprendente almeno due commutatori a conduzione unidirezionale, montati sul rotore intermedio per lasciare passare rispettivamente la corrente in un senso o nell'altro nella bobina, e questo, in modo comandato in funzione al senso del campo dello statore subito dalla bobina.

In questo caso, il numero  $\underline{s}$  di poli dello statore è di 3, 4 o 6, il rotore centrale comporta  $\underline{p} = 6$  a 10 coppie di poli ed il rotore intermedio comporta  $\underline{q}$  coppie di tacche,  $\underline{q}$  essendo vantaggiosamente un multiplo del numero di poli, ossia di  $2p$ , per esempio,  $3 \times 2 \times p$ .

Secondo un'altra forma di attuazione dell'invenzione, le tacche interne ed esterne del rotore intermedio sono rispettivamente munite di avvolgimenti interno ed esterno distinti.

In questo caso l'avvolgimento interno del rotore intermedio RT può essere avvolto a guisa di un avvolgimento trifase classico, mentre l'avvolgimento esterno può comprendere diversi circuiti comportanti ognuno in serie diverse bobine in fase rispetto ai poli dello statore. La corrente trifase, generata all'interno dell'avvolgimento trifase, può essere

raddrizzata e in seguito trasmessa alle bobine dell'avvolgimento esterno, tramite un dispositivo di commutazione comandato in funzione della posizione del rotore intermedio rispetto allo statore.

Nelle forme di attuazione precedentemente descritte, i dispositivi di commutazione possono essere costituiti da commutatori a comando unidirezionale i quali possono essere comandati da una corrente di bassa intensità, come dei transistori o dei tiristori. Il comando di questi commutatori può essere effettuato a partire da un sensore di posizione del rotore RT, rispetto allo statore F, o al campo risultante delle bobine eccitatrici dello statore F e della reazione d'indotto prodotta dal rotore intermedio RT. Dei componenti ad effetto Hall possono essere vantaggiosamente utilizzati a tale scopo.

Inoltre, secondo un aspetto vantaggioso dell'invenzione, lo statore F, predisposto come uno statore di motore a corrente continua ad eccitazione parallela, comporta dei poli salienti, ed il rotore centrale RM, predisposto come un rotore di alternatore di automobile, comporta dei poli incassati.

Inoltre, la macchina può comportare dei mezzi per fare variare selettivamente l'eccitazione dello statore F rispetto all'eccitazione del rotore centrale

RM.

In una variante di attuazione interessante dell'invenzione, i suddetti dispositivi di commutazione comprendono almeno due coppie di organi a conduzione unidirezionale, montati a ponte, le cui due estremità opposte sono collegate alle estremità dell'avvolgimento del rotore intermedio associato, mentre le altre due estremità del ponte sono collegate a degli anelli, atti a ricevere, tramite delle spazzole amovibili, una tensione continua di alimentazione; questo permette un funzionamento della macchina come motorino di avviamento a bordo di un'automobile (il comando dei dispositivi di commutazione effettuandosi allora in funzione della posizione del rotore centrale rispetto al rotore intermedio). Il funzionamento come convertitore di coppia si ottiene in seguito cortocircuitando le spazzole e comandando i dispositivi di commutazione in funzione della posizione del rotore intermedio rispetto allo statore.

Altre caratteristiche e vantaggi dell'invenzione risulteranno alla lettura della descrizione dettagliata che segue, che espone, a titolo di esempio non limitativo, diverse forme di attuazione dell'invenzione, in relazione ai disegni, in cui:

La figura 1 illustra schematicamente la strut-

tura generale della macchina secondo l'invenzione;

La figura 2 rappresenta schematicamente, in sezione trasversale, un'altra forma di attuazione possibile del rotore centrale RM della macchina illustrata in figura 1;

La figura 3 illustra una forma di comando della commutazione di conduzione di una bobina del rotore intermedio della macchina rappresentata in figura 1;

La figura 4 è un diagramma che schematizza il funzionamento nel tempo della macchina proposta;

La figura 5 illustra una forma di commutazione di una bobina del rotore intermedio, che permette alla macchina di funzionare come motorino di avviamento/generatore;

La figura 6 illustra schematicamente la struttura di una macchina secondo un'altra forma di attuazione dell'invenzione;

La figura 7 è una rappresentazione schematica "sviluppata" della macchina che permette di illustrare il modo in cui gli avvolgimenti del rotore intermedio possono essere realizzati;

La figura 8 è uno schema elettrico delle interconnessioni degli avvolgimenti del rotore intermedio.

La figura 1 illustra in modo schematico la struttura generale della macchina rotante proposta.

La parte elettrica di questa macchina è cilindrica di rivoluzione, su una lunghezza L.

Il suo statore fisso F comporta quattro coppie di poli salienti. Per semplificare il disegno, sono illustrati soltanto un polo Nord FN1, ed un polo Sud adiacente FS1. Costruito a guisa di uno statore di motore a corrente continua classico, questo statore riceve una eccitazione di tipo in derivazione.

L'albero AM è trascinato esternamente, per esempio da un motore a combustione interna. Su questo albero AM è calettato un rotore centrale RM (o rotore condotto) costruito a guisa di un rotore di alternatore classico di automobile. Il rotore centrale RM comporta in questo caso otto coppie di poli bobinati, parzialmente illustrati (P1, P'1, P2, ecc.). L'eccitazione di questo rotore RM di tipo alternatore è realizzata all'estremità dell'albero AM.

Si deve notare che nel caso in cui la macchina è destinata ad una potenza importante, il rotore RM può comprendere dei poli salienti bobinati come rappresentato in figura 2.

Coassialmente all'albero AM, e tra lo statore esterno F ed il rotore centrale RM, è previsto un rotore intermedio RT (o rotore trasmettitore di movimento). Questo rotore RT è un anello in lamiera

di ferro lamellare, solidale con un albero cavo coassiale all'albero AM, ma non rappresentato.

Esso comporta su uno stesso raggio una tacca interna  $E_1$  ed una tacca esterna  $E'_1$ . 24 coppie di tacche di questo tipo sono previste, ripartite in modo regolare intorno al rotore intermedio RT (solo una parte di queste tacche è rappresentata, per semplificare l'illustrazione). Di preferenza, delle cavità assiali, che si presentano in sezione sotto forma di archi di cerchio, sono praticate tra le tacche interne quali  $E_1$  e  $E_2$  e le tacche esterne omologhe, quali  $E'_1$  e  $E'_2$ , rispettivamente. Due di queste cavità sono rappresentate a EV1 e EV2.

