



CONFEDERAZIONE SVIZZERA

UFFICIO FEDERALE DELLA PROPRIETÀ INTELLETTUALE

⑪ CH 673 360 A5

⑤① Int. Cl.⁵: H 02 K 1/18

Brevetto d'invenzione rilasciato per la Svizzera ed il Liechtenstein
 Trattato sui brevetti, del 22 dicembre 1978, fra la Svizzera ed il Liechtenstein

⑫ **FASCICOLO DEL BREVETTO** A5

⑳ Numero della domanda: 554/88

㉔ Data di deposito: 16.02.1988

㉓ Priorità: 19.03.1987 IT 12443/87

㉔ Brevetto rilasciato il: 28.02.1990

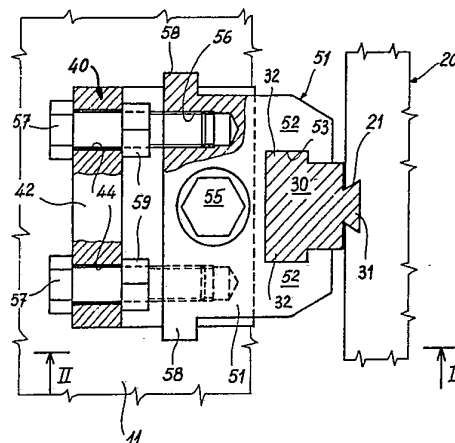
④⑤ Fascicolo del
brevetto pubblicato il: 28.02.1990㉓ Titolare/Titolari:
Ansaldo Componenti S.p.A., Genova (IT)㉔ Inventore/Inventori:
Panarese, Orlando, Genova (IT)
Silei, Marco, Genova (IT)㉔ Mandatario:
Dipl.-Ing. Hannspeter Grieskamp
Patentanwaltsbureau, Ebmingen⑤④ **Dispositivo per il pre-tensionamento del pacco anulare di lamierini dello statore di un generatore elettrico di grandi dimensioni.**

⑤⑦ Si tratta di un dispositivo per realizzare il pre-tensionamento del pacco di lamierini (20) dello statore di un generatore elettrico di grandi dimensioni.

Un opportuno numero di dispositivi di ancoraggio (40) viene sistemato tra le pareti anulari (11) della carcassa (10) ed il pacco di lamierini (20) dello statore in modo distribuito uniformemente in altezza e circolarmente.

Ciascun dispositivo di ancoraggio (40), a mezzo del quale si realizza il citato pre-tensionamento, prevede una piastra di base con flangia verticale (42) fissata ad una delle pareti anulari (11) della carcassa (10), ad esempio a mezzo di saldatura, ed una staffa (51) dotata di braccia a tenaglia (52) a mezzo delle quali è in grado di afferrare le ali (32) ricavate su tiranti-chiavetta (30) dotati di una nervatura coda di rondine (31) atta ad inserirsi in una corrispondente sede (21) predisposta sull'estradosso del pacco di lamierini (20).

Il pre-tensionamento del pacco statore è effettuato esercitando una trazione centrifuga sulle staffe (51) e bloccandole a mezzo di viti (57) disposte tra la flangia verticale (42) della piastra di base e la staffa (51).



RIVENDICAZIONI

1. Dispositivo per il pre-tensionamento del pacco anulare (20) di lamierini formanti lo statore di un generatore elettrico di grandi dimensioni, statore del tipo che prevede una carcassa di sostegno (10) formata da una virola cilindrica (12) e da pareti anulari sovrapposte (11) il cui bordo sostiene tiranti-chiavetta (30) che bloccano assialmente, con dadi (33) il pacco di lamierini (20) e, radialmente mediante una chiavetta a coda di rondine (31) sporgente da detti tiranti (30) ed alloggiata in corrispondenti scanalature (21) ricavate sulla superficie esterna del pacco di lamierini (20), caratterizzato dal fatto che è costituito da una pluralità di dispositivi di ancoraggio (40) ciascuno dei quali comprende:

a) una piastra di base (41) fissata all'intradosso delle pareti anulari (11) della carcassa (10) dello statore, a mezzo di saldatura;

b) una staffa (51) dotata di bracci a tenaglia (52) in grado di afferrare opportune ali (32) sporgenti circonferenzialmente dai tiranti-chiavetta (30).

c) mezzi di tensionamento (57) con appoggio sulla piastra di base in grado di esercitare e mantenere uno sforzo di trazione centrifugo sulla staffa (51) e quindi sul pacco di lamierini (20).

2. Dispositivo, secondo la rivendicazione precedente, caratterizzato dal fatto che ciascuna piastra di base (41) prevede una flangia verticale (42) attraversata da fori passanti (44) per una coppia di viti di trazione (57), il cui gambo filettato è avvitabile entro corrispondenti fori filettati (56) predisposti sul dorso della staffa (51).

