



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

DOMANDA NUMERO	101998900684758
Data Deposito	12/06/1998
Data Pubblicazione	12/12/1999

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	02	P		

Titolo

DISPOSITIVO DI RAFFREDDAMENTO PER MOTORI ELETTRICI, PARTICOLARMENTE PER MOTORI ANTIDEFLAGRANTI.



ABB SISTEMI INDUSTRIALI S.p.A.,

con sede a Sesto San Giovanni (Milano), e

CONSORZIO ABB PER LO SVILUPPO TECNOLOGICO,

con sede a Milano.

12 GIU. 1998

DESCRIZIONE

MI 98 A 1351

Il presente trovato riguarda un dispositivo di raffreddamento per motori elettrici, in particolare per motori antideflagranti.

Come è noto, nelle macchine elettriche rotanti il calore generato durante il loro funzionamento per effetto Joule deve essere asportato al fine di mantenere ad una temperatura operativa stabilita la macchina elettrica stessa.

In caso contrario, l'innalzamento della temperatura causerebbe il danneggiamento dell'isolamento degli avvolgimenti della macchina elettrica ed il deterioramento delle parti non metalliche.

Il problema del raffreddamento delle macchine elettriche rotanti è stato affrontato in molti e differenti modi a seconda della potenza termica che risulta necessario dissipare. Per motori di piccola taglia vengono, per esempio, utilizzate alettature poste esternamente alla carcassa del motore, oppure viene montato direttamente sull'albero motore un ventilatore che ha lo scopo di forzare un passaggio di aria attraverso l'intercapedine che circonda il motore stesso.

Per motori di taglia maggiore, il calore generato viene rimosso generalmente mediante uno scambiatore di calore, posto esternamente alla cassa del motore.

La figura 1 illustra una struttura tipica di un motore elettrico con-



venzionale, indicato dal numero di riferimento 100, il quale è dotato di uno scambiatore di calore 101 disposto esternamente alla cassa del motore.

Tale scambiatore di calore può essere ad esempio uno scambiatore tubolare aria-aria. In tal caso l'aria calda interna al motore fluisce all'esterno dei tubi dello scambiatore di calore spinta da una o più ventole rese solidali con l'albero motore, mentre l'aria di raffreddamento, prelevata dall'ambiente circostante, viene convogliata da un'ulteriore ventola all'interno dei tubi dello scambiatore di calore.

Convenzionalmente, ci si riferisce al lato del fluido (aria) che scorre all'esterno dei tubi come lato "esterno" motore, mentre al fluido (aria) che scorre all'esterno dei tubi come lato "interno" motore.

Quando viene impiegato un liquido (acqua o olio) come fluido di raffreddamento, il motore viene generalmente equipaggiato con una camicia esterna nella quale vengono realizzati canali di passaggio del liquido. La realizzazione di tali canali può risultare particolarmente critica ed accresce quindi in modo significativo il costo del motore stesso.

Nel caso specifico di un motore antideflagrante è essenziale che i punti di comunicazione esistenti tra la parte interna del motore e l'atmosfera siano dimensionati in modo tale da evitare la propagazione all'esterno di un'eventuale fiamma che si sviluppa all'interno del motore stesso e/o la fuoriuscita di gas combusti ad elevata temperatura.

La potenza dissipata viene quindi rimossa mediante uno scambiatore di calore posto internamente alla cassa del motore stesso.

Un'attuale versione di motore antideflagrante illustrata in sezione nelle figure 2a e 2b prevede una ventilazione di tipo simmetrico, con due



ventole centrifughe interne 102 e 103, disposte contrapposte rispetto agli avvolgimenti del motore, ed una ventola centrifuga esterna 104 destinata ad immettere l'aria fredda dall'ambiente internamente ai tubi dello scambiatore.

In questo modo, si ha una ventilazione simmetrica, illustrata nella figura 2b, in cui le frecce indicate dai numeri di riferimento 105 e 106 indicano la direzione dei flussi di aria generati dai ventilatori 102 e 103 rispettivamente, mentre la freccia indicata dal numero di riferimento 107 indica la direzione del flusso di aria generato dal ventilatore 104.

Un setto 108 è previsto nello scambiatore tubolare, al fine di separare il circuito di ventilazione destro da quello sinistro. La funzione di tale setto è, come detto, anche quella di sostenere i tubi dello scambiatore di calore ed evitarne le vibrazioni durante l'esercizio.

Le ventole 102 e 103 sono rese solidali all'albero 109 del motore.

Tale soluzione tuttavia comporta un inconveniente dovuto al fatto che, come chiaramente illustrato nella figura 2b (che è una vista in sezione dello scambiatore di calore), la simmetria del dispositivo di ventilazione fa sì che lo scambiatore di calore lavori per metà in controcorrente, con elevata efficienza e per metà in equicorrente con un sensibile deterioramento delle prestazioni di raffreddamento. Ciò comporta quindi uno sfruttamento non ottimale della superficie di scambio termico.

Compito precipuo del presente trovato è quindi quello di realizzare un dispositivo di raffreddamento per motori elettrici, particolarmente per motori antideflagranti, in cui la superficie di scambio del dispositivo di raffreddamento sia sfruttata al meglio, pur mantenendo basse le perdite di



carico.

Nell'ambito di questo compito, uno scopo del presente trovato è quello di realizzare un dispositivo di raffreddamento per motori elettrici, particolarmente per motori antideflagranti, in cui il flusso raffreddatore esternamente ai tubi sia diretto con un angolo tale da incrementare il coefficiente di scambio termico.

Un altro scopo del presente trovato è quello di realizzare un dispositivo di raffreddamento per motori elettrici, particolarmente per motori antideflagranti, in cui il coefficiente globale di scambio termico sia il più elevato possibile a parità di perdite di carico.