Due tacche omologhe,  $E_1$  e  $E'_1$  per esempio, ricevono una bobina E di cui ogni spira è definita da un filo principale esterno, assiale, di lunghezza L, un altro filo principale interno, pure assiale e di lunghezza L, e dei fili di raccordo radiali alle due estremità del rotore intermedio. Il bobinaggio è aperto ad una delle estremità del rotore intermedio RT. In figura 3, è stato supposto, per semplificare, che questo bobinaggio si riduce ad una sola spira, con un filo assiale esterno BAE, un filo di raccordo radiale BR, ed un filo assiale interno BAI.

Nella parte sinistra della figura 3 sono rappre-

sentate le estremità libere rispettive dei fili BAE e BAI. Queste estremità libere sono collegate sulla maglia conduttrice di potenza dei due commutatori, a conduzione unidirezionale, Q1 e Q'1 montati sul rotore RT. Questi commutatori sono disposti in modo tale che l'uno permette, su comando, il passaggio della corrente in un senso, e l'altro nell'altro senso, attraverso il bobinaggio schematizzato in figura 3 dalle spire BAE, BR, BAI. Questi commutatori possono essere costituiti da transistori come rappresentato a tratti interrotti; l'estremità libera di BAE è collegata al collettore del transistore Q'1 e all'emettitore del transistore Q1 (entrambi di tipo NPN); mentre l'estremità libera di BAI è collegata al collettore di Q1 e all'emettitore di Q'1. Il comando dei transistori Q1 e Q'1 (freccie  $A_1$  e  $A'_1$ ) è effettuato a partire da un sensore di posizione del rotore RT rispetto allo statore F. Il segnale di comando, di bassa potenza, può essere ottenuto vantaggiosamente a partire dal campo risultante dalle bobine eccitatrici FN e FS e dalla reazione d'indotto prodotta nel rotore intermedio. Questo segnale può essere prodotto, per esempio, a mezzo di un componente ad effetto Hall classico.

E' evidente che, nel caso in cui i due condut-

tori unidirezionali  $Q_1$  e  $Q'_1$  sono sbloccati (stato passante), la corrente che circola nelle spire del rotore RT avrà un andamento sinusoidale in frequenza  $p \times N_2$ , espressione nella quale  $p$  è il numero di coppie del rotore centrale ed  $N_2$  è la differenza delle velocità tra la velocità  $N_0$  del rotore centrale RM e la velocità  $N_1$  del rotore intermedio, ossia  $N_2 = N_0 - N_1$ . Questo è lo schema utilizzato quando si desidera trasmettere una coppia  $RT = RM$ , con uno slittamento più basso possibile. Il rendimento è allora uguale a  $\frac{N_1}{N_0}$ . Questo risultato può essere ottenuto in particolare in assenza di eccitazione delle bobine dello statore F.

Per contro, nel caso in cui le bobine dello statore F sono eccitate, quando il sensore di posizione si troverà per esempio al disotto del polo FN, comanderà il passaggio della corrente nella bobina E corrispondente nel senso  $S_1$  (il conduttore  $Q_1$  essendo passante ed il conduttore  $Q'_1$  essendo bloccato). Viceversa, quando questo sensore di posizione si troverà al disotto del polo FS, comanderà il passaggio della corrente nel senso  $S_2$ . Naturalmente, il senso di conduzione dei conduttori unidirezionali  $Q_1$  e  $Q'_1$  sarà previsto in modo tale che il senso della corrente erogato della bobina E corrisponda a quello

che fa funzionare il rotore RT come motore.

Il modo di funzionamento sopra descritto è illustrato in figura 4 in cui sono rappresentati:

- a 4a, un periodo spaziale del campo statore;
- a 4b, la conduzione del transistor  $Q_1$  quando il campo statore è di polarità Nord ;
- a 4c, la conduzione del transistor  $Q'_1$  quando il campo statore è di polarità Sud;
- a 4d, un esempio di forma del campo dovuto al rotore centrale RM (la periodicità di questo campo rispetto al campo statore dipende naturalmente dalla velocità alla quale è trascinato RM);
- a 4e, la corrente indotta in RT da questo campo dovuto a RM, per esempio una corrente positiva - per le alternanze positive nel campo RM - quando  $Q_1$  è passante, e al contrario una corrente negativa (alternanze negative del campo RM) quando è  $Q'_1$  che è passante;
- infine, a 4f, la coppia esercitata su RT a seguito dell'interazione RM - RT; si noterà che la stessa curva definisce anche l'interazione tra il rotore intermedio RT e lo statore F (dal lato dei fili esterni dell'avvolgimento).

Il semplice fatto che la tacca  $E'_1$  è in prossimità dello statore e che  $E_1$  è in prossimità del

rotore è sufficiente per favorire l'interazione E'1 - statore (rispetto a E1 - statore) e l'interazione E1 - rotore RM (rispetto a E'1 - rotore RM). Dato questo, le cavità quali EV1 praticate tra E1 e E'1 accentuano la differenza.

Il funzionamento della macchina è allora il seguente:

- il campo creato dai poli di segno contrario (P1, P'1) di RM passa da Z, lato interno, dunque in E1. Questo campo è variabile, ed il flusso che attraversa Z passa da  $+\phi_0$  a  $-\phi_0$  ad ogni rotazione relativa di una coppia di poli (P1, P'1) tra RT e RM. Esso induce dunque una forza elettromotrice alternata nella bobina passante in E1 e E'1. Per le alternanze corrispondenti al senso di conduzione del transistor che si trova in tale istante azionato, una corrente passa nella bobina. Ne risulta a priori una coppia esercitata da RM su RT; ma, la stessa corrente, che attraversa E'1, si tradurrà pure, se lo statore è eccitato, in una coppia esercitata da F su RT (la disposizione essendo tale che le due coppie siano di uguale senso).

Le due coppie addizioneranno i loro effetti sul rotore intermedio RT.

- più precisamente, se l'eccitazione del rotore

RT è massima e l'eccitazione dello statore F nulla, i transistori Q1 e Q'1 sono sbloccati e gli avvolgimenti  $E_n$  e  $E'n$  (n variando da 1 a 16) sono praticamente in cortocircuito. In questo caso, RT tenderà a ruotare alla stessa velocità di RM, meno uno slittamento dovuto all'energia perduta negli avvolgimenti, come pure nel ferro di RT; la coppia esercitata su RT è allora unicamente dovuta a RM. ( $C_T^0 = C_M^0$ ).