3. Dispositivo secondo le rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che tra detta flangia (42) della piastra di base (41) e la staffa (51), sulle citate viti di trazione (57), sono disposti dadi di bloccaggio (59).

4. Dispositivo secondo le rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta staffa (51) è dotata di un foro verticale (54) per una vite di trattenuta (55) che con il suo gambo filettato si avvita in un corrispondente foro (43) predisposto sulla piastra di base (41); in cui detto foro (54) praticato sulla staffa (51) per la vite di trattenuta (55) ha diametro maggiore del gambo della vite (55).

5. Dispositivo secondo le rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta staffa (51) prevede alette (58) sporgenti circonferenzialmente atte a fornire una superficie di scontro per un attrezzo in trazione ad U (60), tra la cui traversa centrale (63) ed il dorso esterno della flangia verticale (42) della piastra di base (41) è inserito un martinetto (64).

DESCRIZIONE

L'oggetto della presente invenzione è costituito da un dispositivo per il pre-tensionamento del pacco anulare di lamierini dello statore di un generatore elettrico di grandi dimensioni.

La progettazione dei grandi generatori elettrici lenti ad asse verticale impone l'adozione di soluzioni costruttive opportune per superare i problemi connessi con le grandi dimensioni geometriche tipiche di questa famiglia di generatori. Il progettista dei componenti dello statore e del rotore deve infatti tenere sotto controllo non solo il loro stato di tensione, ma anche il loro stato di deformazione.

In questa categoria di problemi uno tipico e fondamentale è quello legato alla ondulazione per carico di punta (buckling) dei lamierini del pacco statore. L'aumento delle dimensioni geometriche, legato all'incremento della potenza ed al numero di polarità, rende il pacco statore di queste macchine sempre più sensibile a tale fenomeno, in quanto l'incremento del suo diametro medio non è accompagnato da un pari incremento delle sue dimensioni radiali. Lo statore è realizzato mediante un pacco di

lamierini di piccolo spessore disposti in strati sovrapposti, ciascuno assimilabile ad una corona anulare, ed è sottoposto, in funzionamento, ad un sistema di forze che danno a sollecitazioni di compressione. Poiché sollecitazioni anche di modesta entità possono diventare pericolose per i lamierini dal punto di vista del fenomeno dell'ondulazione, il progetto meccanico dello statore deve essere condotto con particolare attenzione allo stato di sollecitazione del pacco in tutte le condizioni di funzionamento.

Qui di seguito sono descritte le forze che causano l'ondulazione dei lamierini dello statore.

Il diverso regime termico, che si instaura nel pacco di lamierini dello statore e nella carcassa, in funzionamento, può generare il fenomeno dell'ondulazione dei lamierini. Come è noto il pacco di lamierini dello statore, sede di perdite elettromagnetiche, ha una temperatura media di regime superiore a quella della carcassa, che è riscaldata solo indirettamente dall'aria che ha attraversato i canali di ventilazione. Il pacco di lamierini dello statore tende perciò ad espandersi radialmente in maniera superiore alla carcassa e pertanto risulta non sollecitato solo se quest'ultima non crea un vincolo alla sua libera dilatazione. Se invece la carcassa ne impedisce la libera dilatazione, ossia ne esercita una azione di cerchiatura, la forza mutua in corrispondenza del vincolo pacco-carcassa, che ha direzione centrifuga sulla carcassa e direzione centripeta sul pacco, genera su quest'ultimo una sollecitazione tangenziale di compressione tanto maggiore quanto più grande è la loro differenza di temperatura e quanto più grande è la rigidità radiale della carcassa.

È intuitivo inoltre che questa azione di cerchiatura si esalta se la carcassa non è libera di dilatarsi radialmente sulle fondazioni, ossia se il vincolo carcassa-fondazione impedisce parzialmente o totalmente la dilatazione termica imposta dalla temperatura.

Lo stato di compressione del pacco può essere ridotto, a parità di altre condizioni, agendo sul progetto della carcassa nel senso di ridurne la rigidità radiale. Tuttavia questa azione non può essere spinta oltre certi limiti in quanto la carcassa deve essere in grado di sopportare senza notevoli deformazioni e trasmettere alle fondazioni la forza tangenziale dovuta alla coppia elettromagnetica di regime e quella dovuta alle coppie elettromagnetiche transitorie per corto-circuito o per falso parallelo.

Anche il « tiro magnetico » tra statore e rotore è causa dell'ondulazione dei lamierini. Agisce infatti con direzione centripeta sull'intradosso del pacco e dà quindi origine ad una sollecitazione tangenziale di compressione. Sotto questo aspetto il vincolo pacco-carcassa agisce in modo opposto a quello precedentemente descritto, ossia nel senso di attenuare lo stato di compressione del pacco; l'azione mutua tra pacco e carcassa ha infatti direzione centrifuga sull'estradosso del pacco.

