ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102010901815490A1

Publication Date

20110903

Applicant

TECNOMATIC S.P.A.

Title

PROCEDIMENTO ED APPARATO DI REALIZZAZIONE DI UNO STATORE DI UNA MACCHINA ELETTRICA E STATORE PER MACCHINA ELETTRICA AD ELEVATO FATTORE DI RIEMPIMENTO

Front page automatically generated by WIPO

"Procedimento ed apparato di realizzazione di uno statore di una macchina elettrica e statore per macchina elettrica ad elevato fattore di riempimento"

***

DESCRIZIONE

La presente descrizione si riferisce ad un procedimento e ad un apparato per la realizzazione di uno statore di una macchina elettrica. La presente descrizione si riferisce inoltre ad uno statore di una macchina elettrica ad elevato fattore di riempimento.

E' noto realizzare statori per macchine elettriche aventi un nucleo statorico in cui sono previste una pluralità di cave e comprendenti inoltre una pluralità di conduttori a barra inseriti nelle suddette cave e fra loro variamente interconnessi per formare uno o più avvolgimenti statorici. I suddetti avvolgimenti statorici con conduttori a barra sono comunemente denominati avvolgimenti statorici a barre.

Per realizzare i suddetti statori, al fine di garantire un corretto isolamento fra conduttori a barra distinti alloggiati in una stessa cava e/o fra i conduttori a barra e le pareti interne delle cave del nucleo statorico, è prevista una operazione di inserire all'interno di ciascuna cava un rispettivo foglio in materiale elettricamente isolante, ad esempio in

materiale composito. In base alle esigenze contingenti, alla forma ed alla tipologia di cave, al numero di conduttori a barra da inserire in una stessa cava, è noto prevedere che il suddetto foglio isolante sia opportunamente preformato prima dell'inserimento nella rispettiva cava. Ad esempio sono noti fogli isolanti preformati a "C", ad "U", ad "S", "Z" etc. In base alle esigenze contingenti è inoltre possibile prevedere di inserire in una stessa cava due o più fogli isolanti preformati.

Normalmente, e soprattutto ma non esclusivamente se il procedimento di inserimento dei conduttori a barra all'interno delle cave è un processo almeno parzialmente automatizzato, i fogli isolanti preformati sono inseriti nelle cave prima di popolare le cave con i conduttori. Nei procedimenti della tecnica nota può essere prevista, dopo aver inserito i fogli isolanti preformati nelle cave, una operazione di svasare porzioni di estremità dei fogli isolanti preformati che sporgono assialmente oltre il nucleo statorico, quantomeno dal lato di inserimento dei conduttori a barra. Tali porzioni così svasate fungono da elementi di arresto previsti per impedire che i fogli isolanti siano trascinati lungo le cave durante l'inserimento dei conduttori a barre all'interno delle cave, oltre che da invito ai conduttori a barra durante

l'inserimento di questi nel nucleo statorico.

Nella domanda di brevetto pubblicata come US 2009/0265909, è descritto un procedimento di realizzazione di uno statore, comprendente una fase di riempire le cave di un nucleo statorico con rispettivi fogli isolanti preformati, una fase di prelevare in blocco da un dispositivo di torcitura un avvolgimento comprendente una pluralità di conduttori a barra ed una fase di inserire simultaneamente i conduttori dell'avvolgimento all'interno delle cave.

E' noto che le prestazioni di una macchina elettrica dipendono dal fattore di riempimento delle cave del nucleo statorico ed è desiderabile che tale fattore sia il più elevato possibile. Questa esigenza contrasta tuttavia con le difficoltà e le problematiche che si possono riscontrare durante l'inserimento dei conduttori a barra all'interno delle cave se queste sono state precedentemente munite di uno o più rispettivi fogli isolanti. Infatti, per ottenere un elevato fattore di riempimento, i conduttori a barra dovrebbero avere dimensioni esterne che riempiano il più possibile lo spazio residuo nelle cave dopo l'inserimento dei fogli isolanti. Il limite di questo dimensionamento ottimale è dato dalla resistenza per attrito radente che i conduttori a barra incontrano durante il loro inserimento

nelle cave. In particolare se le cave, e dunque i anche i conduttori a barra, hanno una estensione longitudinale relativamente elevata, ad esempio maggiore di 10 cm, soprattutto ma non esclusivamente, nel caso in cui si voglia far ricorso ad un procedimento automatizzato di popolamento delle cave, e soprattutto ma non esclusivamente, nel caso in cui tale popolamento sia simultaneo per tutte o quasi tutte le cave, occorre mantenere le dimensioni della sezione trasversale dei conduttori a barra sotto certi limiti in modo che lo spazio residuo (cioè lo spazio disponibile della cava dopo l'inserimento in questa del foglio isolante preformato) consenta di evitare un indesiderato impuntamento dei conduttori a barra durante il loro inserimento nelle cave. Questo problema è particolarmente, ma non in via esclusiva, sentito se i conduttori hanno una sezione trasversale relativamente ridotta o almeno una sezione trasversale con un geometria che presenta una dimensione minima relativamente ridotta. In questo caso infatti, vi è il rischio che l'impuntamento determini una inflessione indesiderata degli stessi conduttori a barra, il che in un procedimento automatizzato con inserimento simultaneo di una pluralità di conduttori a barra nelle cave porterebbe al bloccaggio del processo ed alla produzione di uno

scarto con impossibilità di recupero dei conduttori a barra.

In vista dei limiti suesposti, non risulta attualmente possibile realizzare statori con fattore di riempimento superiore all'80% (inteso come rapporto fra la sezione trasversale del conduttore a barra senza smalto isolante e la sezione trasversale della cava senza foglio isolante), ed in particolare superiore all'85%, che abbiano una lunghezza pari o superiore a 100 mm, ed in particolare superiore a 150 mm ed a maggior ragione superiore a 200 mm, in particolare ma non esclusivamente, nel caso in cui la sezione trasversale del conduttore a barra abbia una geometria con dimensione minima (misurata con inclusione di un eventuale smalto isolante) inferiore o uguale a 3,3 mm ed in particolare inferiore a 3,0 mm, ad esempio pari a 2,8/2,9 mm.

E' sentita dunque l'esigenza di avere a disposizione un procedimento di realizzazione di uno statore per macchina elettrica che sia in grado di ovviare agli inconvenienti sopra descritti con riferimento alla tecnica nota.

La presente descrizione si propone come obiettivo quello di mettere a disposizione un procedimento che consenta di soddisfare l'esigenza sopra indicata.

Tale obiettivo viene conseguito mediante un

procedimento di realizzazione di uno statore come definito in generale nell'annessa prima rivendicazione nella sua forma più generale e nelle rivendicazioni dipendenti in alcune forme di esecuzione particolari.

Un ulteriore scopo della presente descrizione è quello di rendere disponibile un apparato per la realizzazione di uno statore ed in particolare un apparato per conferire stabilità e regolarità di forma ai fogli isolanti preformati di uno statore.

Un ulteriore scopo della presente descrizione è quello di rendere disponibile uno statore con conduttori a barre che abbia un elevato fattore di riempimento.