- ora, si aumenta la velocità di RM, e si eccita lo statore F. Risulta allora una coppia dovuta all'interazione  $E'n - F$ . Ma viene generata, allo stesso tempo, nelle bobine, una forza contro-elettromotrice, e non si potrà mantenere l'intensità I che attraverso bobine con uno slittamento più importante di RM rispetto a RT. La coppia totale  $C_T$  esercitata su RT si scrive:

$$C_T = C_M + C_F$$

Se si tratta semplicemente di mantenere la coppia  $C_T$  al valore  $C_T^0$ , si vede che l'eccitazione dello statore permette di diminuire la coppia  $C_M$  prodotta da RM. (Questa coppia diminuisce inoltre naturalmente, per il fatto che l'intensità I nelle bobine RT diminuisce in ragione della forza contro-elettromotrice del campo dello statore F). Mediante questo mezzo, la velocità di RT (organo trascinato)

può essere regolata ad un valore inferiore a quello di RM, agendo sull'eccitazione di F. Si può in particolare avere  $C_M = 1,3 C_F$  e  $C_T = 3,3 C_M$ . L'energia perduta è quella dispersa in calore in RT, sia nel ferro, sia negli avvolgimenti, sia nei transistori Q1 e Q'1.

Si noterà, a questo riguardo, che se si inverte il senso di flusso nello statore F, il rotore trasmettitore RT funziona in retromarcia con una coppia:

$$C_T = C_F - C_M$$

La macchina può essere dunque montata col rotore RM accoppiato al motore di un'automobile, ed il rotore RT accoppiato alla trasmissione.

Secondo una variante interessante dell'invenzione, la macchina proposta può essere utilizzata come motorino di avviamento del motore dell'automobile, e/o come generatrice di corrente, in particolare per la carica della batteria di accumulatore. La figura 5 illustra schematicamente le modificazioni necessarie a tale scopo.

Questa variante utilizza due anelli di arrivo di corrente  $B_1$ ,  $B_2$  montati all'estremità dell'albero sul rotore intermedio RT e sui quali sono in contatto delle spazzole fisse, che possono essere allontanate elettromeccanicamente quando non si utilizza la

macchina come motorino di avviamento.

Questi due anelli  $B_1$ ,  $B_2$  sono collegati rispettivamente ad una coppia di vertici opposti  $S_1$ ,  $S_2$  di un ponte di commutatori unidirezionali Q11, Q12, Q'11, Q'12 (rappresentati da tiristori) e di cui gli altri due vertici  $S_3$ ,  $S_4$  sono collegati rispettivamente alle due estremità dell'avvolgimento E.

Il senso di conduzione di questi commutatori, allo stato passante è il seguente:

Q11 è conduttivo nel senso  $S_1 \longrightarrow S_3$

Q12 è conduttivo nel senso  $S_1 \longrightarrow S_4$

Q'11 è conduttivo nel senso  $S_4 \longrightarrow S_2$

Q'12 è conduttivo nel senso  $S_3 \longrightarrow S_2$

I comandi di questi commutatori sono effettuati tramite due circuiti di comando distinti commutabili, ossia:

- per un funzionamento come convertitore di coppia, un circuito di comando che funziona a partire da un sensore di posizione del rotore intermedio RT rispetto allo statore F, e

- per un funzionamento come motorino di avviamento, un circuito di comando che funziona a partire da un sensore di posizione del rotore centrale RM rispetto al rotore intermedio RT.

Questi due circuiti di comando sono concepiti in modo tale che, secondo la posizione del rotore intermedio RT rispetto allo statore F o rispetto al rotore centrale RM, saranno conduttori, sia i commutatori Q11 e Q'11, sia i commutatori Q12 e Q'12.

Il funzionamento come motorino di avviamento si ottiene applicando le spazzole sugli anelli  $B_1$  e  $B_2$  per alimentarli con tensione continua + e - . L'assieme formato dal rotore centrale RM ed il rotore intermedio RT si comporta allora come un motore elettrico a corrente continua, di struttura invertita.

Il funzionamento come convertitore di coppia si ottiene cortocircuitando gli anelli  $B_1$  e  $B_2$  in modo da ottenere di nuovo un funzionamento analogo a quello precedentemente descritto, nel quale i due commutatori Q11 e Q'11 in serie svolgono la funzione del commutatore Q1 ed i commutatori Q12 e Q'12 in serie svolgono la funzione del commutatore Q'1. Questa soluzione si rivela vantaggiosa nonostante il lieve aumento delle perdite ohmiche dovute alla messa in serie di due commutatori.

Negli esempi precedentemente descritti, si utilizzava, per ognuna delle bobine E del rotore intermedio RT, un dispositivo di commutazione formato dai

commutatori  $Q_1, Q'_1$  o  $Q_{11}, Q_{12}, Q'_{11}, Q'_{12}$ . Conviene notare che questo numero di dispositivi di commutazione può essere notevolmente ridotto.

Infatti, il numero di tacche  $E_n, E'_n$  essendo un multiplo di  $2p$ , per esempio  $k \times 2p$ ,  $\underline{p}$  tacche si trovano in fase e  $\underline{p}$  tacche in opposizione di fase. Si possono quindi porre, mediante una diramazione alternata adeguata,  $2p$  tacche in serie. Sono sufficienti, in questo caso,  $\underline{k}$  dispositivi di commutazione indipendenti.

Si noterà, inoltre, che data l'importanza del coefficiente di autoinduzione delle bobine  $E$ , l'interruzione della corrente da parte dei commutatori dovrà effettuarsi in un punto di erogazione nulla della corrente alternata. Questo risultato può essere ottenuto facilmente utilizzando dei tiristori per la realizzazione degli elementi di commutazione.

Per l'utilizzazione come generatore, è sufficiente prelevare, nel corso del funzionamento come convertitore di coppia della macchina, una parte della corrente raddrizzata che circola nelle bobine  $E$ , a mezzo di spazzole che vengono ad applicarsi su due anelli rispettivi del rotore intermedio RT.

Nelle macchine come quella precedentemente descritta, risulta che i conduttori del rotore intermedio

sono attivi solo durante la metà del tempo. Ora, le perdite ohmiche sono proporzionali al quadrato dell'erogazione istantanea. I valori medi aumentano dunque più rapidamente dell'erogazione media, ossia la coppia.

La variante di attuazione rappresentata in figura 6 permette di rimediare a questo inconveniente. Secondo questa variante, le spire del rotore intermedio non sono più avvolte intorno a  $E_1$ ,  $E'_1$ . Infatti, si prevedono, sul rotore intermedio, tre cave interne per polo del rotore centrale RM e si realizza in queste cave un avvolgimento trifase classico. Nell'esempio rappresentato, il rotore centrale RM comprende otto poli bobinati e il rotore intermedio comprende, di conseguenza, 24 cave interne. Per maggiore chiarezza, è stato rappresentato schematicamente in questa figura, un solo avvolgimento corrispondente ad una fase, i segni  $\odot$  e  $\oplus$  permettono di indicare il senso dell'avvolgimento. Gli altri avvolgimenti (non rappresentati) si presentano in modo analogo ma rispettivamente sfalsati di una cava.