La determinazione della sollecitazione tangenziale di compressione che innesci l'ondulazione non è facilmente calcolabile per via teorica. Oltre alle dimensioni geometriche del pacco infatti, altri fattori, quali ad esempio lo spessore dei lamierini, la loro pressione di assiemamento il cui valore può tuttavia variare durante la vita della macchina, il passo circonferenziale dei tiranti di pressatura, condizionano in maniera anche determinante il fenomeno. La sua gravità è evidente: il pacco perde la compattezza assiale e si possono creare danni all'avvolgimento.

Il progetto dello statore deve pertanto mirare all'eliminazione della causa che sta all'origine del fenomeno e pertanto deve essere orientato a mantenere entro bassi livelli lo stato di compressione del pacco.

È necessario quindi assicurare la libera dilatazione termica dello statore sulle fondazioni, annullare od almeno minimizzare l'effetto di cerchiatura esercitato sul pacco della carcassa, ridurre la sollecitazione dovuta al tiro magnetico.

Il dispositivo secondo l'invenzione è impiegabile per il pre-

tensionamento del pacco anulare dei lamierini formanti lo statore di un generatore elettrico di grandi dimensioni. Lo statore cui è applicabile il dispositivo secondo l'invenzione, prevede una carcassa di sostegno formata da una virola cilindrica e da pareti anulari sovrapposte il cui bordo sostiene tiranti-chiavetta che bloccano assialmente, con dadi, un pacco di lamierini e che bloccano radialmente detti lamierini mediante una chiavetta a coda di rondine sporgente da detti tiranti ed alloggiata in corrispondenti scanalature ricavate sulla superficie esterna del pacco di lamierini.

Il dispositivo secondo l'invenzione ed in conformità alla rivendicazione 1, comprende una pluralità di dispositivi di ancoraggio, ciascuno dei quali comprende:

- a) una piastra di base fissata all'intradosso delle pareti anulari della carcassa dello statore, a mezzo di saldatura;
- b) una staffa dotata di bracci a tenaglia in grado di afferrare opportune ali sporgenti circonferenzialmente da tiranti-chiavetta.
- c) mezzi di tensionamento in grado di esercitare e mantenere uno sforzo di trazione centrifugo sulla staffa e quindi sul pacco di lamierini.

I vantaggi e le caratteristiche dell'invenzione risulteranno inoltre dalla descrizione che segue, relativa a forme di esecuzione scelte a solo titolo di esempio con particolare riferimento alle allegate tavole di disegni in cui:

- la figura 1 mostra in sezione verticale la carcassa ed il pacco di lamierini dello statore di un generatore elettrico di grandi dimensioni attrezzato con i dispositivi di ancoraggio secondo l'invenzione;
- la figura 2 mostra, in scala maggiore, uno dei dispositivi di ancoraggio secondo l'invenzione già illustrato nella precedente figura 1; in figura 2 lo spessore dei lamierini non è rappresentato in scala ma è ingrandito per chiarezza;
- la figura 3 mostra, in pianta, il dispositivo di ancoraggio di cui alla figura 2;
- la figura 4 mostra, in pianta un'attrezzatura mobile da utilizzare per il pre-tensionamento del pacco di lamierini dello statore ed applicabile, in opportuna successione, ai dispositivi di ancoraggio rivendicati;
- la figura 5 mostra lo schema delle forze che si sviluppano tra carcassa e pacco di lamierini dello statore per effetto della differenza di temperatura tra pacco e carcassa;
- la figura 6 è analoga alla precedente ma si riferisce alle forze che si sviluppano tra pacco e carcassa per effetto del tiro magnetico esercitato sul pacco dello statore dal rotore.

Con particolare riferimento a tali figure: con 10 è indicata, in sezione radiale, la carcassa dello statore formata da una serie di pareti o piastre anulari 11A - 11F collegate tra di loro da una virola cilindrica 12 in corrispondenza del loro estradosso.

Eventuali diaframmi radiali di irrigidimento non sono illustrati nella figura per semplicità di rappresentazione. La carcassa anulare 10 è sostenuta da un basamento 13, rappresentato solo schematicamente.

Con 20 è rappresentato lo statore formato da un pacco di lamierini sovrapposti, dotati, ad intervalli circonferenziali regolari, di scanalature con sezione a coda di rondine 21 (vedi fig. 3) nelle quali sono inserite le nervature complementari 31 di tiranti-chiavetta 30.

Ciascun tirante-chiavetta 30 è sostenuto e sollecitato verso l'esterno, in direzione centrifuga, da un opportuno numero di dispositivi di ancoraggio 40, oggetto della presente invenzione, a loro volta fissati sopra le piastre o pareti anulari 11 della carcassa 10 e sporgenti radialmente verso l'interno del lembo interno di tali piastre anulari 11.