L'invenzione sarà meglio compresa dalla seguente descrizione dettagliata di sue forme di esecuzione fatta a titolo esemplificativo e pertanto in nessun modo limitativo in relazione agli uniti disegni, in cui:

- la figura 1 mostra schematicamente una vista laterale di una forma di realizzazione di statore per macchina elettrica, comprendente un nucleo statorico ed un avvolgimento statorico a barre;
- la figura 2 mostra schematicamente una vista dall'alto di una porzione del nucleo statorico, in cui sono visibili due cave destinate ad essere riempite con fogli isolanti preformati e conduttori a barre;
- la figura 3 mostra schematicamente una vista dall'alto

di una porzione del nucleo statorico, in cui sono visibili due cave riempite con fogli isolanti e conduttori a barre;

- la figura 4 mostra un diagramma di flusso di un procedimento di realizzazione dello statore di figura 1;

- la figura 5 mostra una vista piana in elevazione frontale e con alcune parti sezionate di un apparato impiegabile per attuare alcune fasi del procedimento di figura 4;

- la figura 6 mostra una vista piana in sezione di una parte ingrandita dell'apparato di figura 5; e

- la figura 7 mostra una vista piana in sezione laterale dell'apparato di figura 5.

Nelle figure, elementi uguali o simili sono indicati con i medesimi riferimenti numerici.

Ai fini della presente descrizione per conduttore a barra "piatto" o "quadrato" si intende un conduttore a barra avente quatto lati sostanzialmente piatti, ciascuno unito a lati adiacenti, tipicamente da uno spigolo arrotondato.

Pertanto, le parole "piatto" o "quadrato" o parole equivalenti usate per descrivere la sezione trasversale di un conduttore a barra sono usate in senso generale e non devono essere interpretate per escludere il fatto che tali conduttori a barra abbiano spigoli

significativamente arrotondati che uniscono i lati sostanzialmente piatti. L'espressione "conduttore piatto" va intesa nel senso che il conduttore presenta due lati opposti la cui distanza è maggiore rispetto alla distanza fra i restanti due lati opposti. Ai fini della presente descrizione l'espressione "conduttore rettangolare" va intesa come generalizzazione di conduttore piatto e di conduttore quadrato, essendo il conduttore quadrato una caso speciale di conduttore rettangolare, in cui i quattro lati hanno uguali dimensioni.

Con riferimento alle figure, con 1 si è globalmente indicato uno statore comprendente un nucleo statorico 2. Ad esempio lo statore 1 è lo statore di una macchina elettrica quale ad esempio un motore elettrico, ad esempio per un veicolo a trazione elettrica o ibrida.

E' chiaro che tale statore potrà essere anche utilizzato in una macchina elettrica impiegata come generatore o impiegata sia per svolgere alternativamente sia la funzione di motore sia la funzione di generatore. Nelle figure allegate è stato rappresentato solo lo statore di tale macchina elettrica in quanto si ritiene che le parti restanti di una macchina elettrica o in genere di un veicolo a trazione elettrica o ibrida siano ampiamente note ad un esperto del settore.

In modo di per sé noto, il nucleo statorico 2 comprende un corpo principale tubolare lamellare, ad esempio realizzato in materiale magnetico, che si estende assialmente (asse Z-Z) fra due facce opposte 3,4.

Il corpo principale del nucleo statorico 2 comprende una pluralità di cave 8 che si estendono assialmente nello spessore del corpo principale e che sono atte a ricevere conduttori rettangolari a barra 5, 5', 5'' che nel loro insieme formano almeno un avvolgimento statorico a barre. In accordo ad un forma di realizzazione, i conduttori rettangolari a barra 5, 5', 5'' sono superficialmente rivestiti da uno strato di isolamento di materiale isolante, quale ad esempio uno smalto in resina isolante.

In accordo ad una forma di realizzazione, i conduttori rettangolari a barra 5, 5', 5'' comprendono un primo insieme di conduttori standard 5, che sono conduttori a barra sagomati ad U (denominati anche "haripin conductors"), ed un secondo insieme di conduttori speciali 5', 5'' che comprendono ad esempio terminali 5' o jumpers 5''. I conduttori sagomati ad U hanno una porzione di piegatura 6 che sporge da una faccia 3 del nucleo statorico 2, o faccia di inserimento 3, e due porzioni di estremità libera 7 che sporgono dall'altra faccia 4 del nucleo statorico 2, o faccia di

saldatura 4.

La distanza fra le due facce 3,4 definisce l'altezza H_s o l'estensione assiale del nucleo statorico. In accordo ad una forma di realizzazione tale altezza H_s è maggiore o uguale a 100 mm. In accordo da una ulteriore forma di realizzazione tale altezza H_s è maggiore o uguale a 150mm come, ad esempio uguale a circa 160 mm. In accordo ad una ulteriore forma di realizzazione, tale altezza H_s è maggiore o uguale a 200 cm.

Quanto finora descritto appartiene al bagaglio delle conoscenze di un esperto del settore e pertanto non sarà ulteriormente approfondito.

In accordo ad una forma di realizzazione, i suddetti conduttori a barra 5, 5', 5'' sono conduttori in rame e sono conduttori piatti, in quanto presentano una coppia di facce opposte che distano fra loro di più di quanto distano fra loro le due restanti facce opposte.

In accordo ad una forma di realizzazione, i conduttori rettangolari a barra hanno una sezione trasversale con una geometria avente una dimensione minima (includendo anche l'eventuale smalto isolante) inferiore o uguale a 3,5 mm. In accordo ad una forma di realizzazione, tale dimensione minima (includendo anche l'eventuale smalto isolante) è inferiore o uguale a 3,0 mm. Ad esempio, tale dimensione minima (includendo anche

l'eventuale smalto isolante) è pari 2,9 mm o 2,8 mm. Nel caso di conduttori a barra rettangolari questo implica che almeno due lati opposti di detti conduttori hanno spessore compreso nel suddetto range ed i restanti due lati opposti hanno dimensioni arbitrarie, che potranno essere comprese o meno nel suddetto range.

Con riferimento alle figure 2 e 3, ciascuna cava 8 del nucleo statorico 2 è attraversata da almeno uno dei suddetti conduttori a barra 5, 5', 5'' ed ospita un foglio 10, o astuccio 10, in materiale isolante. Come è noto ad un esperto del settore, le caratteristiche di tale foglio isolante 10 sono convenientemente selezionate in relazione alla potenza elettrica in gioco ed in relazione alle temperature di esercizio.

In accordo ad una possibile forma di realizzazione, esemplificativa e non limitativa, il foglio isolante è un foglio multistrato comprendente due strati di TufQUIN™ (3M™) accoppiati, ad esempio incollati, alle due facce opposte di un foglio centrale in poliestere.

In accordo ad una possibile forma di realizzazione, le cave 8 sono di tipo aperto, cioè presentano una apertura 9 che si affaccia verso l'interno del corpo principale tubolare del nucleo 2.

In accordo ad una specifica e non limitativa forma di realizzazione selezionata fra le tante possibili,

ciascuna cava 8 è attraversata da almeno una coppia di conduttori rettangolari a barra 5, 5', 5'' e ciascuna cava ospita un foglio in materiale isolante con sezione trasversale ad S. In accordo ad una forma di realizzazione, come mostrato in figura 3, nel caso in cui i conduttori a barra sono piatti, i due conduttori a barra all'interno di una stessa cava sono allineati lungo un loro rispettivo lato corto.

Nel caso in cui le cave 8 siano ciascuna attraversate da più di due conduttori a barra 5, 5', 5'' è possibile prevedere di inserire più di un foglio isolante preformato ad S 10 per ciascuna cava 8, ad esempio un foglio isolante 10 preformato ad S per ciascuna coppia di conduttori a barra che attraversano la cava 8. In una forma di realizzazione alternativa non mostrata nelle figure, è possibile ad esempio prevedere di inserire in una cava un singolo foglio isolante preformato ad U anche in presenza di più di una coppia di conduttori a barra nella cava 8, in cui tale foglio isolante è dunque preposto ad isolare i conduttori a barra dalle pareti interne di una cava ma non da isolare fra loro i conduttori a barra ospitati all'interno di una stessa cava, che evidentemente in questo caso saranno dotati di opportuno rivestimento isolante esterno.