Il numero di cave esterne non è necessariamente uguale a quello delle cave interne. Esso è essenzialmente funzione del numero di coppie di poli dello statore F. Tuttavia, per ragioni di comodità, è stato rappresentato uno statore F a quattro

coppie di poli bobinati ed un rotore intermedio RT comprendente 16 cave esterne (ossia due cave per polo dello statore F').

In queste cave sono bobinati tre circuiti comprendenti ognuno quattro bobine disposte in serie e che sono in fase rispetto ai poli dello statore (in figura 6 è stato rappresentato soltanto uno di questi circuiti i cui avvolgimenti si trovano disposti in corrispondenza di ognuno dei poli Nord dello statore. Gli altri due circuiti si presentano in modo analogo ma sfalsati di una cava).

La figura 7 rappresenta schematicamente, in vista parziale sviluppata, il rotore intermedio RT tra il rotore centrale RM e lo statore F. Questa figura permette di porre in evidenza l'avvolgimento trifase montato nelle cave interne del rotore intermedio RT (fili 101, 102, 103) ed i tre gruppi di bobine in serie 104, 105, 106 (sfalsati per maggiore chiarezza) montati nelle cave esterne di questo stesso rotore intermedio RT.

Come si può vedere in figura 8, lo schema elettrico equivalente all'avvolgimento trifase, consiste nel montaggio di tre avvolgimenti 101', 102', 103', disposti a triangolo, mentre il circuito equivalente all'avvolgimento delle cave esterne del rotore intermedio consiste in tre circuiti indipendenti 104',

105', 106', comprendenti ciascuno quattro bobine in serie 107, 108, 109 (di cui soltanto tre sono state rappresentate per ogni circuito).

La corrente trifase prodotta dalle bobine 101', 102', 103', montate nelle cave interne del rotore intermedio RT, è raddrizzata a mezzo di un montaggio che utilizza due diodi invertiti 110, 111 per ognuno dei vertici del triangolo formato dalle bobine 101', 102', 103' e collegati rispettivamente ai due conduttori 112, 113 che assicurano la connessione tra le bobine interne 101, 102, 103 ed esterne 107, 108, 109 del rotore RT.

Questi conduttori 112, 113 assicurano l'alimentazione dei tre circuiti indipendenti 104, 105, 106 nell'avvolgimento esterno del rotore RT, tramite un circuito di commutazione 114, 115, 116 capace, sia di invertire il senso di passaggio della corrente nelle bobine 107, 108, 109 del circuito 104, 105, 106 corrispondente, in funzione della posizione del rotore RT rispetto allo statore F, sia di interrompere semplicemente questa corrente periodicamente in funzione di detta posizione.

E' evidente che, in questa forma di attuazione, il funzionamento della macchina come generatrice di corrente può essere ottenuto facilmente

collegando i conduttori 112 e 113 a due anelli montati sul rotore intermedio RT e sui quali sono in contatto delle spazzole.

Inoltre, si fa presente che il principio generale della macchina secondo l'invenzione, consiste nel prevedere al livello della faccia interna del rotore intermedio RT, uno o più circuiti elettrici primari nel quale si stabilisce, sotto l'effetto del campo del rotore centrale, una corrente elettrica, e a livello della faccia esterna del rotore intermedio, uno o più circuiti elettrici secondari, alimentati in modo comandato (in senso e in commutazione) a partire dal circuito o circuiti elettrici primari, il comando dell'alimentazione del circuito o circuiti secondari effettuandosi in modo tale che la coppia generata dal campo dello statore F sul circuito o circuiti secondari, venga ad aggiungersi alla coppia generata dal campo del rotore centrale RM sul circuito o circuiti primari.

Nelle forme di attuazione precedentemente descritte, sono stati illustrati due esempi di realizzazione di questi circuiti primari e secondari.

Nella forma di attuazione rappresentata nelle figure 1 a 4, la macchina comprende tanti circuiti primari e secondari quante sono le coppie di

cave interne-esterne sul rotore intermedio. I circuiti primari sono allora costituiti dai conduttori di ognuna delle bobine E passanti nelle cave interne ed i circuiti secondari sono costituiti dai conduttori di ognuna delle bobine E passanti nelle cave esterne.

Nella forma di attuazione rappresentata nelle figure 6 a 8, i circuiti primari sono costituiti da tre avvolgimenti del bobinaggio trifase, mentre i circuiti secondari sono costituiti da tre circuiti indipendenti comprendenti ognuno le quattro bobine montate in serie che si trovano in fase rispetto ai poli dello statore.

E' evidente che l'invenzione non è limitata a queste due forme di attuazione dei circuiti primari e secondari del rotore intermedio RT.

E' inteso che altri tipi di circuiti associati a dei dispositivi di commutazione adeguati possono essere utilizzati senza uscire dall'ambito dell'invenzione.

#### RIVENDICAZIONI

1. Macchina elettrica rotante comprendente in combinazione:

- uno statore (F) a s coppie di poli;
- un rotore centrale (RM) a p coppie di poli;

- un rotore intermedio (RT) comprendente, al livello della sua faccia interna, almeno un circuito elettrico primario che subisce il campo del rotore centrale (RM) e, a livello della sua faccia esterna, almeno un circuito elettrico secondario che subisce il campo dello statore, caratterizzata da ciò che comprende, incorporato al rotore intermedio, un circuito elettrico che effettua la connessione tra il circuito elettrico primario e il circuito elettrico secondario, questo circuito di connessione comprendente almeno un dispositivo di commutazione che comanda il passaggio della corrente del circuito secondario, il comando di questo dispositivo di commutazione effettuandosi a partire da almeno un sensore di posizione del rotore intermedio (RT) rispetto allo statore (F) o al campo risultante delle bobine eccitatrici dello statore (F) e dalla reazione d'indotto prodotta nel rotore intermedio (RT), detto sensore di posizione essendo pure integrato a detto rotore intermedio.

2. Macchina secondo la rivendicazione 1, caratterizzata da ciò che il rotore intermedio comprende  $g$  coppie di cave di cui ogni coppia è costituita, su uno stesso raggio, da una cava interna, lato rotore (RM) e da una cava esterna, lato statore

(F), da ciò che ogni coppia di cave alloggia una bobina (E) i cui fili esterni (BAE) sono destinati a subire principalmente il campo dello statore (F) e di cui i fili interni (BAI) sono destinati a subire il campo del rotore centrale (RM), e da ciò che ogni bobina (E) è chiusa su un dispositivo di commutazione comprendente almeno due commutatori a conduzione unidirezionale ( $Q_1, Q'_1$ ), montati sul rotore intermedio (RT) per lasciare passare rispettivamente la corrente in un senso o nell'altro nella bobina (E), e questo, in modo comandato in funzione del senso del campo dello statore subito dalla bobina (E).