Secondo la forma di realizzazione preferita, illustrata nelle figure, per ogni tirante-chiavetta 30 sono previsti tanti dispositivi di ancoraggio 40 quante sono le piastre anulari 11 della carcassa 10.

Nel caso illustrato in figura le piastre anulari della carcassa 10 sono sei, 11A, 11B, 11C, 11D, 11E, 11F.

A tale esempio di realizzazione particolare si farà riferimento nel seguito per illustrare la metodologia di pre-tensionamento da seguire.

In modo noto, alle due estremità, ciascun tirante chiavetta 30 termina con codoli filettati 32 sui quali sono avvitati dadi 33 che, a mezzo di staffe radiali 34 e di settori anulari 35 consentono di serrare assialmente il pacco di lamierini dello statore.

Ciascun dispositivo di ancoraggio 40 è formato da una piastra di base 41, saldata ad una delle piastre anulari 11 della carcassa 10. La piastra di base 41 prevede una flangia verticale 42 disposta alla sua estremità esterna rispetto all'asse dello statore. La piastra di base 41 è dotata di un foro filettato 43, verticale. A sua volta la flangia verticale 42 è dotata di due fori passanti 44.

Sulla piastra di base 41 è appoggiata una staffa a forma di U 51, che prevede, in direzione centripeta, rispetto alla carcassa, due braccia a tenaglia 52 che definiscono un vano 53 atto a trattenere, radialmente, il tirante-chiavetta 30 a mezzo delle due ali che questo presenta in direzione opposta alla coda 31.

La staffa 51 è dotata di un foro verticale 54 di diametro opportunamente maggiore del diametro del foro verticale 43 della piastra di base 41.

La faccia radialmente esterna della staffa 51 è inoltre dotata di due fori ciechi orizzontali 56, filettati, disposti radialmente rispetto alla carcassa ed allineati con i fori 44 della flangia verticale 42 della piastra di base 41.

Una vite verticale 55 attraversa con gioco il foro 54 della staffa 51 e si avvita nel foro filettato 43 della piastra di base 41.

Una coppia di viti radiali 57 attraversa con gioco i fori 44 della flangia verticale 42 della piastra di base 41 e si avvita nei fori filettati 56 della staffa 51.

La staffa 51 è dotata di ali 58 sporgenti circonferenzialmente, rispetto allo statore, che consentono l'applicazione di un attrezzo di trazione in direzione centrifuga rispetto allo statore.

Tale attrezzo può essere configurato come illustrato nella figura 4:

un estrattore ad U, 60, è fornito di scontri 61 rivolti verso l'interno dei suoi bracci 62, atti ad impegnare le ali 58 della staffa 51.

Un martinetto 64 posizionato tra la traversa 63 dell'estrattore 60 ed il dorso esterno della flangia verticale 42 della piastra di base 41 consente di esercitare una forza centrifuga sul pacco di lamierini 20. Tale forza, esercitata dal martinetto 64 durante l'operazione di pre-tensionamento, viene trasmessa ai lamierini 20 dalla catena di elementi 58-51-52-32-30-31-21.

Il pre-tensionamento dei dispositivi di ancoraggio secondo l'invenzione deve essere eseguito dopo la pressatura assiale del pacco 20 ed il serraggio dei tiranti-chiavetta 30 a mezzo dei dadi 33 e deve avvenire con la seguente sequenza:

1) Si allentano le viti 55 fino ad avere tra la staffa 51 e la testa della vite 55 un opportuno gioco verticale, ad esempio di 3 mm.

2) Si applica, mediante chiave dinamometrica, una coppia iniziale di serraggio a ciascuna vite 57 di tutti i dispositivi di ancoraggio 40.

Durante tale operazione i dadi di arresto 59 debbono essere allentati. L'operazione deve essere condotta con un numero opportuno di operatori, ad esempio sei, distanziati uniformemente in senso circonferenziale, che procedono contemporaneamente al serraggio delle viti 57.

Ogni operatore deve procedere al serraggio dei dispositivi di ancoraggio 40 della frazione circonferenziale di statore che gli compete; se gli operatori sono sei, come detto sopra, ogni operatore procederà al serraggio di un sesto dei dispositivi di bloccaggio.

La sequenza di serraggio è eseguita per piani radiali e su cia-

scun piano prevederà in successione il serraggio delle viti 57 dei dispositivi associati alle piastre anulari 11A, 11F, 11B, 11E, 11C, 11D.

Il gruppo di operatori passerà quindi ai dispositivi di ancoraggio del tirante-chiavetta contiguo.

3) Dopo il serraggio preliminare mediante chiave dinamometrica delle viti 57 si procede al pre-tensionamento definitivo del pacco 20 mediante l'attrezzatura 60 di cui alla figura 4.

Se, come ipotizzato, il serraggio verrà effettuato da sei operatori che agiscono contemporaneamente in modo uniformemente distribuito circonferenzialmente, il tensionamento dei dispositivi di serraggio mediante l'attrezzatura di cui alla figura 4 seguirà la stessa sequenza descritta per il pre-tensionamento di cui all'operazione (2).