In ulteriori forme di realizzazione, non

rappresentate nelle figure, è possibile prevedere che i fogli isolanti 10 preformati ed inseriti nelle cave abbiano una sezione trasversale che anziché essere sagomata ad "S" è sagomata ad anello, a "C" a "Z", etc.

Ai fini della presente descrizione per foglio isolante preformato si intende un foglio isolante che è stato sottoposto prima dell'inserimento nella cava ad un processo di lavorazione atto a conferire al foglio una forma diversa da una forma piatta o da una forma approssimativamente piatta. I processi di lavorazione del tipo suddetto sono noti ad un esperto del settore ed in genere sono tali da prevedere operazioni di piegatura dei fogli isolanti atte a conferire a questi a partire da una forma piatta o approssimativamente piatta una forma approssimativamente a "S" a "C" ad "U" a "Z" etc. Per forma approssimativamente piatta si intende una forma diversa dalla forma esattamente piatta, quale ad esempio una forma lievemente incurvata, che il foglio isolante può assumere ad esempio a causa dello stoccaggio di questo come parte di un nastro avvolto attorno ad un supporto.

In figura 4 è mostrato il diagramma di flusso semplificato di una forma di realizzazione di procedimento 20 per la realizzazione di uno statore 1 come sopra descritto.

Il procedimento 20, comprende una fase di predisporre 21 un avvolgimento statorico a barre formato da conduttori a barra 5, 5', 5'' destinati ad essere inseriti all'interno delle cave 8 del nucleo statorico 2. In modo di per sé noto, la fase di predisposizione 21 comprende le operazioni di pre-formatura dei conduttori a barra, di inserimento di questi in un dispositivo di formatura, di torcitura dei conduttori a barra tramite il dispositivo di formatura. In modo di per sé noto, la fase di predisposizione 21 comprende una operazione di prelevare in blocco i conduttori a barra dal dispositivo di formatura ad esempio, e non limitativamente, tramite un dispositivo di estrazione ed un dispositivo di presa a pinze così come descritti nella domanda di brevetto US 2009/0265909.

Il procedimento 20 comprende inoltre una fase 22 di inserire almeno un foglio isolante 10 preformato (ad esempio preformato ad "S" o ad "U" o a "Z" etc.) all'interno di almeno una delle cave 8. In accordo ad una forma di realizzazione preferita, la fase di inserimento 22 comprende una fase di inserire all'interno di tutte le cave 8, simultaneamente o in sequenza, almeno un rispettivo foglio isolante 10 preformato.

Il procedimento 20 comprende inoltre una fase 25 di sagomare a caldo all'interno della cava 8 detto almeno un

foglio isolante 10 preformato, lungo tutta l'estensione assiale della cava 8 o lungo una porzione sostanziale di questa. Ai fini della presente descrizione per porzione sostanziale si intende una porzione di lunghezza maggiore o uguale al 75% della profondità della cava. Preferibilmente, la suddetta fase 25 di sagomare a caldo è effettuata simultaneamente per tutti i fogli isolanti preformati 10 inseriti all'interno delle cave 8 del nucleo statorico 2.

Ai fini della presente descrizione per sagomare a caldo all'interno della cava 8 un foglio isolante preformato 10 si intende una operazione che è tale da modificare la forma del foglio isolante preformato 10 dopo l'inserimento di questo nella cava 8 per conferire a questo una forma desiderata e stabilizzata. In altre parole, la fase 25 di sagomatura a caldo è volta a conferire una certa stabilità e regolarità di forma al foglio isolante 10 preformato in modo che questo assuma all'interno della rispettiva cava 8 un profilo che essenzialmente ottimizzi lo spazio residuo all'interno della cava 8 al fine di facilitare l'inserimento dei conduttori a barra 5, 5', 5''. Tale ottimizzazione è volta a far meglio aderire il foglio isolante 10 alle pareti interne della cava 8 e/o a creare delle pieghe precise nel foglio isolante 10 e/o ad appiattire

eventuali irregolarità sulla superficie della foglio isolante 10. Si osservi che vantaggiosamente effettuando la suddetta operazione di sagomatura a caldo all'interno della cava è possibile avere le pareti interne della cava 8 che agiscono da riscontro durante tale operazione.

In accordo ad una forma di realizzazione, la fase di sagomare a caldo 25 comprende una operazione di stirare il suddetto almeno un foglio isolante 10 preformato all'interno della rispettiva cava 8 per inserimento all'interno di questa e successiva rimozione di un utensile di sagomatura preriscaldato 53. Durante tale inserimento e successiva rimozione si ha dunque uno scorrimento dell'utensile di sagomatura caldo 53 su una superficie libera del foglio isolante 10, con riscontro contro le pareti interne della cava 8, volta appunto ad ottimizzare il profilo della forma foglio isolante 10 preformato all'interno della cava 8. In accordo ad una forma di realizzazione, precedentemente alla fase di sagomatura a caldo 25, il procedimento 20 comprende una fase 23 di pre-riscaldare l'utensile di sagomatura 53 ad una temperatura maggiore o uguale a 120° C e preferibilmente maggiore o uguale a 150° C.

In accordo ad una forma di realizzazione, l'utensile di sagomatura 53 comprende almeno una barra 53 e la fase di sagomare a caldo comprende una operazione di inserire

la barra 53 all'interno di una rispettiva cava facendo avanzare la barra 53 rispetto al nucleo statorico 2 ed una operazione successiva di liberare la cava 8 dalla barra 53 facendo arretrare la barra rispetto al nucleo statorico 2.

In accordo ad una forma di realizzazione, preferita e non limitativa, la barra 53 ha una lunghezza maggiore o uguale alla profondità di estensione assiale della cava 8 ed è destinata ad essere inserita nella cava 8 dal lato di inserimento 3, per attraversare la cava 8 ed arrivare ad una posizione di finecorsa in cui una porzione di estremità libera della barra 53 sporge oltre la faccia di saldatura 4 del nucleo statorico 2. Chiaramente in questo caso la sagomatura a caldo avviene lungo tutta l'estensione della cava 8.

In accordo ad una forma di realizzazione, nel caso in cui la cava 8 è destinata ad ospitare più conduttori a barra 5, 5', 5'' dell'avvolgimento statorico e nel caso in cui il foglio isolante 10 preformato presenti uno o più setti intermedi 11 (come ad esempio accade quando si impiega un foglio isolante preformato con profilo trasversale ad "S" - Fig. 3), l'utensile di sagomatura 53 comprende un numero di barre 53 pari al numero di conduttori a barra 5, 5', 5'' destinati ad essere ospitati all'interno di una stessa cava 8. Ad esempio,

nel caso in cui ciascuna cava 8 sia destinata ad ospitare due conduttori a barra 5, 5', 5'' ed è previsto un foglio isolante 10 preformato con profilo trasversale essenzialmente conformato ad S, l'utensile di sagomatura a caldo 53, come nell'esempio rappresentato, comprenderà due barre 53 destinate ad essere inserite simultaneamente all'interno di una stessa cava 8.