3. Macchina secondo la rivendicazione 2, caratterizzata da ciò che le bobine (E) che si trovano in fase rispetto ai poli dello statore (F) sono montate in serie e sono comandate da un solo dispositivo di commutazione.

4. Macchina secondo la rivendicazione 1, caratterizzata da ciò che le cave esterne e interne del rotore intermedio sono rispettivamente munite di avvolgimenti interni ed esterni distinti.

5. Macchina secondo la rivendicazione 4, caratterizzata da ciò che l'avvolgimento interno del rotore intermedio (RT) è bobinato a guisa di un av-

volgimento trifase classico (101, 102, 103), da ciò che l'avvolgimento esterno comprende diversi circuiti (104, 105, 106) che comportano ciascuno diverse bobine (107, 108, 109) montate in serie e che sono in fase rispetto ai poli dello statore (F), e da ciò che la corrente trifase generata all'interno dell'avvolgimento trifase (101, 102, 103) è raddrizzata e in seguito trasmessa alle bobine (107, 108, 109) dell'avvolgimento esterno, tramite un dispositivo di commutazione (114, 115, 116) montato nel rotore e comandato in funzione della posizione del rotore intermedio (RT) rispetto allo statore (F).

6. Macchina secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzata da ciò che detti dispositivi di commutazione (Q1, Q'1, 114, 115, 116) sono costituiti da commutatori a comando direzionale che possono essere comandati da correnti di bassa intensità, come dei transistori o dei tiristori.

7. Macchina secondo la rivendicazione 6, caratterizzata da ciò che il comando di detti dispositivi di commutazione/effettua tramite componenti ad effetto Hall.

8. Macchina secondo una delle rivendicazioni 1 a 3, caratterizzata da ciò che, al fine di permettere un funzionamento della macchina come motorino

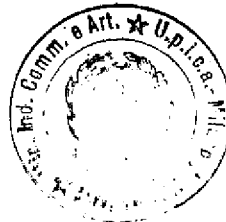
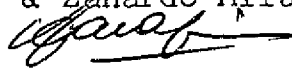
di avviamento a bordo di un autoveicolo, detti dispositivi di commutazione comprendono almeno due coppie di organi a conduzione unidirezionale ( $Q_{11}$ ,  $Q_{12}$ ,  $Q'_{11}$ ,  $Q'_{12}$ ), montati a ponte, di cui due estremità opposte ( $S_3$ ,  $S_4$ ) sono collegate alle estremità dell'avvolgimento del rotore intermedio (RT) associato, mentre le altre due estremità del ponte ( $S_1$ ,  $S_2$ ) sono collegate a degli anelli ( $B_1$ ,  $B_2$ ) atti a ricevere, tramite delle spazzole amovibili, una tensione continua di alimentazione, il comando dei dispositivi di commutazione effettuandosi allora in funzione della posizione del rotore centrale (RM) rispetto al rotore intermedio (RT), e da ciò che, in questo caso, il funzionamento come convertitore di coppia si ottiene cortocircuitando le spazzole e comandando i dispositivi di commutazione in funzione della posizione del rotore intermedio (RT) rispetto allo statore (F).

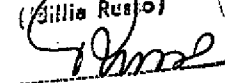
9. Macchina secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzata da ciò che al fine di utilizzare la macchina come generatore di corrente, si preleva, grazie a degli anelli e a delle spazzole addizionali, una frazione della corrente raddrizzata indotta nel rotore intermedio (RT) dal rotore centrale (RM), durante il funzionamento come conver-

titore di coppia della macchina.

10. Macchina secondo una delle rivendicazioni precedenti che serve da convertitore di coppia a bordo di un autoveicolo, caratterizzata da ciò che il rotore centrale (RM) è accoppiato al motore dell'autoveicolo ed il rotore intermedio (RT) è accoppiato alla trasmissione.

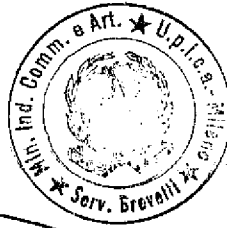
p. Ing. Barzanò & Zanardo Milano S.p.A.



l'Ufficiale Regante  
(Sillia Rusio)  


7180/MAT/vr/

24490A/82



l'Ufficiale Rogante  
(Italiano Russo)