Un altro scopo del presente trovato è quello di realizzare un dispositivo di raffreddamento per motori elettrici, particolarmente per motori antideflagranti, che eviti la comunicazione tra le parti interne del motore e l'atmosfera esterna, al fine di evitare deflagrazioni dovute a sviluppi di eventuali fiamme all'esterno del motore stesso.

Non ultimo scopo del presente trovato è quello di realizzare un dispositivo di raffreddamento per motori elettrici, particolarmente motori antideflagranti, che sia di elevata affidabilità, di relativamente facile realizzazione, ed a costi competitivi.

Questo compito, nonché questi ed altri scopi che meglio appariranno in seguito, sono raggiunti da un dispositivo di raffreddamento per motori elettrici, particolarmente per motori antideflagranti, caratterizzato dal fatto di comprendere:

- uno scambiatore di calore tubolare disposto entro la cassa del motore, il fascio tubiero costituente detto scambiatore di calore essendo



formato da tubi sostanzialmente allineati con l'asse del motore;

- una ventola solidale all'albero motore del motore e disposta internamente alla cassa, detta ventola essendo atta ad imporre al fluido da raffreddare una circolazione asimmetrica rispetto ad una sezione di mezzeria del motore perpendicolare all'asse del motore stesso.

Ulteriori caratteristiche e vantaggi del trovato risulteranno maggiormente dalla descrizione di forme di realizzazione preferite del dispositivo secondo il trovato, illustrate a titolo indicativo e non limitativo negli uniti disegni, in cui:

la figura 1 è una vista schematica di un motore elettrico convenzionale dotato di scambiatore di calore esterno;

la figura 2a è una vista laterale, parzialmente in sezione, illustrante un motore elettrico dotato di scambiatore di calore esterno;

la figura 2b è una vista in dettaglio, in sezione laterale, dello scambiatore di calore esterno del motore elettrico della figura 2a, di tipo noto;

la figura 3 è una vista schematica illustrante, in sezione parziale, un motore elettrico dotato di scambiatore di calore secondo il presente trovato;

la figura 4 è una vista in pianta del motore illustrato nella figura 3;

la figura 5 è una vista dettagliata della disposizione dei fasci tubieri dello scambiatore di calore del motore illustrato nelle figure 3 e 4;

la figura 6 è una vista schematica del motore dotato di scambiatore



di calore secondo il trovato, in cui è evidenziata la direzione del flusso di fluido di raffreddamento;

la figura 7 è una vista in pianta dello scambiatore tubolare interno al motore antideflagrante secondo il presente trovato;

la figura 8 è una vista illustrante una possibile disposizione di setti nello scambiatore tubolare secondo il trovato;

la figura 9a illustra il campo di moto del fluido di raffreddamento quando sono presenti quattro setti verticali nello scambiatore di calore secondo il trovato, illustrato in pianta;

la figura 9b è una vista analoga alla figura 9a, ma con la presenza di otto setti verticali;

la figura 9c è una vista laterale del campo di moto del fluido di raffreddamento nello scambiatore di calore secondo il trovato, in presenza di tre setti orizzontali; e

la figura 9d è una vista laterale del campo di moto del fluido di raffreddamento nello scambiatore di calore secondo il trovato, in presenza di tre setti orizzontali aventi una disposizione differente rispetto a quella illustrata nella figura 9c.

Le figure da 1 a 2b, già precedentemente descritte, non verranno qui più ulteriormente trattate.

Con riferimento quindi alle figure da 3 a 9d, in cui ad elementi uguali fanno riscontro numeri di riferimento uguali, il motore elettrico dotato di scambiatore di calore secondo il presente trovato viene qui indicato da numeri di riferimento differenti dai numeri di riferimento usati nelle analoghe figure corrispondenti al motore della tecnica nota.



Nelle figure da 3 a 9d, i numeri di riferimento usati sono invece sempre i medesimi.

Con riferimento quindi alla figura 3, il motore elettrico è dotato di una cassa esterna indicata dal numero di riferimento 4, e presenta un elemento di supporto 2 atto a sostenere lo statore 3 del motore. L'elemento di supporto 2 e la cassa 4 di forma cilindrica delimitano un'intercapedine 20 che si sviluppa attorno alle parti attive, statore 3 e rotore 5, del motore elettrico. Entro tale intercapedine 20 sono disposti in direzione longitudinali travi 6 e/o tondini 7 con funzione di rinforzo strutturale.

Le travi 6 delimitano un numero di settori circolari 15 (si osservi la vista in pianta della figura 4) entro i quali vengono disposti tubi 1 il cui asse è allineato con l'asse del motore.

Ciascuno dei settori circolari 15 costituisce un modulo dello scambiatore di calore che è indicato dal numero di riferimento 9. I tubi 1, come illustrato in dettaglio nella figura 5, sono disposti a quinconce e sono mandrinati alle estremità di due piastre tubiere 8 che chiudono la cassa 4 del motore elettrico.

Il passo longitudinale e trasversale con cui vengono disposti i tubi può variare da applicazione ad applicazione.

Un ventilatore 10, ad esempio di tipo centrifugo, è disposto internamente alla cassa 4 del motore elettrico ed è reso solidale all'albero 30 del motore stesso, ed ha lo scopo di far fluire verso l'esterno del motore, e quindi esternamente ai tubi dello scambiatore, l'aria calda interna al motore.

Il ventilatore 10 è atto ad imporre al fluido da raffreddare una cir-



colazione asimmetrica rispetto ad una sezione di mezzeria del motore perpendicolare all'asse del motore stesso.

In particolare, come illustrato in figura 6, il ventilatore 10 forza il fluido da raffreddare in ingresso allo scambiatore con direzione sostanzialmente perpendicolare all'asse dei tubi e scorre all'interno di esso in direzione sostanzialmente parallela a tale asse.