In accordo ad una forma di realizzazione preferita, il procedimento 20 comprende una fase 24 di svasare una porzione di estremità 10' del foglio isolante 10 sporgente dal nucleo statorico 2 dal lato di una estremità assiale di detto nucleo, e preferibilmente dal lato della faccia di inserimento 3. La fase di svasare 24 comprende una operazione di inserire un elemento di svasatura conico 54 all'interno di detta porzione di estremità sporgente 10'. Più preferibilmente, con riferimento alla figura 6, l'utensile di sagomatura 53 è scorrevolmente ricevuto all'interno di una sede di alloggiamento cava 55 che termina con l'elemento di svasatura conico 54, che è dunque un elemento di svasatura conico e cavo 54 essendo munito di una apertura di estremità destinata ad essere attraversata dall'utensile di sagomatura 53. In accordo ad una forma di realizzazione l'elemento di svasatura 54 è convenientemente un elemento preriscaldato. E' chiaro

inoltre che la fase di svasatura 24 può essere effettuata simultaneamente per tutti i fogli isolanti 10 ospitati nel nucleo statorico 2 prevedendo di eseguire tale fase tramite una schiera circolare comprendente un pluralità di elementi di svasatura conici 54.

La fase di svasatura 24 può essere eseguita prima della fase di sagomatura a caldo 25 o, in accordo ad una forma di realizzazione preferita, simultaneamente o almeno in parziale sovrapposizione temporale con la fase di sagomatura a caldo 25. In quest'ultima forma di realizzazione, con riferimento alla figura 5, si osservi infatti che è ad esempio possibile far scorrere gli utensili di sagomatura 53 all'interno della sede 55 mentre l'elemento conico di svasatura 54 è in appoggio sulla porzione sporgente 10' del foglio isolante 10.

Ritornando al diagramma di flusso di figura 4, in accordo ad una forma di realizzazione il procedimento 20 comprende successivamente alla fase di sagomatura a caldo 25, una fase di inserimento 26 in blocco all'interno delle rispettive cave dei conduttori a barra 5, 5', 5'' così come predisposti nella fase di predisposizione 21. Grazie alla previsione della fase di sagomatura del foglio isolante 10 a caldo ed in cava 8, si potrà apprezzare, come già anticipato, che la fase di inserimento 26 è facilitata ed è possibile anche con

conduttori a barra di lunghezza relativamente elevata e sezione trasversale relativamente ridotta ma al contempo tale da ottenere un elevato fattore di riempimento delle cave 8.

In accordo ad una forma di realizzazione, il procedimento 20 comprende una successiva fase di piegatura e saldatura 27 delle porzioni di estremità dei conduttori a barra che sporgono oltre la faccia di saldatura 2 del nucleo statorico 2. Tale fase 27 è per se stessa nota ad un esperto del settore e per questo non sarà in questo sede ulteriormente dettagliata.

Con riferimento alle figure da 5 a 7 sarà ora descritto un esempio di apparato 50 per la realizzazione di uno statore, ed in particolare di un apparato di sagomatura 50 per la stabilizzazione di forma di almeno un foglio isolante preformato, mediante il quale può essere attuata la fase di sagomatura a caldo 25 dei fogli isolanti preformati dopo l'inserimento di questi nel nucleo statorico. In accordo alla forma di realizzazione che sarà descritta, l'apparato di sagomatura 50 è tale da effettuare anche le fasi di preriscaldamento 23 e di svasatura 24 già descritte in precedenza.

L'apparato 50 comprende un alloggiamento tubolare 52 atto ad alloggiare gli utensili di sagomatura a caldo 53. L'alloggiamento tubolare 52 è ad esempio solidale ad una

piastra di supporto 51 prevista sospendere l'apparato 50 ad una traversa, o braccio, di supporto (non rappresentata nelle figure) ad esempio movimentabile verticalmente (lungo asse Z-Z) rispetto ad un pianale di lavoro ed appoggio 60. L'alloggiamento tubolare 52 ospita in particolare una pluralità di coppie di barre di sagomatura a caldo 53 disposte circonferenzialmente attorno ad un asse di lavoro z1 dell'apparato 50. L'asse di lavoro z1 nel funzionamento dell'apparato 50 è allineato all'asse Z-Z del nucleo statorico 2. Nell'esempio, ciascuna coppia di barre di sagomatura 51 a caldo comprende una prima ed una seconda barra 53 fra loro ravvicinate e radialmente allineate.

Le barre di sagomatura a caldo 53 sono solidali ad una stessa piastra di supporto 56 assialmente movimentabile lungo l'asse di lavoro z1 tramite un motore lineare, che può essere indifferentemente elettrico, pneumatico o idraulico, comprendente pistone scorrevole 57 ed un cilindro 58.

Le barre di sagomatura a caldo 53 sono ospitate in una sede di alloggiamento 55 che è operativamente riscaldata da una resistenza distribuita 59 prevista nell'apparecchiatura 20. Pertanto, quando le barre 53 sono ospitate nella sede di alloggiamento 55 queste sono preriscaldate grazie alla resistenza distribuita 59. Ad

esempio tali barre sono portate ad una temperatura superiore o uguale a 120° C, ed ad esempio ad una temperatura compresa tra 120° C e 160° C e preferibilmente pari a 150°C. Si osservi che tuttavia la temperatura rappresenta un parametro di progetto che potrà essere impostato da un esperto del settore in base alle caratteristiche del foglio isolante preformato 10 al fine di ottenere l'effetto di sagomatura a caldo desiderato.

Una volta raggiunta una desiderata temperatura operativa le barre di sagomatura 53, tramite il motore 57, 58, possono essere assialmente movimentate in gruppo per penetrare e scorrere all'interno delle rispettive cave 8 del nucleo statorico 2 al fine di effettuare la fase di sagomatura a caldo 25 dei fogli isolanti preformati 10 già descritta in precedenza.

Da risultati di prove sperimentali effettuate si è osservato che non è necessario far stazionare a lungo le barre di sagomatura 53 all'interno delle cave 8 essendo sufficiente una breve sosta nelle cave 8 (ad esempio dell'ordine di 0,5 - 2 secondi e preferibilmente pari ad 1 secondo) dopo l'inserimento e prima dell'estrazione delle barre di sagomatura 53.

L'apparato 20 può essere convenientemente munito di almeno una schiera circolare comprendente una pluralità

di elementi di svasatura conici e tubolari 50 che possono essere attraversati dalle barre di sagomatura 53 per svasare le porzioni di estremità sporgenti 10' dei fogli isolanti 10, in modo da svolgere con uno stesso apparato 50 sia la fase di svasatura 24 sia la fase di sagomatura a caldo ed in cava 25. E' possibile inoltre prevedere vantaggiosamente che la resistenza distribuita 59 sia impiegata anche per riscaldare gli elementi di svasatura conici tubolari 54.

Infine con riferimento alla figura 7 si osservi che l'apparato 20 può essere provvisto di un pianale di lavoro e supporto 60 atto a sostenere in appoggio il nucleo statorico 20. In modo di per se noto tale pianale 60 può essere un pianale rotante attorno ad un asse verticale z2 e l'apparato 20 può costituire indifferentemente parte di una macchina specifica o in alternativa può rappresentare una di una pluralità di stazioni di lavoro angolarmente spaziate fra loro nelle quali il nucleo statorico 2 può essere portato ruotando il pianale 60 per essere sottoposto a più fasi di lavorazione distinte.

