



(10) **DE 10 2015 000 769 A1** 2016.07.28

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 000 769.6**

(22) Anmeldetag: **26.01.2015**

(43) Offenlegungstag: **28.07.2016**

(51) Int Cl.: **H02K 1/18 (2006.01)**

**H02K 1/14 (2006.01)**

**H02K 15/02 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**Brose Fahrzeugteile GmbH & Co.  
Kommanditgesellschaft, Würzburg, 97076  
Würzburg, DE**

(74) Vertreter:  
**FDST Patentanwälte Freier Dörr Stammler  
Tschirwitz Partnerschaft mbB, 90411 Nürnberg,  
DE**

(72) Erfinder:  
**Brohm, Gerhard, Dipl.-Ing., 97209 Veitshöchheim,  
DE; Pszola, Peter, 53123 Bonn, DE; Koch,  
Matthias, 97297 Waldbüttelbrunn, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

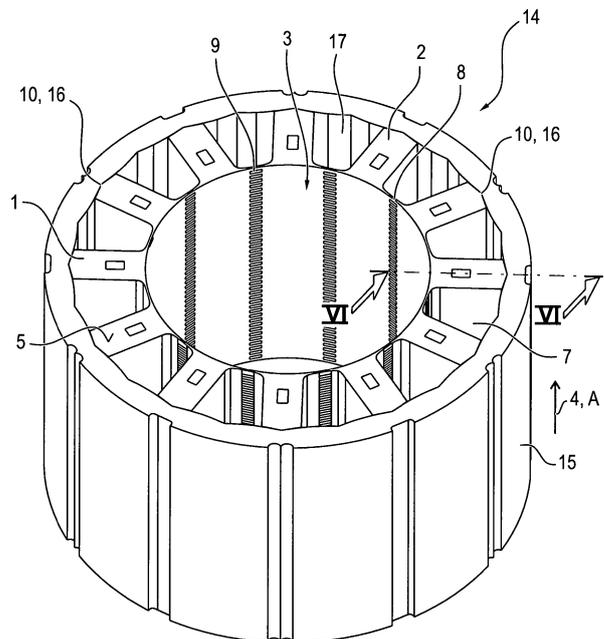
<b>DE</b>	<b>101 21 043</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2012 021 132</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2013 003 024</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2013 007 730</b>	<b>A1</b>
<b>WO</b>	<b>2011/ 098 247</b>	<b>A1</b>

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Stator für einen Elektromotor sowie Verfahren zu dessen Herstellung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Stator (14) für einen Elektromotor (24), insbesondere Lenkmotor eines Kraftfahrzeugs, mit einem zylinderförmigen Statorjoch (15) und mit einem mit diesem gefügten Statorstern (1) mit einer Anzahl von radial nach außen gerichteten Statorzähnen (7), deren Zahnspitzen (10) im Fügezustand an korrespondierenden Verbindungsstellen (16) am Inneumfang (17) des Statorjochs (15) anliegen, wobei zwischen den statorsternseitigen Zahnspitzen (10) und den statorjochseitigen Verbindungsstellen (16) im Fügezustand zusätzlich zu einer kraft- oder reibschlüssigen Pressverbindung eine Stoffschlussverbindung hergestellt ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Stator für einen Elektromotor, insbesondere für einen Lenkungsmotor eines Kraftfahrzeugs, mit einem zylinderförmigen Statorjoch und mit einem mit diesem gefügten Statorstern mit einer Anzahl von radial nach außen gerichteten Statorzähnen, deren Zahnspitzen im Fügezustand an korrespondierenden Verbindungsstellen am Innenumfang des Statorjochs anliegen. Sie betrifft weiter ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Stators, insbesondere eines Lenkungsmotors eines Kraftfahrzeugs.

**[0002]** Ein Elektromotor umfasst einen Stator, der das fest stehende Motorteil bildet, und einen Rotor, der das sich bewegende Motorteil bildet. Bei einem Innenläufermotor ist der Stator üblicherweise mit einem Statorjoch versehen, an dem radial zur Mitte, nach innen ragende Statorzähne angeordnet sind, deren dem Rotor zugewandten Freienten den sogenannten Polschuh bilden. Auf die Statorzähne sind Wicklungen aufgebracht, die im elektromotorischen Betrieb ein Magnetfeld erzeugen.