Verrà applicato al martinetto 64 un carico opportuno. Mentre il martinetto è sotto il carico suddetto, si procederà a serrare in modo definitivo le viti 57 ed i dadi di bloccaggio 59 con una chiave dinamometrica.

Verranno infine bloccate, sempre con chiave dinamometrica, le viti 55.

Eseguita questa operazione su tutti i complessi d'ancoraggio, il pacco 20 risulta elasticamente deformato verso l'esterno, soggetto pertanto ad uno stato di sollecitazione tangenziale di trazione. La carcassa 10, della quale si sfrutta la rigidità radiale per assicurare il pre-tensionamento del pacco 20, rimane invece deformata elasticamente verso l'interno e quindi soggetta ad uno stato di sollecitazione tangenziale di compressione.

Il comportamento, a macchina in servizio, dell'insieme pacco-carcassa così pre-sollecitati mediante i complessi di ancoraggio, è evidenziato con maggior chiarezza se si esamina separatamente l'aspetto connesso al regime termico (vedi fig. 5) e l'aspetto connesso al tiro magnetico (vedi fig. 6) tenuto conto che vale il principio di sovrapposizione degli effetti.

Quanto lo statore comincia a riscaldarsi, il pacco di lamierini 20 che ha una temperatura superiore a quello della carcassa 10, tenderebbe a dilatarsi in misura maggiore di quest'ultima. Questa dilatazione radiale differenziata genera una forza radiale (F) fuzione della differenza di temperatura Δt .

L'iniziale deformazione elastica del pacco di lamierini dello statore imposta con il pre-tensionamento e di conseguenza l'iniziale forza mutua tra pacco e carcassa, diminuiscono in maniera proporzionale all'aumento della loro differenza di temperatura. Lo stato di sollecitazione del pacco e della carcassa diminuisce

con il decrescere della forza esercitata dai complessi ancoraggio.

È possibile mantenere il pacco inerte od in uno stato di sollecitazione ancora di trazione anche quando lo statore raggiunge la massima temperatura di regime scegliendo opportunamente il valore della forza di pre-tensionamento. È intuitivo che il valore di questa forza deve essere uguale o superiore alla forza (F) che nasce, in assenza di pretensionamento, tra pacco e carcassa rigidamente collegati come avviene nella costruzione tradizionale dello statore (figura 5).

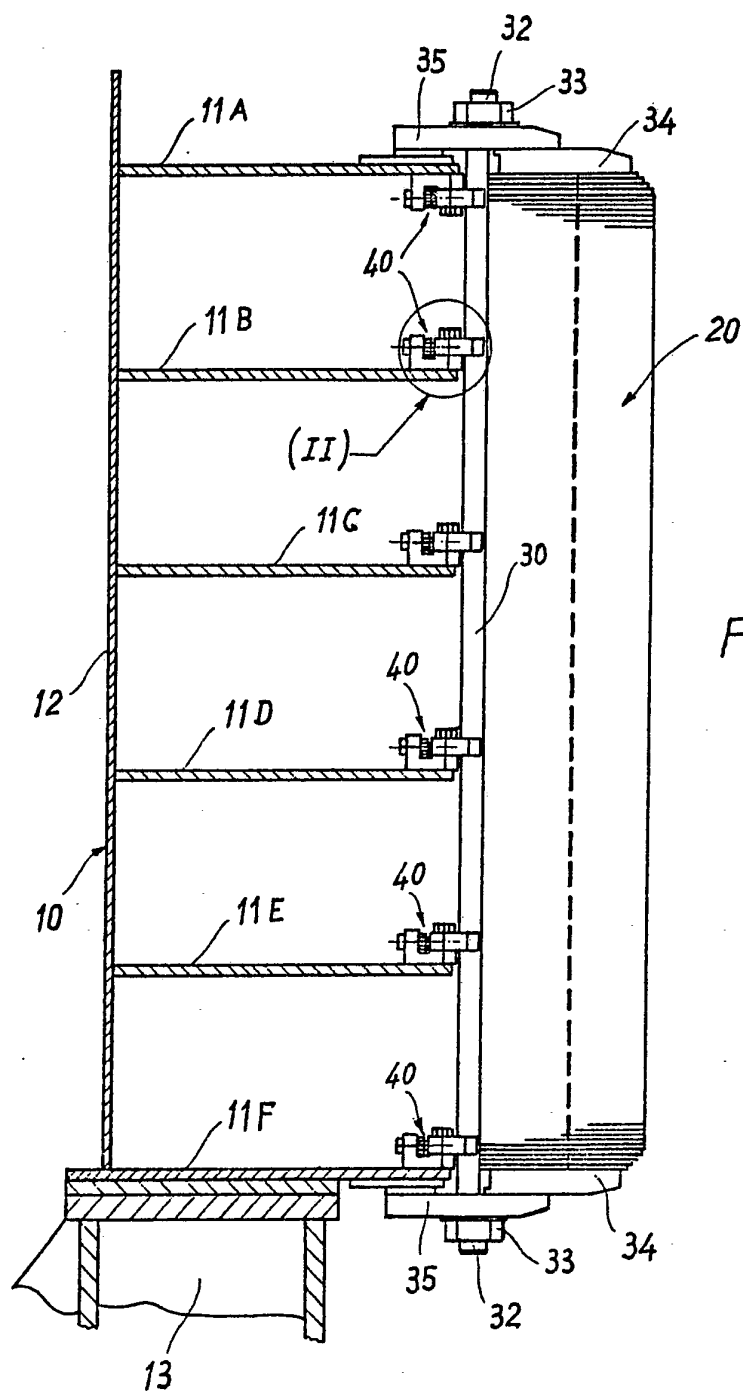
10 Dal punto di vista dell'azione esercitata dal tiro magnetico (TM), un vincolo rigido tra la carcassa ed il pacco agisce nel senso di ridurre lo stato di compressione che nascerebbe nel pacco nella condizione opposta, ossia nella condizione di pacco e carcassa totalmente disaccoppiati. Il tiro magnetico infatti agendo sul pacco con direzione centripeta tenda a deformarlo verso l'interno e viene pertanto sopportato dall'insieme pacco-carcassa se questi sono tra loro rigidamente collegati. La carcassa cioè limita con la propria rigidità radiale la contrazione elastica del pacco riducendone conseguentemente lo stato di
20 compressione.