In aggiunta al ventilatore 10 è presente un secondo ventilatore 11 disposto esternamente alla cassa 4 del motore il quale è pure solidale all'albero 30 del motore ed ha lo scopo di immettere il fluido di raffreddamento, in questo caso l'aria prelevata dall'ambiente esterno, entro i tubi dello scambiatore di calore.

I due flussi di aria generati dalle ventole 10 e 11 hanno una direzione che è illustrata in dettaglio nella figura 6 mediante frecce, di cui la freccia 31 indica la direzione del flusso di aria di raffreddamento prelevata dall'esterno ed immessa mediante la ventola 11 entro i tubi dello scambiatore di calore, mentre la freccia 32 illustra la direzione del flusso di aria calda spinta dalla ventola 10 esternamente al motore.

In questo modo si ha un'efficienza termodinamica più elevata poichè i due fluidi, quello di raffreddamento proveniente dall'esterno dello scambiatore di calore e l'aria calda che proviene dall'interno del motore, scorrono in versi opposti internamente ed esternamente ai tubi; tale funzionamento in controcorrente permette in particolare di massimizzare il calore estratto a parità di superficie di scambio.

Le estremità dell'elemento di supporto 2 sono dotate di opportuni prolungamenti 12 atti a convogliare l'aria calda proveniente dal motore



esternamente al fascio tubiero 1 ed a ridurre il più possibile le zone di ricircolazione del fluido nella zona di ingresso ed uscita dello scambiatore di calore.

Inoltre, il coefficiente di scambio termico aumenta sensibilmente se il fluido che cede calore investe i tubi 1 dello scambiatore di calore con direzione perpendicolare all'asse dei tubi.

La configurazione a quinconce utilizzata, come illustrato nella figura 5, rispetto a quella in linea, accentua quest'ultimo vantaggio e richiede meno volume a parità di numero di tubi 1 utilizzati e quindi di superficie di scambio.

Vantaggiosamente, internamente ad ogni settore angolare 15 dello scambiatore di calore sono posti una serie di diaframmi 16. Tali diaframmi possono variare di numero e di posizione, sia assialmente che trasversalmente che longitudinalmente.

I setti 16 sono atti a convogliare il flusso di fluido da raffreddare in modo longitudinale-trasversale rispetto al fascio tubiero e permettere di massimizzare il coefficiente di scambio termico a parità di perdite di carico. Tali setti 16 inoltre sostengono i tubi 1 consentendo di evitare fastidiose vibrazioni durante il funzionamento del motore.

Le figure 7 e 8 illustrano una possibile disposizione dei setti 16 nello scambiatore tubolare interno al motore antideflagrante secondo il trovato.

Sono state individuate due possibili alternative per la disposizione dei setti o diaframmi 16, con l'obiettivo di ridurre al minimo le perdite di pressione, determinata la quantità di calore da smaltire.



In una prima forma di realizzazione si prevedono ad esempio tre setti di 72° ciascuno disposti su corone circolari, il primo in corrispondenza del limite dello statore del motore, il secondo in corrispondenza della fine dello statore ed il terzo in posizione intermedia.

Tale soluzione è illustrata nella figura 9d, in vista laterale, in cui è altresì evidenziato il campo di moto del fluido di raffreddamento dello scambiatore di calore.

Le figure 9a e 9b illustrano in vista in pianta i campi di moto rispettivi quando sono impiegati quattro setti verticali ed otto setti verticali rispettivamente.

Al contrario, le figure 9c e 9d, come detto, illustrano i campi di moto quando sono previsti tre setti orizzontali di dimensione differente. La figura 9c illustra una disposizione di setti 16, in cui l'ultimo setto è più lungo dei primi due. Al contrario, la figura 9d illustra una disposizione sempre di tre setti orizzontali 16, in cui il primo è il più lungo.

I setti possono essere disposti, come visto, sostanzialmente perpendicolarmente all'asse dei tubi e sfalsati tra loro lungo tale asse in profondità e/o in altezza.

Nella figura 9a e nelle figure seguenti i setti 16 sono disposti a scalare.

Dato che, come detto in precedenza, in un motore antideflagrante è essenziale poter ridurre allo stretto indispensabile i punti di comunicazione fra l'interno del motore e l'atmosfera esterna in modo tale da evitare la propagazione all'esterno di un'eventuale fiamma che può svilupparsi entro il motore stesso, la potenza dissipata viene rimossa mediante lo



scambiatore tubolare disposto internamente alla cassa 4 del motore.

In tale modo l'insieme del motore più scambiatore di calore non presenta punti di comunicazione fra l'interno del motore e l'esterno se non attraverso opportuni labirinti che sono comunque dimensionati per evitare la fuoriuscita di un'eventuale fiamma.

Si è in pratica constatato come il dispositivo di raffreddamento secondo il trovato assolva pienamente il compito prefissato in quanto consente di aumentare il calore scambiato a parità di superficie mediante impiego di un sistema di raffreddamento asimmetrico, ed al contempo di mantenere basse le perdite di carico, evitando inoltre vibrazioni del fascio tubiero dello scambiatore di calore durante il funzionamento del motore.

Inoltre, si ha il vantaggio di ridurre la superficie di scambio a parità di calore generato dal motore o, viceversa, a parità di superficie dello scambiatore, di poter smaltire più calore e quindi potenzialmente incrementare la potenza erogata dal motore stesso.

Il dispositivo così concepito è suscettibile di numerose modifiche e varianti, tutte rientranti nell'ambito del concetto inventivo; inoltre, tutti i dettagli potranno essere sostituiti da altri elementi tecnicamente equivalenti.

In pratica, i materiali impiegati, purchè compatibili con l'uso specifico, nonchè le dimensioni, potranno essere qualsiasi secondo le esigenze e lo stato della tecnica.