Prove sul campo hanno dimostrato che attraverso un procedimento ed un apparato come sopra descritti è possibile raggiungere pienamente gli scopi prefissi, dal momento che è possibile realizzare statori aventi una

altezza (asse Z-Z), o anche "estensione assiale", relativamente elevata ed al contempo caratterizzati da un elevato fattore di riempimento, dal momento che tramite la sagomatura a caldo in cava dei fogli isolanti preformati è possibile stabilizzare la forma ed ottimizzare il profilo dei fogli isolanti preformati direttamente nelle cave e facilitare l'inserimento dei conduttori a barra 20 all'interno delle cave 8.

In particolare tramite prove sul campo si è realizzato uno statore:

- con un nucleo statorico avente una altezza maggiore o uguale a 100 mm;

- in cui il fattore di riempimento delle cave 8, inteso come rapporto fra la sezione trasversale di una cava in assenza del foglio isolante 10 e la sezione totale elettricamente conduttiva dell'almeno un conduttore a barra in essa ospitato è maggiore o uguale all'80%.

Si è in particolare realizzato uno statore del tipo suddetto la cui altezza è maggiore o uguale a 150 mm, ed in particolare maggiore o uguale a 200 mm.

Si è in particolare realizzato uno statore dei tipo suddetto in cui il fattore di riempimento è maggiore o uguale all'85%.

Si è in particolare realizzato uno statore del tipo

suddetto in cui il conduttore a barra ha una sezione trasversale con una geometria avente una dimensione minima inferiore o uguale a 3,5 mm ed in particolare è inferiore o uguale a 3 mm.

Ovviamente, ad un procedimento ed ad un apparato del tipo sopra descritti, allo scopo di soddisfare esigenze contingenti e specifiche, un esperto del settore potrà apportare numerose modifiche e varianti, tutte peraltro contenute nell'ambito di protezione dell'invenzione, quale definito dalle seguenti rivendicazioni.

RIVENDICAZIONI

1. Procedimento (20) per realizzare uno statore (1) di una macchina elettrica, lo statore comprendendo un nucleo statorico (2), il nucleo statorico (2) comprendendo un corpo principale ed una pluralità di cave (8) che si estendono assialmente all'interno del corpo principale ed atte a ricevere conduttori a barra (5,5',5'') di un avvolgimento statorico a barre, il procedimento (20) comprendendo le fasi di:

- inserire (23) almeno un foglio isolante (10) preformato all'interno di almeno rispettiva cava (8) di detta pluralità di cave (8);

- sagomare a caldo (26) il foglio isolante preformato (10) all'interno della rispettiva cava (8), lungo tutta l'estensione assiale della cava (8) o lungo una porzione sostanziale di questa, per conferire stabilità e regolarità di forma a detto foglio isolante preformato (10).

2. Procedimento (20) secondo la rivendicazione 1, in cui la fase di sagomare a caldo (25) comprende una operazione di stirare il foglio isolante preformato (10) all'interno della cava (8) contro le pareti della cava (8) tramite l'inserimento all'interno di questa e successiva rimozione di un utensile di sagomatura preriscaldato (53).

3. Procedimento (20) secondo la rivendicazione 2, comprendente una fase di preriscaldare l'utensile di sagomatura (53) ad una temperatura maggiore o uguale a 120°.

4. Procedimento (20) secondo le rivendicazioni 2 o 3, in cui l'utensile di sagomatura (53) comprende almeno una barra (53) adatta ad essere assialmente inserita in una rispettiva cava (8).

5. Procedimento (20) secondo la rivendicazione 4, in cui la cava è destinata ad ospitare più conduttori a barra (5, 5', 5'') di detto avvolgimento a barre ed in cui l'utensile di sagomatura (53) include un numero di barre pari al numero di conduttori a barra destinati ad essere ospitati all'interno della cava.

6. Procedimento (20) secondo le rivendicazioni 4 o 5, in cui la fase di sagomare a caldo (25) comprende una operazione di inserire detta almeno una barra (53) all'interno di una rispettiva cava (8) facendo avanzare la barra rispetto al nucleo statorico ed una operazione successiva di liberare la cava da detta barra facendo arretrare la barra rispetto al nucleo statorico.

7. Procedimento (20) secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, comprendente inoltre una fase di svasare (24) una porzione di estremità (10') di detto foglio isolante (10) sporgente dal nucleo statorico, la

fase di svasare (24) comprendendo una operazione di inserire un elemento di svasatura conico (54) all'interno di detta porzione di estremità sporgente, ed in cui l'utensile di sagomatura (53) è scorrevolmente ricevuto all'interno di una sede (55) che termina con detto elemento di svasatura conico (54), la fase di sagomatura comprendendo una operazione di far scorrere detto elemento di sagomatura all'interno di detta sede.

8. Apparato (50) per la realizzazione di uno statore (1), lo statore comprendendo un nucleo statorico (2), il nucleo statorico comprendendo un corpo principale ed una pluralità di cave (8) che si estendono assialmente nello spessore del corpo principale ed atte a ricevere conduttori a barra (5, 5', 5'') di un avvolgimento statorico, detta cava (8) ospitando almeno un rispettivo foglio isolante preformato (10),

in cui l'apparato (50) comprende almeno un utensile di sagomatura a caldo (53) atto ad essere almeno parzialmente inserito all'interno di una rispettiva cava (8) per essere successivamente rimosso da questa al fine di consentire un successivo inserimento in questa di almeno un rispettivo conduttore a barra (5, 5', 5'').

9. Apparato (50) secondo la rivendicazione 8, in cui l'utensile di sagomatura a caldo (53) comprende almeno una barra assialmente inseribile all'interno di detta

cava.

10. Apparato (50) secondo la rivendicazione 9, in cui la cava (8) è destinata ad ospitare più conduttori a barra dell'avvolgimento ed in cui l'utensile di sagomatura (53) include un numero di barre pari al numero di conduttori a barra destinati ad essere ospitati all'interno della cava (8).

11. Apparato (50) secondo la rivendicazione 8, comprendente una sede all'interno della quale l'utensile di sagomatura (53) è scorrevolmente ricevuto per avanzare ed arretrare rispetto al nucleo statorico.

12. Apparato (50) secondo la rivendicazione 10, comprendente almeno un elemento di svasatura conico (54) atto a svasare una porzione di estremità (10') del foglio isolante (10) sporgente all'esterno del nucleo statorico ed in cui l'elemento di svasatura conico (54) comprende una apertura di estremità attraversabile dall' utensile di sagomatura (53).

13. Statore (1) di macchina elettrica comprendente:

- un avvolgimento statorico a barre comprendente una pluralità di conduttori a barra (5, 5', 5'');

- un nucleo statorico (2) avente una pluralità di cave (8), ciascuna ospitante almeno un rispettivo conduttore a barra (5, 5', 5'') ed almeno un rispettivo foglio isolante (10), il nucleo statorico (2)

estendendosi assialmente in altezza fra una prima faccia (3) ed una seconda faccia (4) fra loro opposte;

caratterizzato dal fatto che:

- detta altezza è maggiore o uguale a 100 mm;
- il fattore di riempimento delle cave (8), inteso come rapporto fra la sezione trasversale di una cava in assenza del foglio isolante (10) e la sezione totale elettricamente conduttiva dell'almeno un conduttore a barra in essa ospitato è maggiore o uguale all'80%.

14. Statore (1) secondo la rivendicazione 13, in cui detta altezza è maggiore o uguale a 150 mm.

15. Statore (1) secondo le rivendicazioni 13 o 14, in cui il fattore di riempimento è maggiore o uguale all'85%.

16. Statore (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 13 a 15, in cui il conduttore a barra ha una sezione trasversale con una geometria avente una dimensione minima inferiore o uguale a 3,5 mm.