**[0003]** Um bei der Herstellung des Stators für die Bewicklung der Statorzähne mit den diesen zugeordneten Spulen einen Zugang zu den Statorzähnen von außen bereitzustellen, ist ein beispielsweise aus der DE 10 2013 003 024 A1, aus der DE 10 2013 007 730 A1 oder aus der DE 10 2012 021 132 A1 bekannter mehrteiliger Aufbau des Stators mit ausgehend vom Polschuh radial nach außen gerichteten Statorzähnen üblich. Hierzu wird bei dem bekannten Stator zunächst ein Blechpaket mit sternförmigen Statorzähnen (Sternblechpaket) hergestellt, die pohlschuhseitig über Pohlschuhstege miteinander verbunden sind, um einen mechanisch stabilen Verbund zu erreichen. Der Stator wird dabei aus einzelnen, gestanzten Statorblechen gefertigt, indem diese zu dem sternförmigen Blechstapel in einem mechanisch stabilen Verbund paketierte werden.

**[0004]** Im Anschluss an die Bestückung der von außen zugänglichen Statorzähne mit den Wicklungen (Spulenwicklungen), vorzugsweise mittels sogenannter Spulenträger, wird das mit den radial von außen auf die Statorzähne aufgeschobene Spulen bzw. Spulenträger umsehene Sternblechpaket in das einen Rückschlußring bildende Statorjoch eingesetzt und mittels Pressung oder Schrumpfung gefügt. Das Statorjoch kann dabei ebenfalls als Blechpaket aus ringförmigen Statorblechen (Ringblechpaket) ausgeführt sein.

**[0005]** Die fertigungstechnisch vorteilhafte Trennung zwischen der nachfolgend als Statorstern bezeichneten sternförmigen Statorkomponente und dem (zylinderförmigen) Statorjoch als weitere Stator-

komponente weist jedoch in akustischer Hinsicht den Nachteil auf, dass bei einem mit einem solchen Stator ausgerüsteten Elektromotor die betriebsbedingten elektromagnetischen Kräfte den gesamten Stator zu Schwingungen anregen. Aufgrund der Trennung zwischen dem Statorstern und dem Statorjoch tritt eine Resonanzfrequenz in einem Bereich, insbesondere bei ca. 1350 Hz auf, der bei Einsatz eines solchen Elektromotors, insbesondere im Falle eines Lenkungsmotors, in einem Kraftfahrzeug als Körperschall über Motorraumstrukturen, beispielsweise von der Lenkung über entsprechende Strukturen im Motorraum, in den Innenraum des Fahrzeuges übertragen und dort als Luftschall störend wahrgenommen wird.

**[0006]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen hinsichtlich dessen akustischen Verhaltens verbesserten Stator der eingangs genannten Art, insbesondere bei dessen Einsatz und bestimmungsgemäßen Betrieb in einem Elektromotor, vorzugsweise einem Lenkungsmotor eines Kraftfahrzeuges, anzugeben. Des Weiteren soll ein geeignetes Verfahren zur Herstellung eines solchen Stators angegeben werden. Ferner soll ein Elektromotor, insbesondere ein Lenkungsmotor für ein Kraftfahrzeug, mit einem solchen Stator angegeben werden.

**[0007]** Bezüglich des Stators wird diese Aufgabe erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Hinsichtlich des Verfahrens wird die genannte Aufgabe nach einer ersten Variante mit den Merkmalen des Anspruchs 6 und gemäß einer zweiten Variante mit den Merkmalen des Anspruchs 8 erfindungsgemäß gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

**[0008]** Hinsichtlich des Stators weist dieser ein Statorjoch als eine zylinderförmige äußere Statorkomponente und einen Statorstern als eine sternförmige innere Statorkomponente mit einer Anzahl von radial nach außen gerichteten Statorzähnen auf, die zur Aufnahme von Spulen, insbesondere auch in Verbindung mit Spulenkörpern, einer Statorwicklung dienen. Die freientseitigen Zahnspitzen der Statorzähne liegen im Fügezustand des Statorsterns und des Statorjochs an korrespondierenden Verbindungsstellen am Innenumfang des Statorjochs an. Zwischen zumindest einigen der Zahnspitzen, vorzugsweise zwischen allen Zahnspitzen, und der jeweils korrespondierenden Verbindungsstelle am Innenumfang des Statorjochs ist im Fügezustand zusätzlich zur kraft- oder reibschlüssigen Pressverbindung eine Stoffschlussverbindung hergestellt. Die Stoffschlussverbindung wird vorzugsweise mittels eines Klebstoffs realisiert. Alternativ kann diese auch als Schweißverbindung hergestellt.