* * * * *



RIVENDICAZIONI

1. Dispositivo di raffreddamento per motori elettrici, particolarmente per motori antideflagranti, caratterizzato dal fatto di comprendere:

- uno scambiatore di calore tubolare disposto entro la cassa del motore, il fascio tubiero costituente detto scambiatore di calore essendo formato da tubi sostanzialmente allineati con l'asse del motore;

- una ventola solidale all'albero motore del motore e disposta internamente alla cassa, detta ventola essendo atta ad imporre al fluido da raffreddare una circolazione asimmetrica rispetto ad una sezione di mezzeria del motore perpendicolare all'asse del motore stesso.

2. Dispositivo di raffreddamento secondo la rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che il fluido da raffreddare è forzato in ingresso allo scambiatore con direzione sostanzialmente perpendicolare all'asse dei tubi e scorre all'interno di esso in direzione sostanzialmente parallela a detto asse.

3. Dispositivo di raffreddamento secondo una o più delle rivendicazioni precedenti caratterizzato dal fatto di comprendere una ventola solidale all'albero motore del motore e disposta esternamente alla cassa, detta ventola essendo atta ad imporre al fluido di raffreddamento una circolazione all'interno dei tubi dello scambiatore in controcorrente rispetto al fluido da raffreddare.

4. Dispositivo di raffreddamento secondo una o più delle rivendicazioni precedenti caratterizzato dal fatto che i tubi dello scambiatore di calore sono disposti quinconce.

5. Dispositivo di raffreddamento secondo una o più delle rivendica-



zioni da 2 a 4 caratterizzato dal fatto di prevedere una pluralità di setti, disposti internamente a detto scambiatore di calore, atti a convogliare il flusso del fluido da raffreddare in modo longitudinale-trasversale rispetto al fascio tubiero e a sostenere i tubi.

6. Dispositivo di raffreddamento secondo la rivendicazione 5 caratterizzato dal fatto che detti setti sono disposti sostanzialmente perpendicolarmente all'asse dei tubi e sfalsati tra loro lungo tale asse in profondità e/o in altezza.

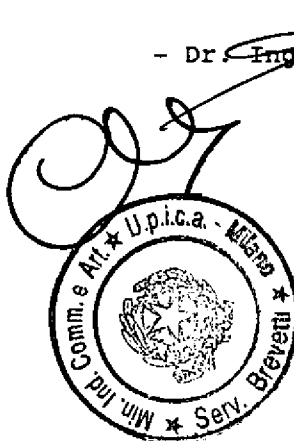
7. Dispositivo di raffreddamento secondo una o più delle rivendicazioni precedenti caratterizzato dal fatto che detti setti sono disposti entro una intercapedine definita da un elemento di supporto atto a sostenere lo statore del motore elettrico.

8. Dispositivo di raffreddamento secondo la rivendicazione 7 caratterizzato dal fatto che detta intercapedine è suddivisa in una pluralità di settori circolari entro i quali sono disposti detti tubi.

9. Dispositivo di raffreddamento secondo la rivendicazione 8 caratterizzato dal fatto che detto elemento di supporto è dotato di prolungamenti atti a convogliare il fluido da raffreddare nello scambiatore.

Il Mandatario:

- Dr. Ing. Guido MODIANO -



MI 98 A 13 5 1

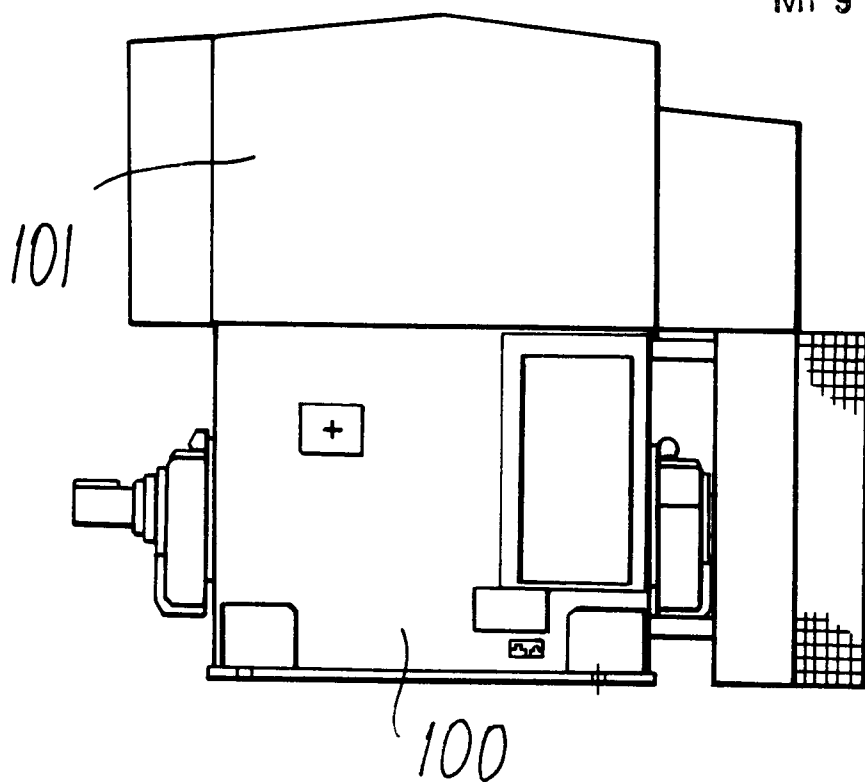


Fig. 1

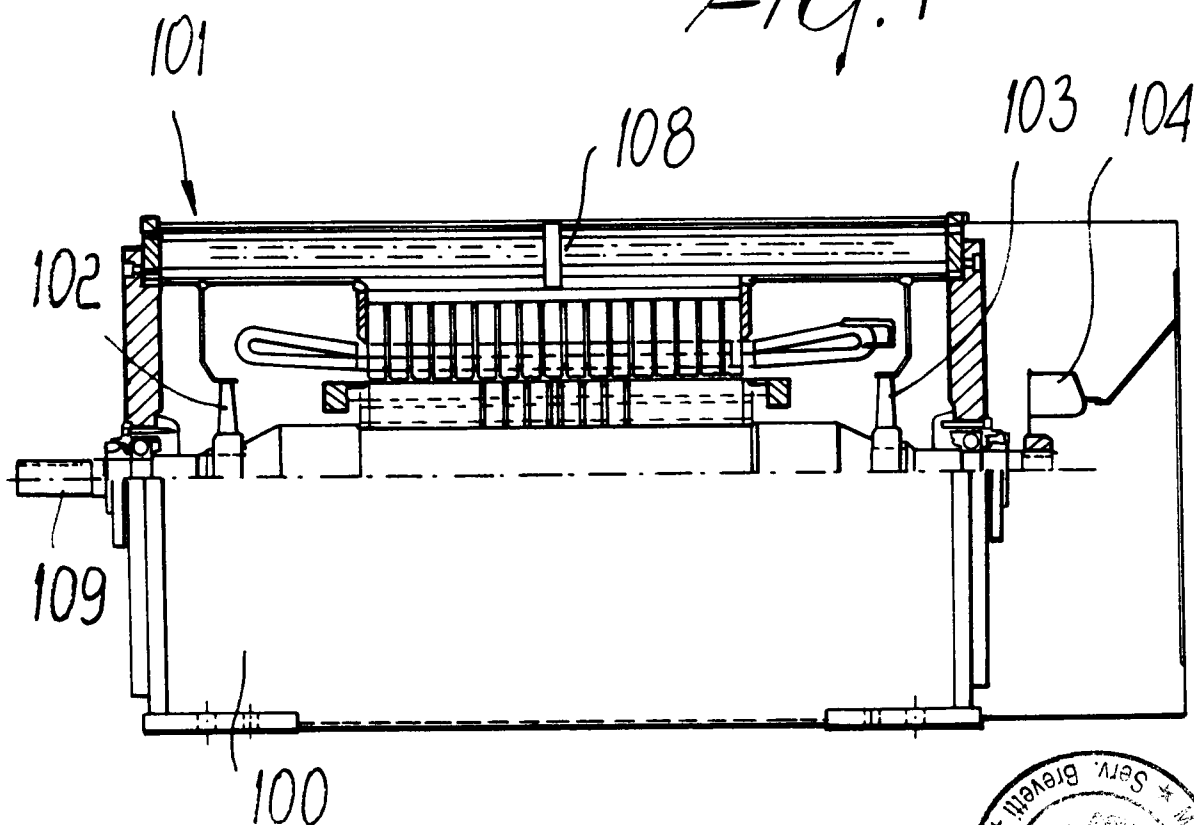
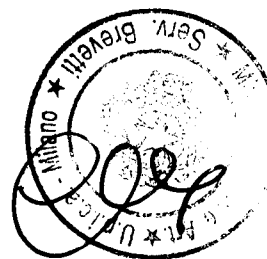