*Barzano*

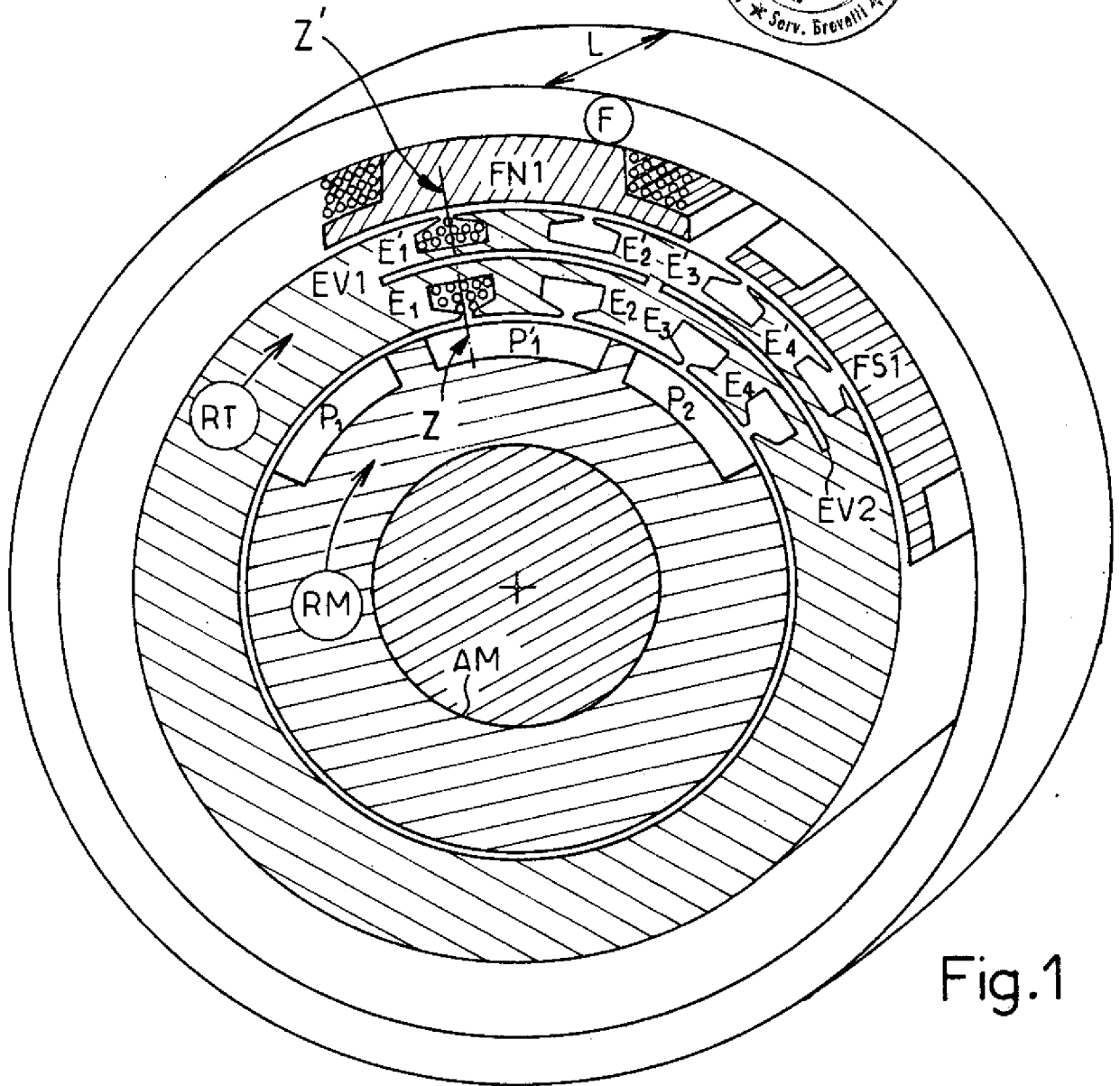


Fig.1

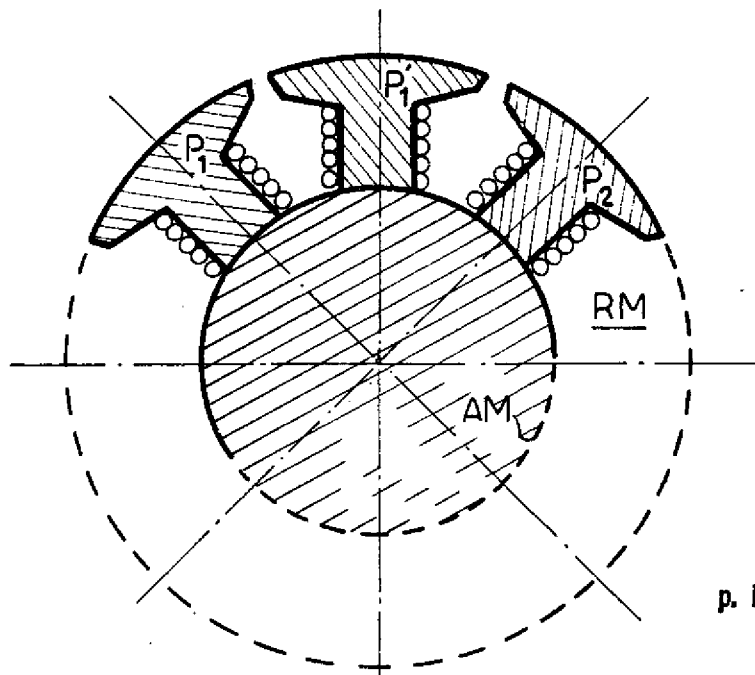


Fig.2

p. ING. BARZANO' & ZANARDO  
MILANO S.p.A.

*Barzano*

24410A/82

- (a)
- (b)
- (c)
- (d)
- (e)
- (f)

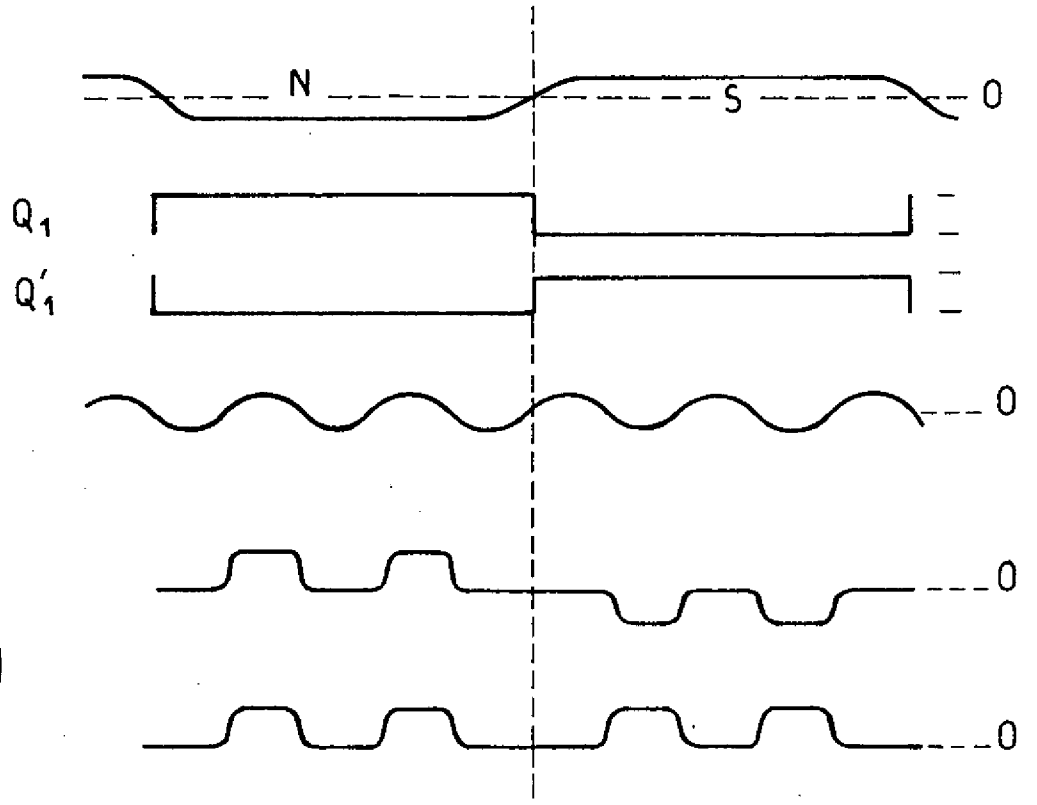
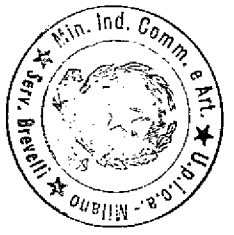