**[0009]** Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, dass einerseits das akustische Verhalten eines solchen Stators mit einer Trennung zwischen dem Statorstern und dem Statorjoch auf eine innerhalb eines Fahrzeugs als Körperschall wahrgenommene Resonanzfrequenz von typischerweise kleiner als 1500 Hz zurückzuführen ist, und dass andererseits eine Erhöhung dieser Resonanzfrequenz aufgrund der frequenzabhängigen Dämpfung in einem Fahrzeug der Schallpegel im Fahrzeuginnenen reduziert werden kann. Diese Dämpfung tritt nämlich erkanntermaßen ab einem Frequenzbereich von etwa 1500 Hz bis 2000 Hz ein, sodass eine Anhebung der Resonanzfrequenz um einen entsprechenden Betrag von typischerweise nur wenigen 100 Hz bereits zu einer deutlichen Verbesserung des akustischen Verhaltens im Fahrzeug bewirken würde.

**[0010]** Als geeignete Maßnahme zur Verschiebung der Resonanzfrequenz der Baugruppe aus dem Statorstern und dem Statorjoch in den Bereich von 1500 Hz bis 2000 Hz sollte einer vergleichsweise steife Baugruppe hergestellt werden. Dies wiederum kann in zuverlässiger und dabei einfacher Art und Weise durch eine zum Verpressen des Statorsterns und des Statorjochs zusätzliche Verbindungstechnik, nämlich durch Verkleben oder Verschweißen, erfolgen.

**[0011]** Beide Varianten, nämlich Verkleben und Verschweißen stellen zusätzlich zur kraftschlüssigen bzw. reibschlüssigen Verbindung zwischen dem Statorstern und dem Statorjoch eine stoffschlüssige Verbindung zwischen den Statorzähnen bzw. deren Zahnspitzen und den jochseitig korrespondierenden Verbindungsstellen her, sodass im Vergleich zu einer Baugruppe aus dem Statorstern und dem Statorjoch mit lediglich einer Kraft- oder Reibschlussverbindung eine wesentlich steifere Baugruppe entsteht.

**[0012]** In vorteilhafter Ausgestaltung sind die Zahnspitzen der Statorzähne mit geeigneterweise keilförmigen Fügekonturen und die korrespondierenden Verbindungsstellen am Innenumfang des Statorjochs mit gegengleichen Fügekonturen ausgebildet. Hierdurch wird einerseits ein positionsgenaueres Ineinanderrücken von Statorstern und Statorjoch erreicht. Andererseits bieten diese Fügekonturen eine vergleichsweise große und insbesondere vollflächige Anlage der Zahnspitzen an den korrespondierenden Verbindungsstellen des Statorjochs. Unter dem Begriff „Anlage“ der sternseitigen Zahnspitzen an den jochseitigen Verbindungsstellen wird demnach auch ein Einliegen der Zahnspitzen in den korrespondierenden Verbindungsstellen verstanden, insbesondere wenn die entsprechenden Fügestellen gemäß der vorteilhaften Ausgestaltung keilartig oder dergleichen ausgeformt sind.

**[0013]** Während die sternförmige Statorkomponente, das heißt der im Montagezustand des Stators

im Statorjoch einsitzende Statorstern als Blechpaket, beispielsweise mit alternierend geschlossenen und zumindest teilweise offenen Statorblechen gebildet ist, kann das Statorjoch als zylindrischer Vollkörper ausgeführt sein. Jedoch kann auch das Statorjoch als Blechpaket aus in Axialrichtung gestapelten ringförmigen Statorblechen gebildet sein.