17. Statore (1) secondo la rivendicazione 16, in cui detta dimensione minima è inferiore o uguale a 3 mm.

18. Motore e/o generatore elettrico comprendente un rotore, caratterizzato dal fatto di comprendere uno statore (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 13 a 17.

19. Veicolo a trazione elettrica o ibrida

comprendente un motore e/o generatore elettrico secondo la rivendicazione 18.

CLAIMS

1. Method (20) for making a stator (1) of an electric machine, the stator comprising a stator core (2), the stator core (2) comprising a main body and a plurality of slots (8) which are axially extended inside the main body and are adapted to receive bar conductors (5,5',5'') of a bar stator winding, the method (20) comprising the steps of:

- inserting (23) at least one preshaped insulating sheet (10) inside at least one respective slot (8) of said plurality of slots (8);

- hot shaping (26) the preshaped insulating sheet (10) inside the respective slot (8), along the entire axial extension of the slot (8) or along a substantial portion thereof, in order to confer form regularity and stability to said preshaped insulating sheet (10).

2. Method (20) according to claim 1, wherein the hot shaping step (25) comprises an operation of pressing the preshaped insulating sheet (10) inside the slot (8) against the walls of the slot (8) by means of the insertion of a preheated shaping tool (53) inside the slot and subsequent removal of such tool.

3. Method (20) according to claim 2, comprising a step of preheating the shaping tool (53) to a temperature greater than or equal to 120°.

4. Method (20) according to claims 2 or 3, wherein the shaping tool (53) comprises at least one bar (53) adapted to be axially inserted in a respective slot (8).

5. Method (20) according to claim 4, wherein the slot is intended to house several bar conductors (5, 5', 5'') of said bar winding and wherein the shaping tool (53) includes a number of bars equal to the number of bar conductors intended to be housed inside the slot.

6. Method (20) according to claims 4 or 5, wherein the hot shaping step (25) comprises an operation of inserting said at least one bar (53) inside a respective slot (8) by making the bar move forward with respect to the stator core and a subsequent operation of freeing the slot from said bar by making the bar move backward with respect to the stator core.

7. Method (20) according to any one of the preceding claims, moreover comprising a step of flaring (24) an end portion (10') of said insulating sheet (10) projecting from the stator core, the flaring step (24) comprising an operation of inserting a conical flaring element (54) inside said projecting end portion, and wherein the shaping tool (53) is slidably received inside a seat (55) which terminates with said conical flaring element (54), the shaping step comprising an operation for making said shaping element slide inside said seat.

8. Apparatus (50) for making a stator (1), the stator comprising a stator core (2), the stator core comprising a main body and a plurality of slots (8) that are axially extended in the thickness of the main body and are adapted to receive bar conductors (5, 5', 5'') of a stator winding, said slot (8) housing at least one respective preshaped insulating sheet (10),

wherein the apparatus (50) comprises at least one hot shaping tool (53) adapted to be at least partially inserted inside a respective slot (8) in order to be subsequently removed therefrom so as to allow a subsequent insertion therein of at least one respective bar conductor (5, 5', 5'').

9. Apparatus (50) according to claim 8, wherein the hot shaping tool (53) comprises at least one bar axially insertable inside said slot.

10. Apparatus (50) according to claim 9, wherein the slot (8) is intended to house several bar conductors of the winding and wherein the shaping tool (53) includes a number of bars equal to the number of bar conductors intended to be housed inside the slot (8).

11. Apparatus (50) according to claim 8, comprising a seat inside of which the shaping tool (53) is slidably received in order to move forward and backward with respect to the stator core.

12. Apparatus (50) according to claim 10, comprising at least one conical flaring element (54) adapted to flare an end portion (10') of the insulating sheet (10) projecting outside the stator core and wherein the conical flaring element (54) comprises an end opening that can be crossed by the shaping tool (53).

13. Stator (1) of an electric machine comprising:

- a bar stator winding comprising a plurality of bar conductors (5, 5', 5'');

- a stator core (2) having a plurality of slots (8), each housing at least one respective bar conductor (5, 5', 5'') and at least one respective insulating sheet (10), the stator core (2) being axially extended in height between a first face (3) and a second face (4) opposite each other;

characterized in that:

- said height is greater than or equal to 100 mm;

- the fill factor of the slots (8), intended as the ratio between the cross section of a slot without the insulating sheet (10) and the total electrically conductive section of the at least one bar conductor housed therein is greater than or equal to 80%.

14. Stator (1) according to claim 13, wherein said height is greater than or equal to 150 mm.

15. Stator (1) according to claims 13 or 14, wherein

the fill factor is greater than or equal to 85%.

16. Stator (1) according to any one of the claims 13 - 15, wherein the bar conductor has a cross section with a geometry having a minimum dimension less than or equal to 3.5 mm.

17. Stator (1) according to claim 16, wherein said minimum dimension is less than or equal to 3 mm.

18. Electric motor and/or generator comprising a rotor, characterized in that it comprises a stator (1) according to any one of the claims 13 - 17.