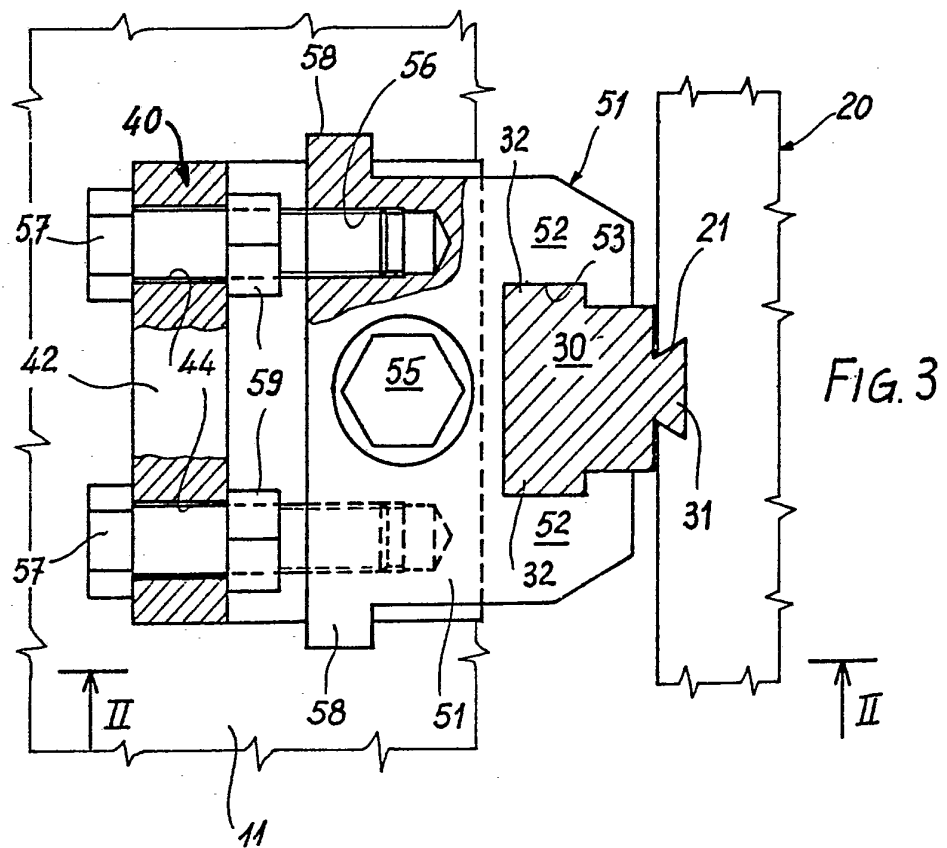
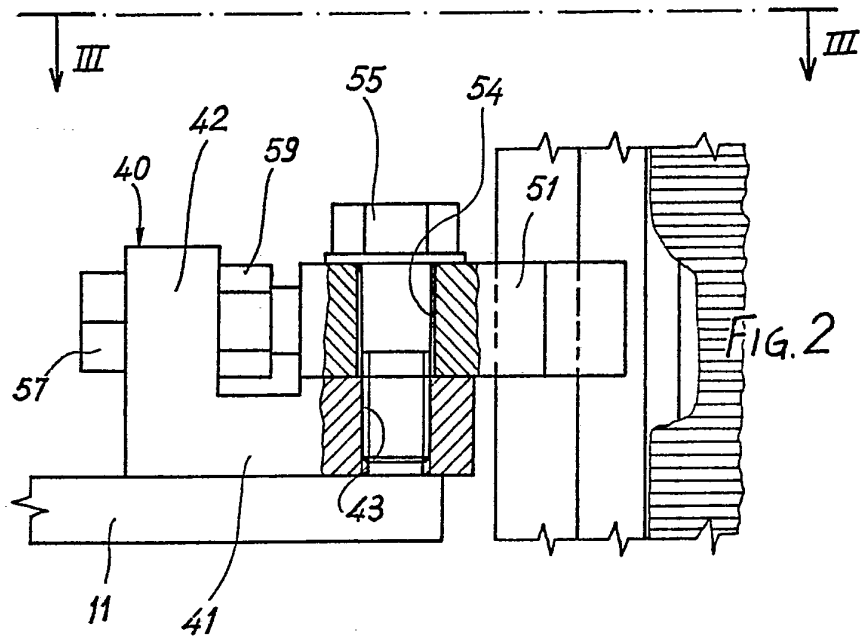
La costruzione tradizionale dello statore con tiranti-chiavetta saldati direttamente alle pareti anulari della carcassa risulta pertanto vantaggiosa da questo punto di vista.