**[0014]** Als Klebstoff für die zusätzliche stoffschlüssige Verbindung der beiden Komponenten der Statorbaugruppe aus dem Statorstern und dem Statorjoch im Bereich zwischen den Statorzähnen beziehungsweise deren Zahnspitzen und den korrespondierenden Verbindungsstellen am Innenumfang des Statorjochs ist besonders bevorzugt ein insbesondere mikroverkapselter Zwei-Komponenten-Hartkleber verwendet. Denkbar ist grundsätzlich auch ein Ein-Komponenten-Silikonklebstoff. Dieser erhöht jedoch möglicherweise die benötigte Einpresskraft beim Fügen des Statorsterns und des Statorjochs gegenüber dem Zwei-Komponenten-Hartkleber (2-K Kleber, beispielsweise GP14).

**[0015]** Die Verwendung eines solchen mikroverkapselten Zwei-K Hartklebers bietet zudem den Vorteil, dass der entsprechende Klebstoff auf die Zahnspitzen des Statorsterns aufgebracht werden kann und die Eigenschaft genutzt wird, dass sich der Klebstoff erst durch das Verpressen des Statorjochs auf dem Statorstern selbst aktiviert und bei Raumtemperatur aushärtet. Somit kann der mikroverkapselte Klebstoff bereits beim Herstellen der Statorsterns auf dessen Statorzähne, vorzugsweise vollflächig, aufgebracht werden.

**[0016]** Zur Herstellung eines solchen Stators werden vor dem Fügeprozess die oder zumindest einige der Verbindungsstellen zwischen dem zylinderförmigen Statorjoch und der sternförmigen Statorkomponente (Statorstern) mit einem Klebstoff versehen und anschließend das Statorjoch und die sternförmige Statorkomponente miteinander gefügt und verpresst, wobei das Statorjoch auf die sternförmige Statorkomponente aufgedrückt oder diese in das Statorjoch eingepresst werden kann.

**[0017]** Vorzugsweise wird der mikroverkapselte Hartkleber als Klebstoff bei gefertigtem Statorstern, vorzugsweise vollflächig, auf die freiseitigen Zahnspitzen der radial nach außen gerichteten Statorzähne aufgebracht. Hierbei wird die Eigenschaft eines solchen Klebstoffs genutzt, dass dieser erst während des Verpressens des Statorsterns und des Statorjochs hinsichtlich dessen Klebeeigenschaft aktiv wird und im Anschluss an den Füge- und Pressvorgang auch bereits bei Raumtemperatur aushärtet.

**[0018]** Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, dass durch zusätzliches Verkleben eines Statorsterns mit radial nach außen

gerichteten Statorzähnen und einem zylinderförmigen Statorjoch eine erhöhte Steifigkeit eines hieraus gefügten Stators und bei dessen bestimmungsgemäßem elektromotorischen Einsatz und Motorbetrieb ein besonders niedriger Körperschallpegel im Elektromotor erreicht wird. Dies führt wiederum zu einem besonders geringen Luftschallpegel innerhalb eines Kraftfahrzeugs, insbesondere im Fahrzeuginnenraum.

**[0019]** Vorteilhaft können auch die in der Praxis unvermeidbaren Fertigungstoleranzen der einzelnen Statorbleche genutzt werden, indem aufgrund der Blechtoleranzen an den Stoßstellen der Statorzähne an die jochseitigen Verbindungsstellen Blechlücken entstehen, in welche Klebstoffmaterial im Zuge des Fügens und Verpressens der beiden Statorkomponenten (Statorstern und Statorjoch) eindringen kann. Dies führt zu einer weiteren Verbesserung des akustischen Verhaltens des Stators und des damit ausgerüsteten Elektromotors.

**[0020]** Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

**[0021]** Fig. 1 in perspektivischer Darstellung einen Statorstern mit radialen Statorzähnen mit auf deren freidseitigen Zahnspitzen aufgebrachtem Klebstoff,

**[0022]** Fig. 2 in perspektivischer Darstellung den in ein zylinderförmiges Statorjoch eingesetzten und mit diesem reib- und stoffschlüssig verbundenen Statorstern ohne Statorspulen,

**[0023]** Fig. 3 in Diagrammdarstellungen den frequenzabhängigen Schwingungs- bzw. -amplitudenverlauf eines Stators ohne zusätzliche Stoffschlussverbindung zwischen dem Statorjoch und dem Statorstern ohne Spulen,