19. Electric or hybrid drive vehicle comprising a electric motor and/or generator according to claim 18.

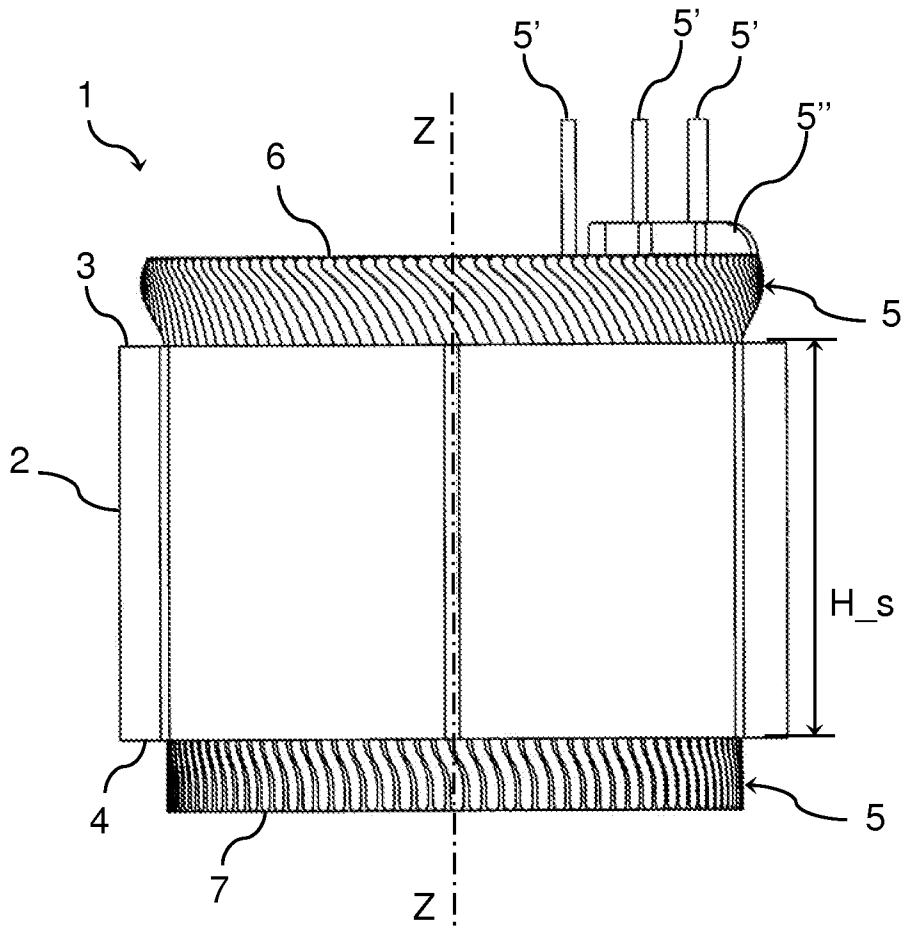


FIG. 1

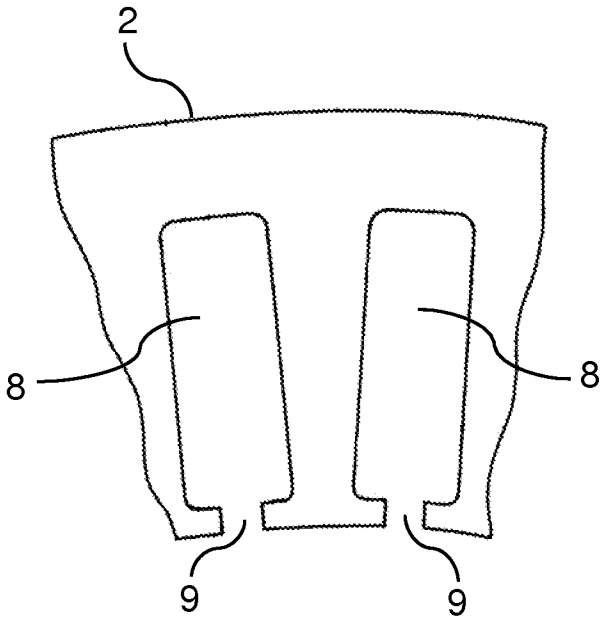


FIG. 2

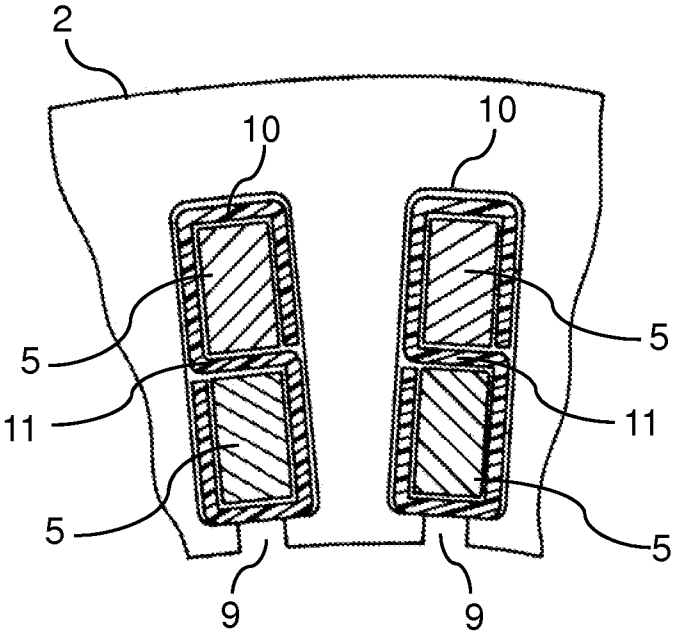