Fig. 4



Ufficio Rogante  
(Villie Russe)  
*[Signature]*

P. ING. BARZANO & ZANARDO  
MILANO S.p.A.  
*[Signature]*

24410A/82

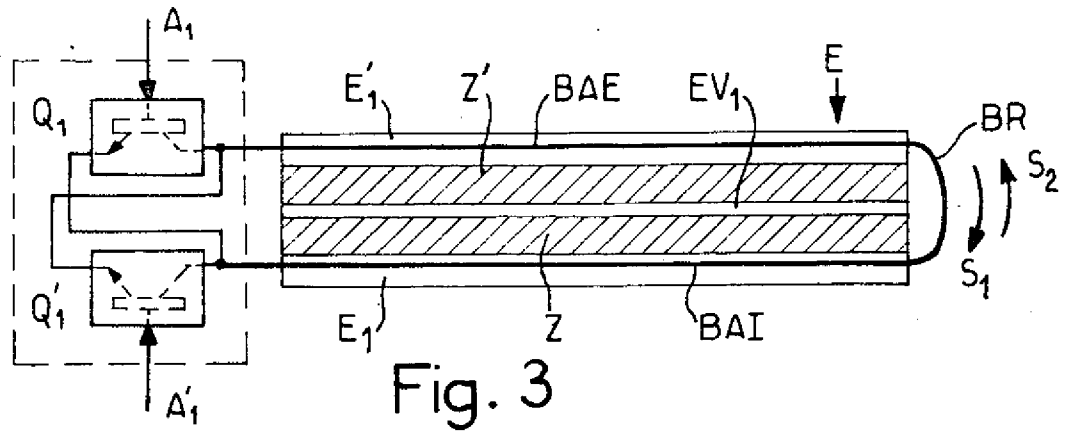


Fig. 3

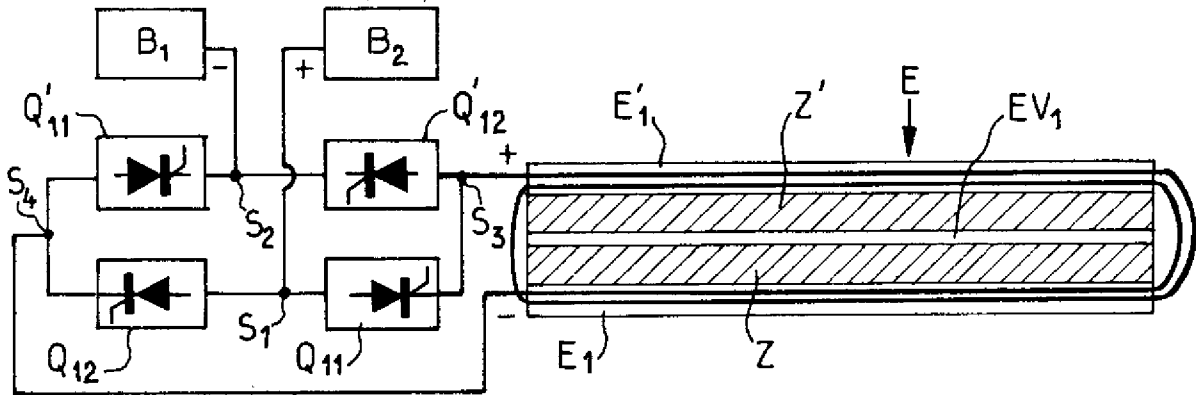
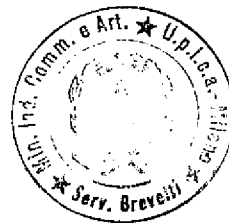


Fig. 5



l'Ufficio Rogante  
(Giulia Russo)  
*[Signature]*

p. ING. BARZANO' & ZANARDO  
MILANO S.p.A.

*[Signature]*

24410A/82

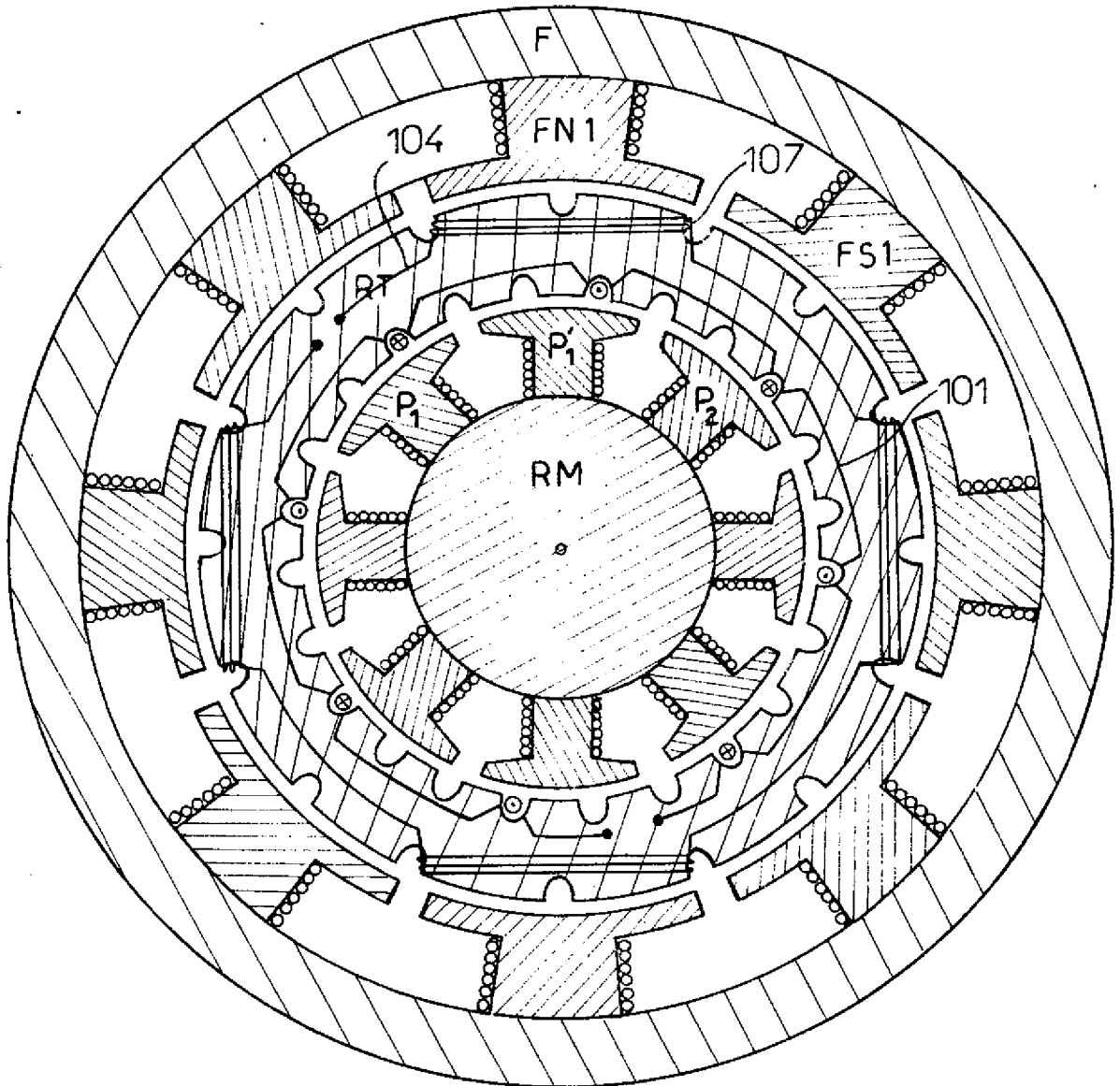
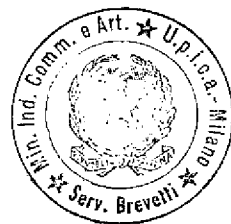