**[0024]** Fig. 4 in einer Darstellung gemäß Fig. 3 den frequenzabhängigen Schwingungs- bzw. -amplitudenverlauf eines Stators gemäß Fig. 2 mit zusätzlicher Stoffschlussverbindung zwischen dem Statorstern und dem Statorjoch in Form einer Klebeverbindung mit einem vergleichsweise weichen Silikonkleber,

**[0025]** Fig. 5 in einer Darstellung gemäß Fig. 3 den frequenzabhängigen Schwingungs- bzw. -amplitudenverlauf eines Stators gemäß Fig. 2 mit zusätzlicher Stoffschlussverbindung zwischen dem Statorstern und dem Statorjoch in Form einer Klebeverbindung mit einem Zwei-Komponenten-Hartkleber (GP14),

**[0026]** Fig. 6 eine Schnittdarstellung entlang der Linie VI-VI in Fig. 2 in größerem Maßstab mit in Blech-

lücken zwischen einem Statorzahn und der korrespondierenden jochseitigen Verbindungsstelle eingepresstem Kunststoffmaterial,

**[0027]** Fig. 7 in perspektivischer Darstellung den Statorstern gemäß Fig. 1 mit auf dessen Statorzähnen aufgesteckten, bewickelten Spulenkörpern, und

**[0028]** Fig. 8 ausschnittsweise in perspektivischer Darstellung einen Elektromotor mit innen liegendem Rotor sowie mit im Statorjoch kraft- und stoffschlüssig einsitzendem und mit Spulen bewickelten Stator gemäß Fig. 6.

**[0029]** Einander entsprechende Teile sind in allen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

**[0030]** Fig. 1 zeigt eine nachfolgend als Statorstern 1 bezeichnete sternförmige Statorkomponente, die im Ausführungsbeispiel als Blechpaket aus in Lagen übereinander gestapelten Statorblechen 2 hergestellt ist. Die Statorbleche 2 sind unter Bildung einer zentralen, zylindrischen Öffnung 3 in Stapelrichtung 4 aufeinander geschichtet und beispielsweise miteinander verprägt. Der Statorstern 1 ist Teil des in Fig. 2 gezeigten unbewickelten und in Fig. 7 gezeigten bewickelten Stators eines dort dargestellten Elektromotors. Das Blechpaket des Statorsterns 1 schließt an dessen Oberseite 5 und an dessen Unterseite 6 vorzugsweise jeweils mit mindestens einem in Umfangsrichtung geschlossenen Statorblech 2 ab.

**[0031]** Der Statorstern 1 umfasst radial nach außen verlaufende Statorzähne 7, die an der radial zur Mitte gelegenen Innenseite einen zylinderförmigen Polschuh 8 bilden. Der Polschuh 8, der dem in Fig. 8 dargestellten Rotor des Elektromotors zugewandt ist, ist in Stapelrichtung 4 unter Bildung von polschuhseitigen Lücken 9 nur teilweise umfangsseitig geschlossen, um einen magnetischen Kurzschluss zu verringern.

**[0032]** Die Statorzähne 7 sind freidseitig mit keilförmigen Zahnspitzen 10 unter Bildung von links und rechts eines Zahnspitzengrades befindlichen Anlageflächen 11 versehen. Auf diese Anlageflächen 11 und somit auf die Zahnspitzen 10 ist nach oder im Zuge der Herstellung des Statorsterns 1 ein Klebstoff 13, vorzugsweise ein mikroverkapselter Zwei-Komponenten-Hartkleber, aufgebracht. Dabei können stets beide Anlageflächen 11 oder auch nur eine der Anlageflächen 11 der jeweiligen Zahnspitze 10 mit dem Klebstoff 13 beschichtet werden.

**[0033]** Fig. 2 zeigt den Stator 14, der aus dem Statorstern 1 und einem Statorjoch 15 aufgrund eines Pressvorgangs kraft-/reibschlüssig gefügt ist, wobei zusätzlich vermittels des auf die Zahnspitzen 10 der Statorzähne 7 aufgetragenen mikroverkapselten Klebstoffs 13 zusätzlich eine stoffschlüssige Verbin-

zung zwischen dem Statorstern **1** und dem Statorjoch **15** hergestellt ist. Die Stoffschlussverbindungen sind mittels des nach dem Fügevorgang aushärtenden Klebstoffs zwischen den Zahnsitzen **10** und den mit diesen korrespondierenden Verbindungsstellen **16** am Innenumfang **17** des Statorjochs **15** hergestellt.