FIG. 3

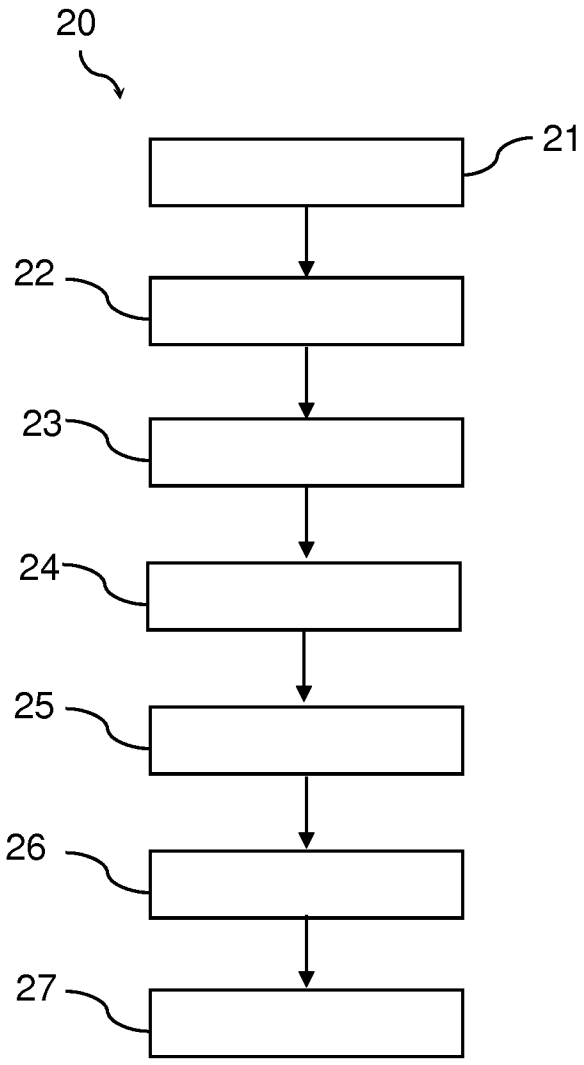


FIG. 4

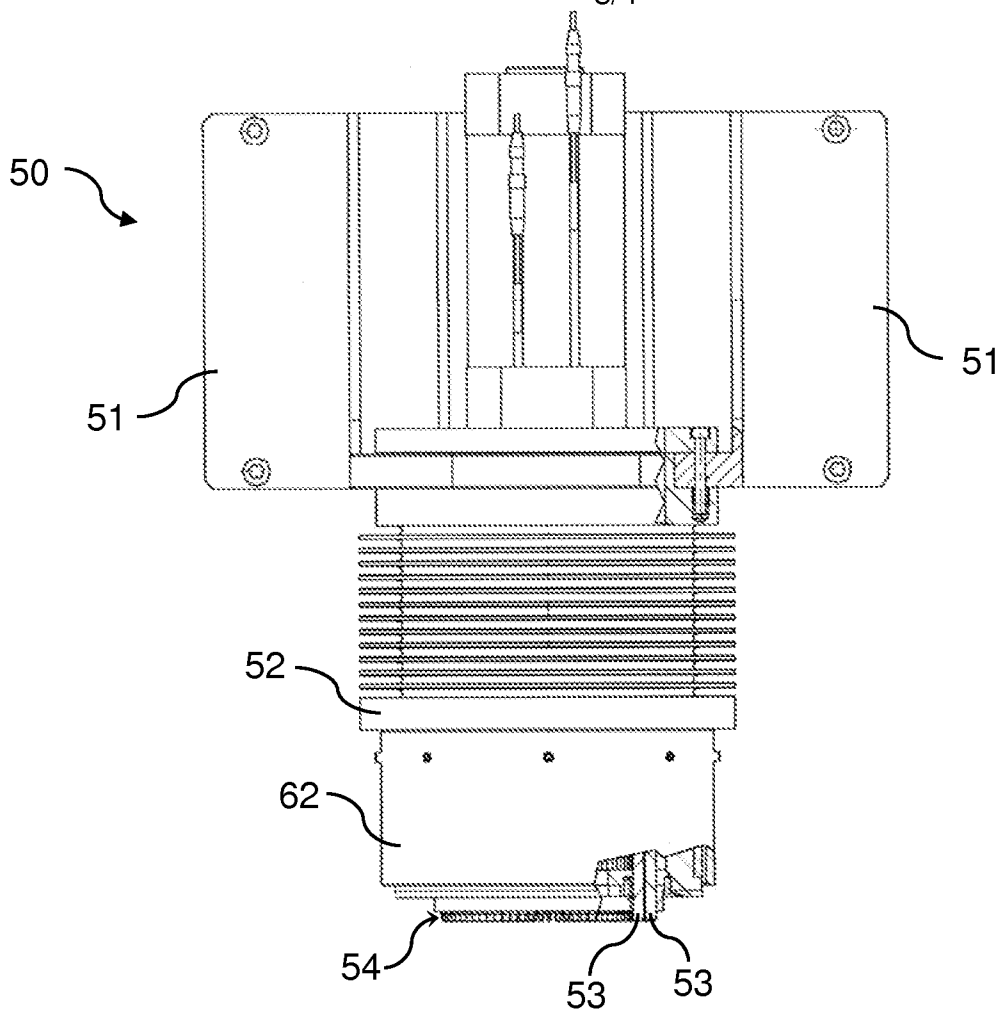


FIG. 5

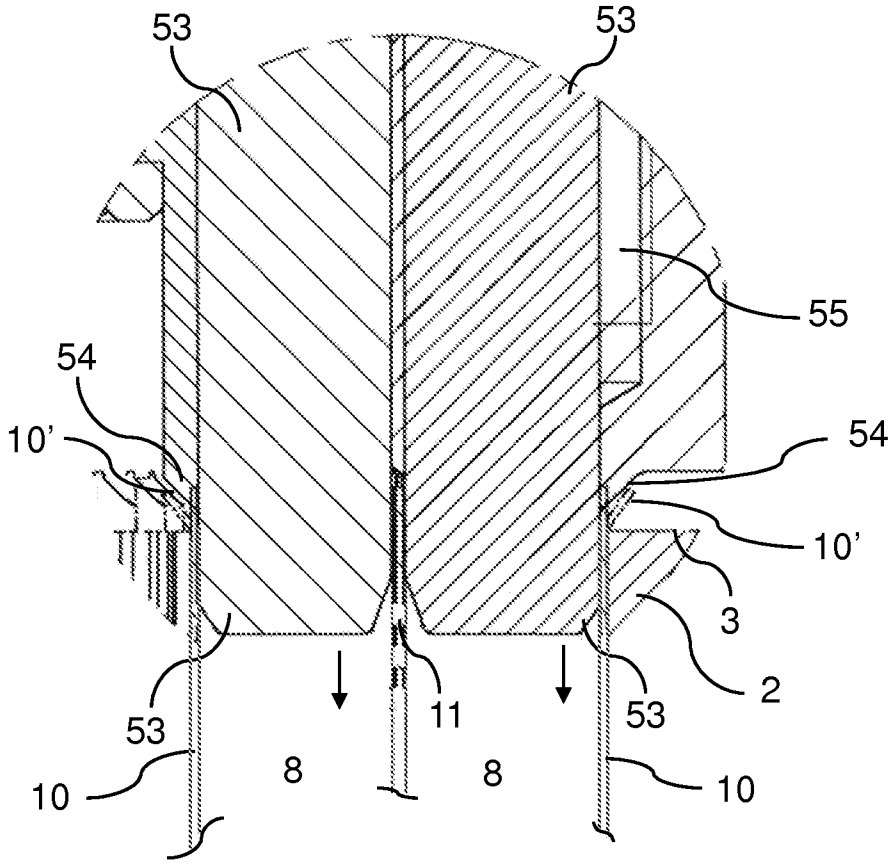


FIG. 6

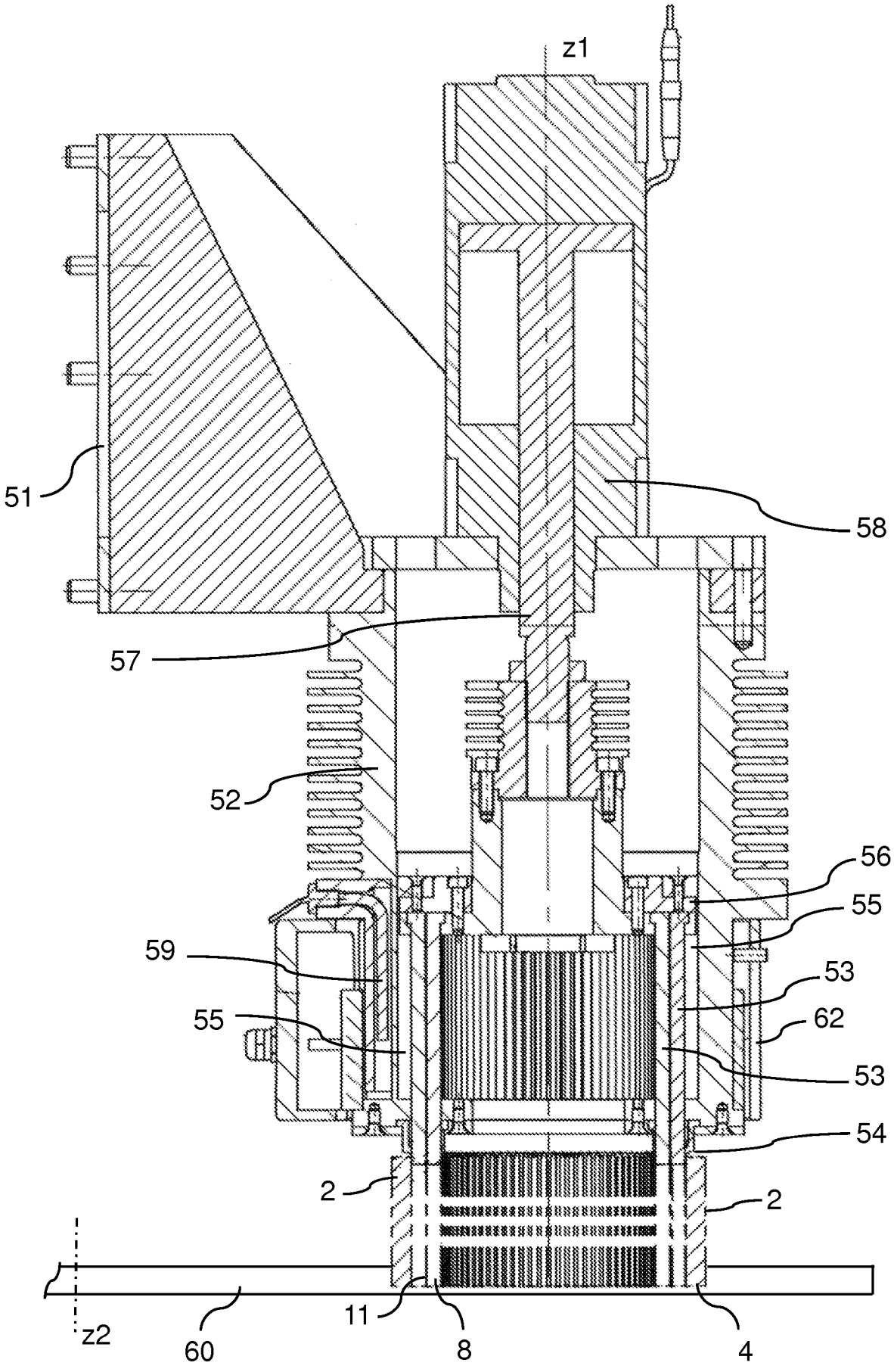


FIG. 7