Fig. 2a



MI 98 A 13 51

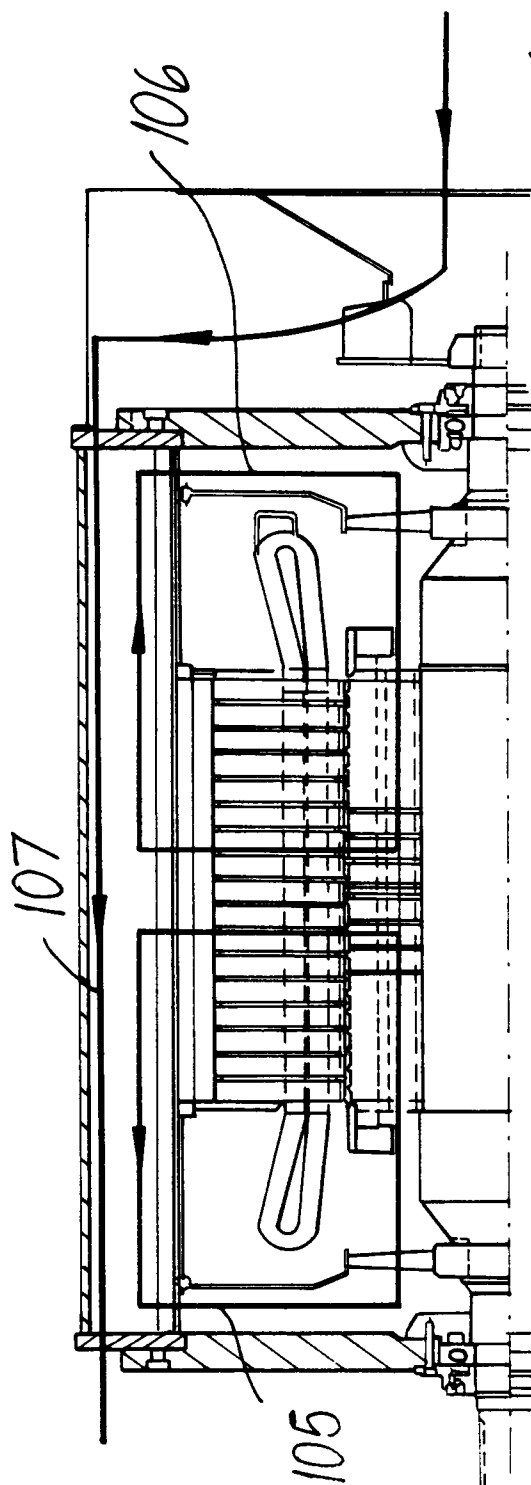


Fig. 26

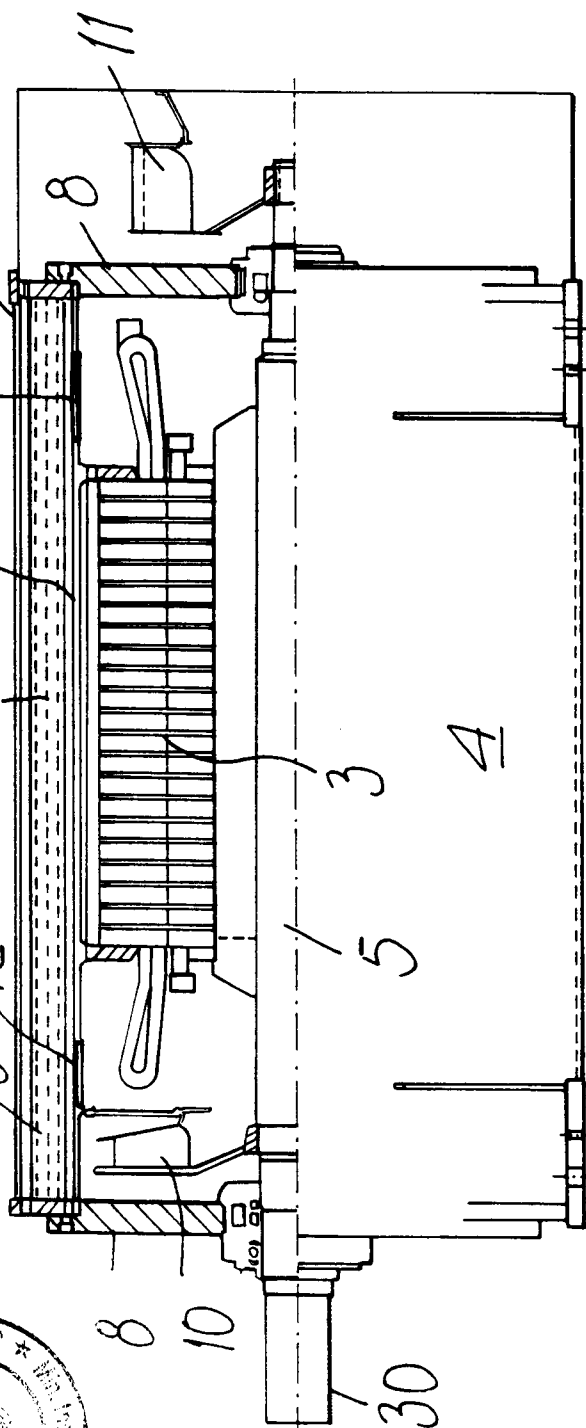
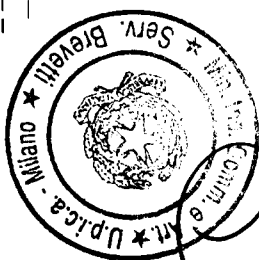


Fig. 3



MI 98 A 13 5 1

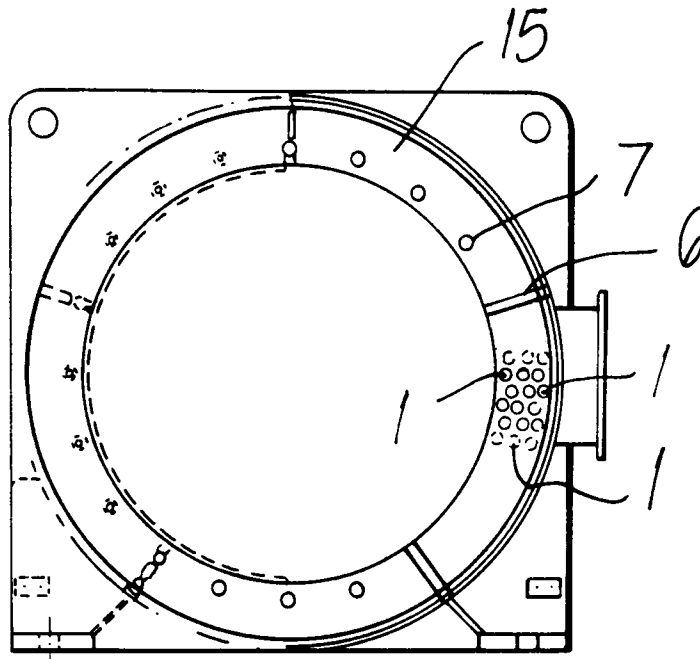


Fig. 4

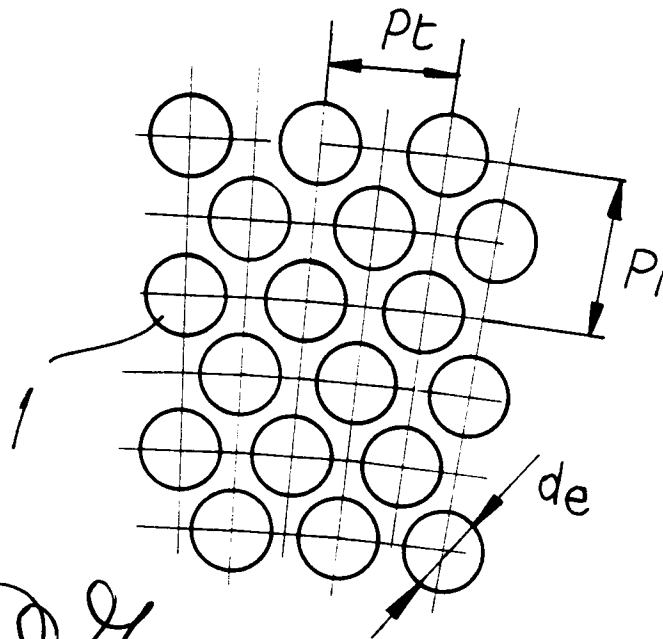
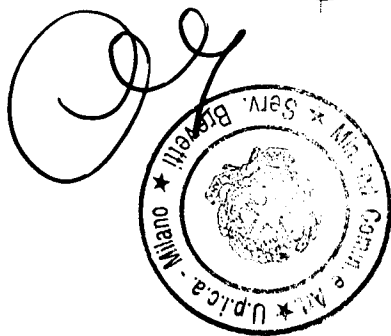