**[0034]** Das Statorjoch **15** kann ein Zylindermantel aus Vollmaterial oder auch aus aufeinander gestapelten Rückschlussringblechen gefertigt sein. Im Montagezustand sind die hier wiederum nicht sichtbaren Wicklungen um die Statorzähne **7** des Statorstern **1** gelegt. Die Wicklungen werden vor dem Fügen des Statorsterns **1** und des Statorjochs **15** gemäß **Fig. 7** als Spulen **18** auf Wicklungsträger **19** und mit diesen auf die Statorzähne **7** aufgesetzt. Jeder der rahmenartigen Wicklungsträger **19** trägt eine Spule oder Spulenwicklung **18** als Teil der Statorwicklung. Jeweils zwei aufeinanderfolgende Spulen **18** sind durchgehend verbunden und bilden ein Spulenpaar mit den Spulen **18** in Serienschaltung. Die Spulenpaare sind jeweils über zwei Spulenenden **20**, **21** kontaktierbar. Die insgesamt zwölf dargestellten Spulenenden **20**, **21** sind zur weiteren Kontaktierung durch ein in **Fig. 8** erkennbares Verschaltungselement **22** axial, d. h. in Axialrichtung A (Richtung der Motorachse) orientiert. Im elektromotorischen Betrieb erzeugen die bestromten Wicklungen das statorseitige Magnetfeld, das in Wechselwirkung mit Permanentmagneten des um die zentrale Stator- oder Motorachse A rotierenden Rotors **23** des bürstenlosen Elektromotors **24** tritt. Das geringförmige Verschaltungselements **22** dient zur Kontaktierung und Verschaltung der Spulenenden **20**, **21**.

**[0035]** Die **Fig. 3** bis **Fig. 5** zeigen über einem Frequenzbereich von 0 Hz bis 3000 Hz jeweils drei Schwingungsverläufe, die in einem Labortest an einem unbewickelten Stator **14** ohne Spulen gemäß **Fig. 2** infolge der Einleitung von Schwingungen messtechnisch erfasst wurden. Die mechanischen Schwingungen wurden mittels einer geeigneten Vorrichtung in Form eines sogenannten Mikro-Shakers an der Außenseite des Statorjochs **15** eingeleitet. Der Stator **14** war hierzu labortechnisch an einer Schnur frei aufgehängt. Die Signalform der eingeleiteten Schwingungen war weißes Rauschen im Frequenzbereich von 50 Hz bis 5000 Hz. Die erzeugten Schwingungen wurden mittels drei Messaufnehmern (Uni-Achs-Aufnehmer) an der Außenseite des Statorjochs **15** aufgezeichnet. Dabei waren die Messpositionen radial fluchtend zu Statorzähnen **7** im Statorstern **1**, wobei die Aufnehmer um 60° (Winkelgrad) zueinander versetzt angeordnet waren.

**[0036]** **Fig. 3** zeigt den mittels der drei Messaufnehmer messtechnisch erfassten, frequenzabhängigen Schwingungsverlauf. Den drei Messaufnehmer ist somit jeweils eine der drei gezeigten Signalverläufe

zuzuordnen. Das gleiche gilt für die in den **Fig. 4** und **Fig. 5** gezeigten, messtechnisch erfassten Signalverläufe. Während die Signalverläufe gemäß **Fig. 3** einen serienmäßigen und somit herkömmlichen Stator ohne zusätzliche Stoffschlussverbindung zwischen dem Statorstern **1** und dem Statorjoch **15** repräsentiert, zeigen die **Fig. 4** und **Fig. 5** die messtechnisch gleiche Situation bei einem Stator **14** mit zusätzlicher stoffschlüssiger Verbindung zwischen dem Statorstern **1** und dem Statorjoch **15**. Dabei repräsentiert **Fig. 4** die Verwendung eines vergleichsweise weichen einkomponentigen (1 k) Silikonklebers (Type Q3 6611; Decosil) als Klebstoff zwischen den statorsternseitigen Zahnsitzen **10** und den korrespondierenden jochseitigen Verbindungsstellen **16**. **Fig. 5** zeigt das messtechnische Ergebnis bei Verwendung eines Zwei-Komponenten-Hartklebers (2 K-Klebers GP14; hart). Hierbei handelt es sich um einen mikroverkapselten Kleber, der vorteilhafterweise seine Klebewirkung nach vorheriger Auftragung des Klebstoffs **13** auf die Zahnsitzen **10** des Statorsterns **1** erst beim Fügen des Statorsterns **1** und des Statorjochs **15** im Zuge eines Pressvorgangs entfaltet und anschließend bei Raumtemperatur aushärtet.