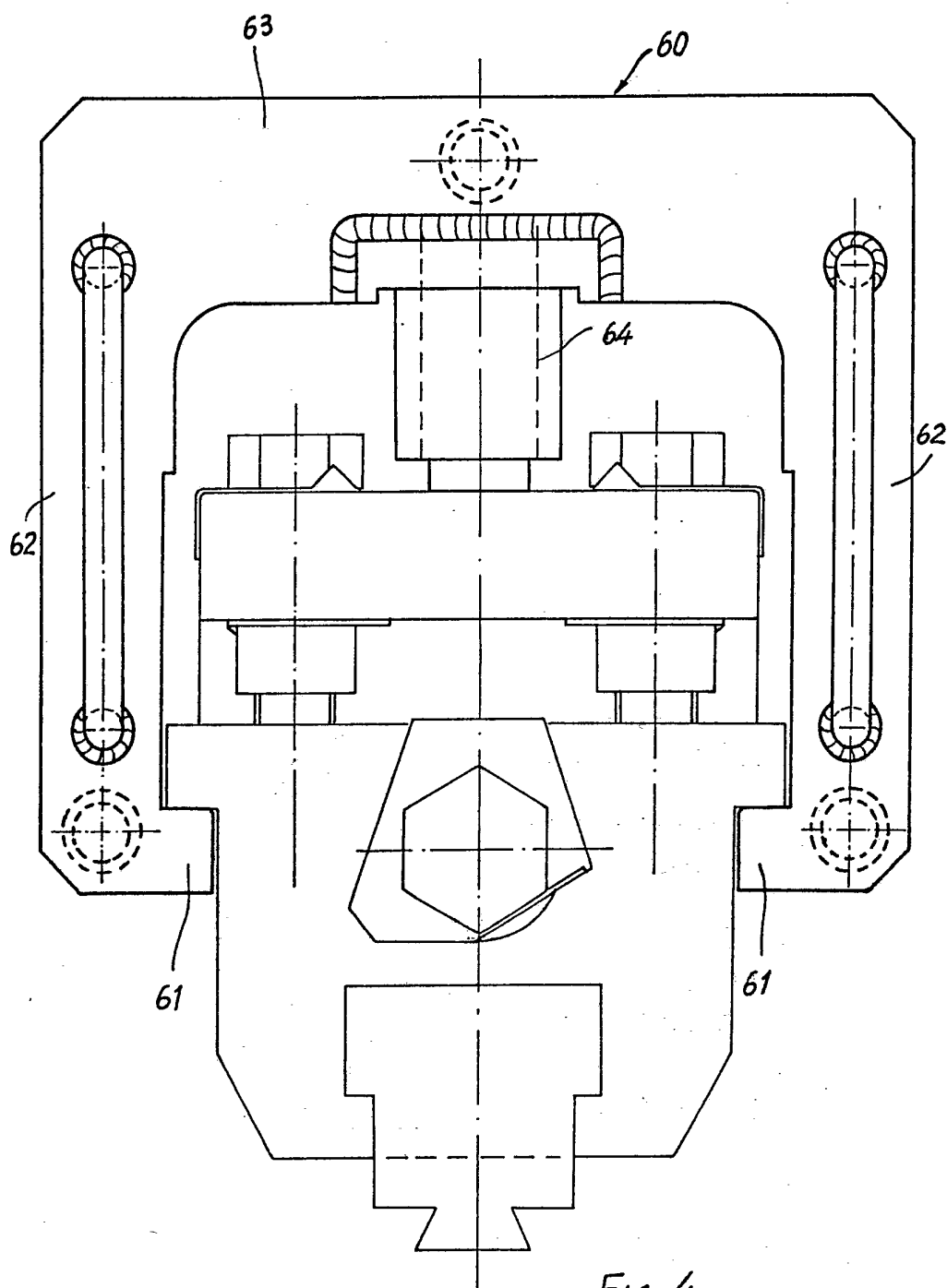
I complessi di ancoraggio realizzano tra pacco e carcassa
25 una condizione di vincolo infinitamente rigida per forze radiali agenti con direzione centripeta sull'introdosso del pacco di lamierini dello statore. La soluzione costruttiva adottata ne limita perciò la sollecitazione di compressione, anche prescindendo dal pre-tensionamento, come nelle costruzioni tradizionali.