Fig. 5



[Handwritten signature]

MI 98 A 1351

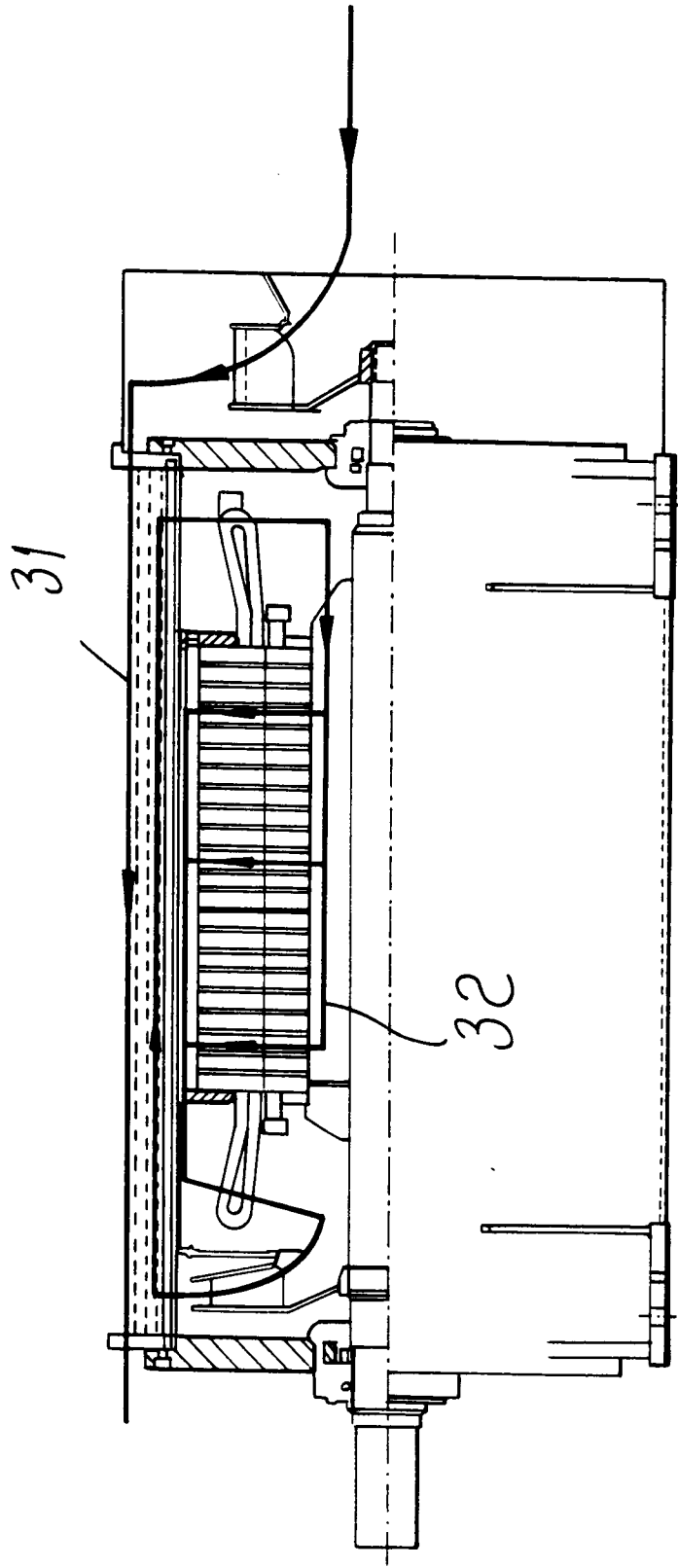
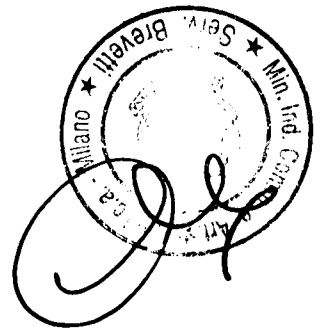