**[0037]** Erkennbar sind signifikante Schwingungsamplituden gemäß **Fig. 3** bei ca. 1660 Hz. Der Grund für die Abweichung der dort an sich erwarteten Resonanzfrequenz bei ca. 1350 Hz ist darauf zurückzuführen, dass der als Proband verwendete Stator ohne Spulen auf dessen Statorstern **1** ausgeführt war. Anhand des Vergleichs der Signalverläufe gemäß den **Fig. 3** bis **Fig. 5** ist jedoch deutlich erkennbar, dass die zusätzliche Stoffschlussverbindung zwischen dem Statorstern **1** und dem Statorjoch **15** eine Verschiebung dieser signifikanten Resonanzfrequenz im Falle des Einsatzes des Silikonklebers um 320 Hz zu einer Frequenz von 1980 Hz (**Fig. 4**) und bei Einsatz des bevorzugten, mikroverkapselten Hartklebers sogar um ca. 600 Hz zu einer höheren Frequenz von 2250 Hz hin verschoben ist.

**[0038]** Erkennbar ist auch eine weitere Amplitudenerhöhung bei ca. 1250 Hz des ohne zusätzliche Stoffschlussverbindung hergestellten Stators. Diese in **Fig. 3** verdeutlichte Amplitudenerhöhung bei ca. 1250 Hz wurde ebenfalls bei Verwendung einer zusätzlichen Stoffschlussverbindung zu höheren Frequenzen hin verschoben, nämlich bei Verwendung eines Silikonklebers um ca. 100 Hz auf 1350 Hz und bei Verwendung des Hartklebers um ca. 250 Hz auf 1500 Hz, wie dies wiederum in den **Fig. 4** bzw. **Fig. 5** veranschaulicht ist.

**[0039]** Bei der beschriebenen experimentellen Modalanalyse, das heißt einer Anregung durch einen Mikro-Shaker sowie Messung des erzeugten Körperschalls am Stator-Prüfling ist somit gezeigt, dass sich durch einen hart aushärtenden Zwei-Komponenten-Kleber die auftretende Resonanzfrequenz um

ca. 600 Hz erhöht. Wie bereits erwähnt, waren bei der labormesstechnischen Analyse am Stator **14** keine Spulen und kein Entkopplungsring montiert, was zu der Abweichung der Resonanzfrequenz gegenüber typischen Motormessungen beim Serienstand begründet. Bei dem gezeigten Messergebnis gemäß **Fig. 3** beträgt diese Abweichung ca. 310 Hz gegenüber der eingangs genannten typischen Resonanzfrequenz von 1350 Hz. Dennoch ist die Frequenzverschiebung infolge der zusätzlichen Stoffschlussverbindung zwischen dem Statorstern **1** und dem Statorjoch **15** deutlich in den eingangs erwähnten, akustisch vergleichsweise unkritischen Bereich oberhalb von 1500 Hz verschoben. Diese, sich insgesamt auf das Geräuschverhalten des Elektromotors **24** zumindest in deren Wahrnehmung innerhalb des Innenraums eines Fahrzeugs positive Resonanzfrequenzverschiebung ist zurückzuführen auf die durch die zusätzliche Stoffschlussverbindung erzielte wesentlich erhöhte Steifigkeit eines solchen Stators **14** im Vergleich zu einem Stator bzw. Elektromotor mit lediglich verpresstem Statorstern und Statorjoch.