30 Se il pre-tensionamento iniziale mantiene nel pacco una sollecitazione ancora di trazione anche quando lo statore ha raggiunto il regime termico, la sollecitazione di trazione che il tiro magnetico, nella soluzione tradizionale, imporrebbe al pacco si sovrappone a tale stato di trazione. Lo stato di compressione
35 complessivo del pacco risulta pertanto diminuito e può essere addirittura annullato con un adeguato valore di pre-tensionamento.

Sebbene per ragioni descrittive la presente invenzione sia stata basata su quanto precedentemente descritto ed illustrato a
40 solo titolo di esempio, molte modifiche e varianti possono essere apportate nella realizzazione del trovato; tali modifiche e varianti debbono essere tuttavia considerate come basate sulle rivendicazioni.







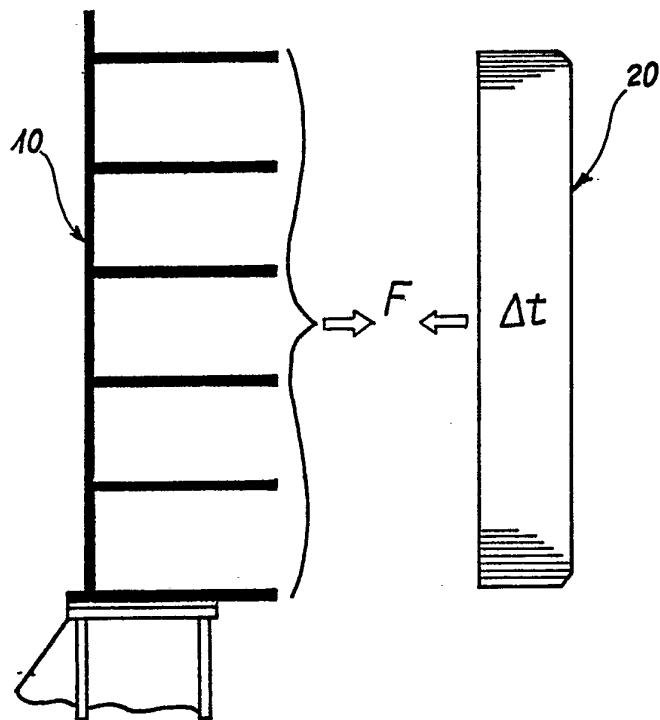


Fig. 5

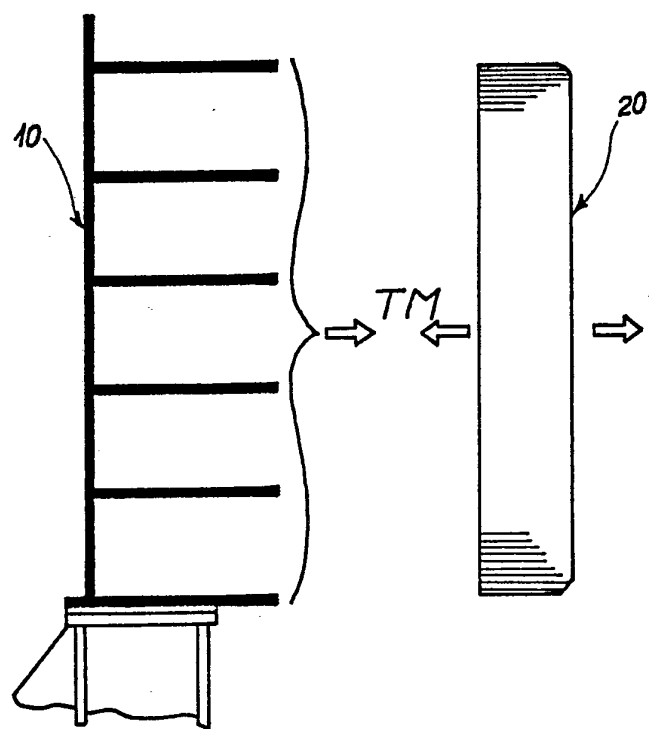


Fig. 6