Fig. 6



l'Ufficiale Rogante  
(Gillie Russo)

*[Handwritten signature]*

p. ING. BARZANO & ZANARDO  
MILANO S.p.A.

*[Handwritten signature]*



*L'Ufficiale Rogante*  
(Lett. Rog.)  
*M. Rossi*

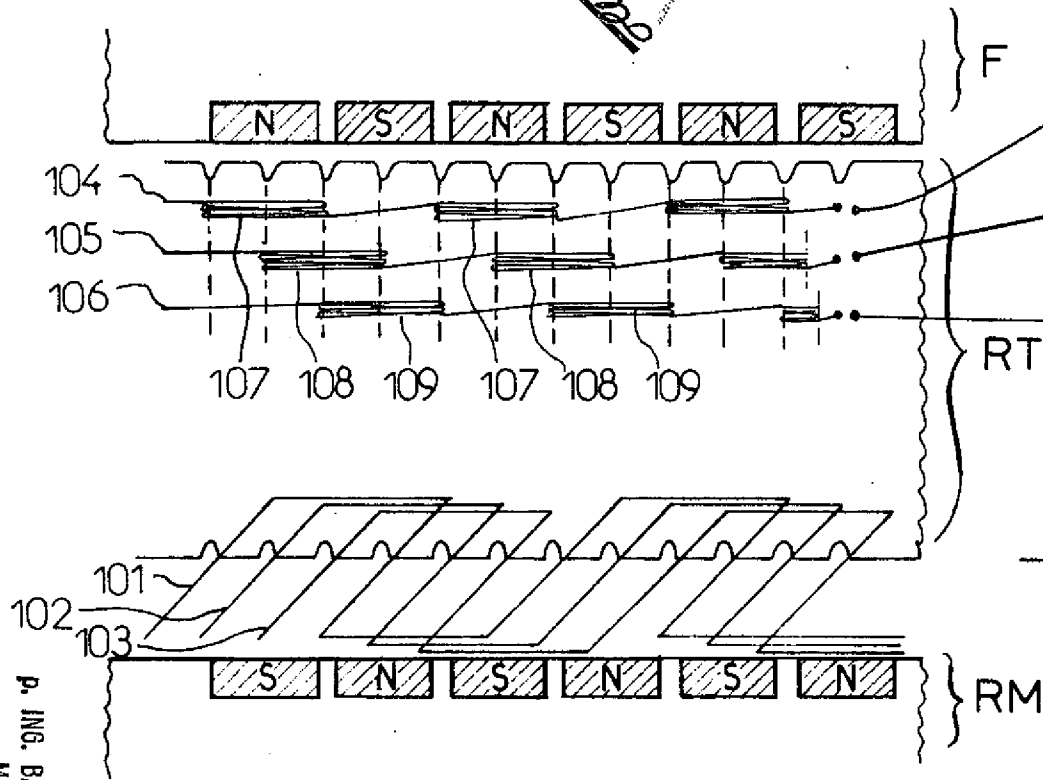


Fig. 7

P. ING. BARZANO & ZANARDO  
MILANO S.p.A.

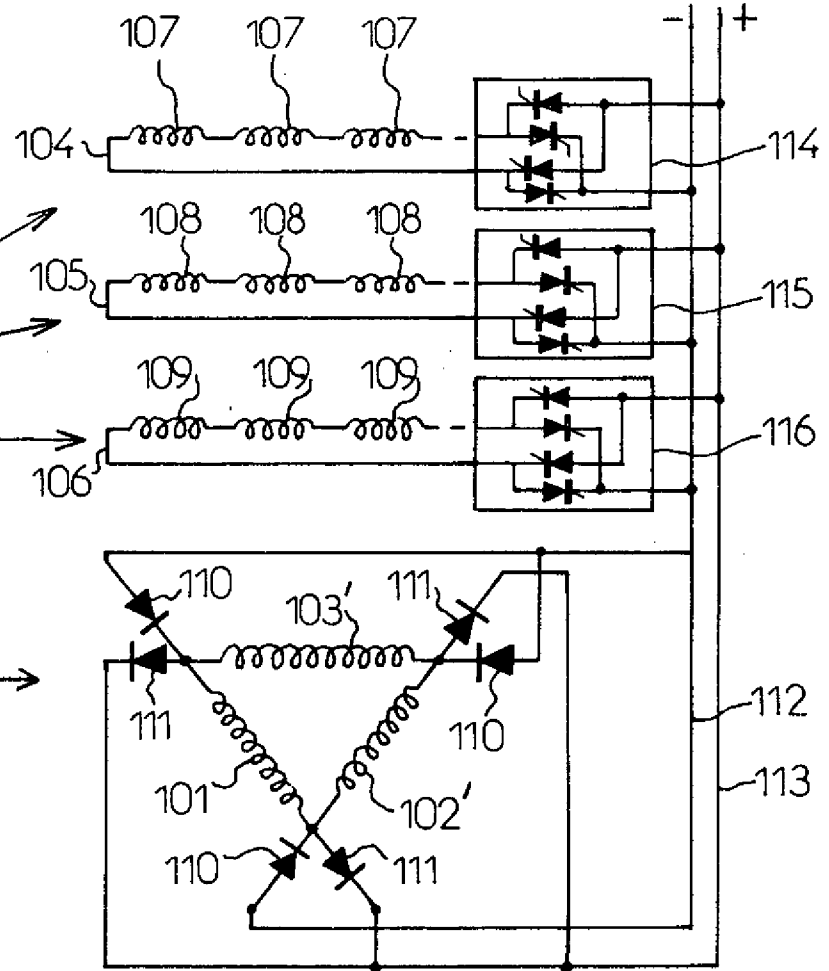


Fig. 8

24410A/82