Fig. 6



MI 9 8 A 13 5 1

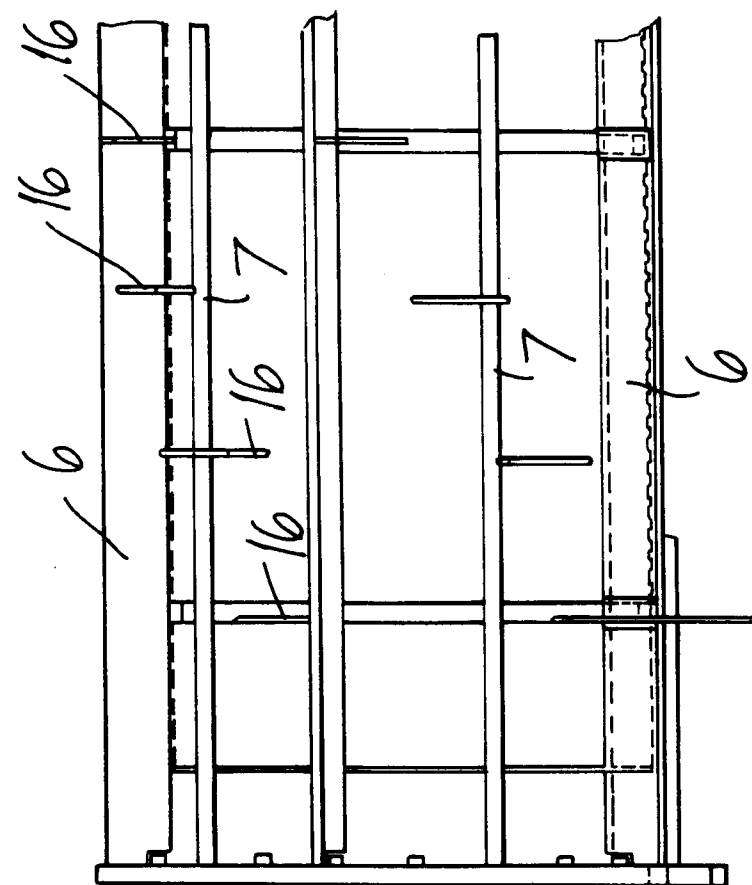


Fig. 8

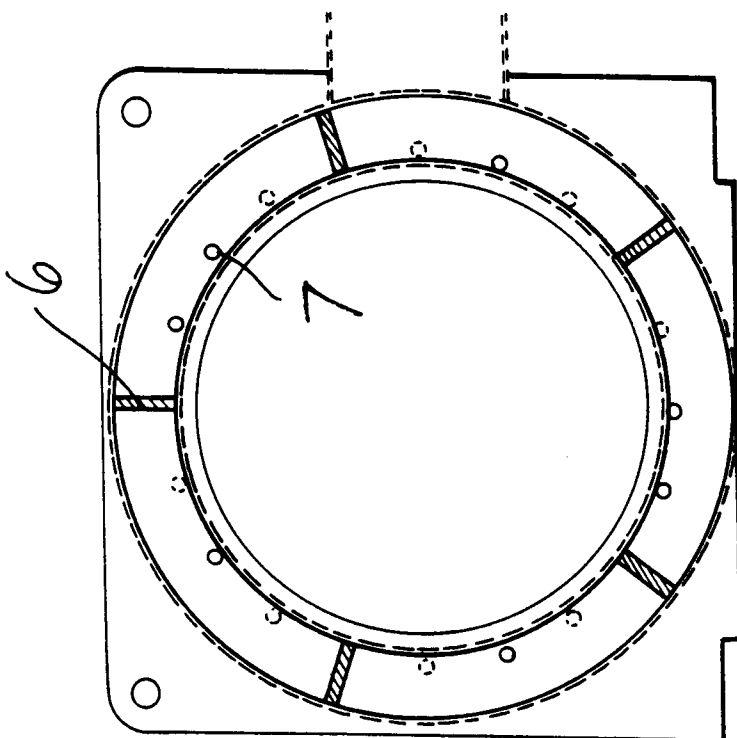
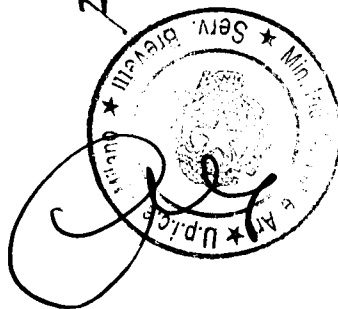


Fig. 7



MI 98 A 13 51

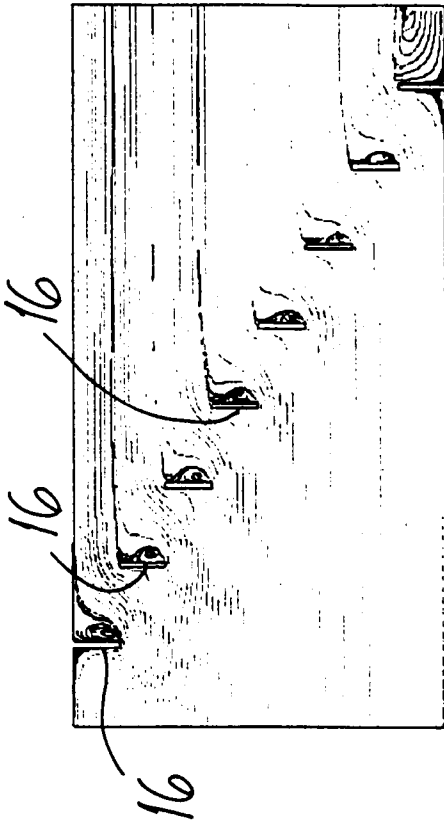


Fig. 9b

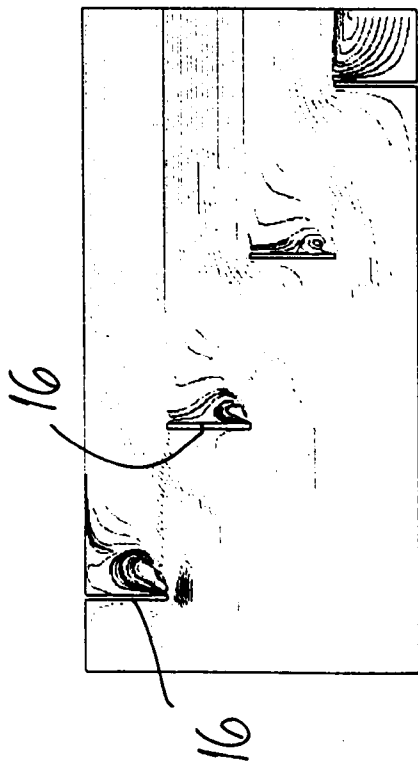


Fig. 9a

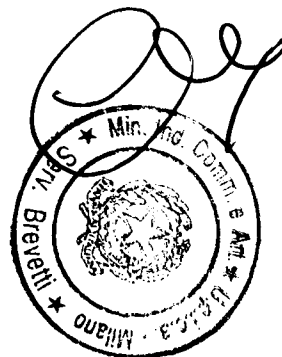


Fig. 9c



Fig. 9d

[Handwritten signature]