**[0040]** In **Fig. 6** ist in nicht maßstäblicher Darstellung eine typische Stoffschlussverbindung zwischen einem der Zähne **7** des Statorsterns **1** und dem Statorjoch **15** an der entsprechenden jochseitigen Verbindungsstelle **16** mit der Zahnspitze **10** dieses Statorzahns **7** veranschaulicht. Erkennbar sind durch die typischerweise fertigungs- und herstellungsbedingt praktisch unvermeidbaren Toleranzen die im Blechstapel in Stapelrichtung **4** übereinander angeordneten Statorbleche **2** im Bereich der jeweiligen Zahnspitze **10** nicht vollständig miteinander fluchtend. Dies führt zur Bildung von Taschen oder Blechlücken **25**, deren Ausdehnung in Axialrichtung **A** der Blechdicke des jeweiligen Statorblechs **2** und deren Ausdehnung in Radialrichtung **R** dem jeweiligen Toleranzmaß entspricht.

**[0041]** Erkennbar ist im Zuge des Fugenvorgangs, nämlich des Pressvorgangs des Statorjochs **15** mit dem Statorstern **1** Klebstoffmaterial in die Blechlücken bzw. Taschen **25** eingedrungen, so dass diese zumindest teilweise mit Klebstoff **13** ausgefüllt sind. Dieses Ausfüllen der fertigungsbedingten, taschenartigen Blechlücken **25** zwischen den Statorzähnen **7** des Statorsterns **1** und den Verbindungsstellen **16** des Statorjochs **15** im Zuge der Herstellung der zusätzlichen Stoffschlussverbindung zwischen diesen Statorkomponenten **1**, **15** werden demnach positiv und verstärkend wirkend zur Verbesserung des akustischen Verhaltens des Stators **14** und des mit diesem ausgerüsteten Elektromotors **24** genutzt.

**[0042]** Die Erfindung ist nicht auf die vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr können auch andere Varianten der Erfindung von dem Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Gegenstand der Erfindung zu verlassen. Ins-

besondere sind ferner alle im Zusammenhang mit den Ausführungsbeispielen beschriebenen Einzelmerkmale auch auf andere Weise miteinander kombinierbar, ohne den Gegenstand der Erfindung zu verlassen.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Statorstern
<b>2</b>	Statorblech
<b>3</b>	Öffnung
<b>4</b>	Stapelrichtung
<b>5</b>	Oberseite
<b>6</b>	Unterseite
<b>7</b>	Statorzahn
<b>8</b>	Polschuh
<b>9</b>	Lücke
<b>10</b>	Zahnspitze
<b>11</b>	Anlagefläche
<b>13</b>	Klebstoff
<b>14</b>	Stator
<b>15</b>	Statorjoch
<b>16</b>	Verbindungsstelle
<b>17</b>	Innenumfang
<b>18</b>	Spule
<b>19</b>	Wicklungsträger
<b>20, 21</b>	Spulenende
<b>22</b>	Verschaltungselement
<b>23</b>	Rotor
<b>24</b>	Elektromotor
<b>25</b>	Blechlücke/Tasche
<b>A</b>	Axialrichtung
<b>R</b>	Radialrichtung

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 102013003024 A1 [0003]
- DE 102013007730 A1 [0003]
- DE 102012021132 A1 [0003]

### Patentansprüche

1. Stator (14) für einen Elektromotor (24), insbesondere Lenkungsmotor eines Kraftfahrzeugs, mit einem zylinderförmigen Statorjoch (15) und mit einem mit diesem gefügten Statorstern (1) mit einer Anzahl von radial nach außen gerichteten Statorzähnen (7), deren Zahnspitzen (10) im Fügezustand an korrespondierenden Verbindungsstellen (16) am Innenumfang (17) des Statorjochs (15) anliegen, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen den statorsternseitigen Zahnspitzen (10) und den statorjochseitigen Verbindungsstellen (16) im Fügezustand zusätzlich zu einer kraft- oder reibschlüssigen Pressverbindung eine Stoffschlussverbindung hergestellt ist.

2. Stator (14) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen zumindest einigen der Zahnspitzen (10) und der jeweils korrespondierenden Verbindungsstelle (16) am Innenumfang (17) des Statorjochs (15) ein Klebstoff (13) zur Herstellung der Stoffschlussverbindung eingebracht oder eine Schweißverbindung als Stoffschlussverbindung hergestellt ist.

3. Stator (14) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zahnspitzen (10) der Statorzähne (7) mit, insbesondere keilförmigen, Fügekonturen und die korrespondierenden Verbindungsstelle (16) am Innenumfang (17) des Statorjochs (15) mit gegengleicher Fügekonturen, insbesondere in Keilform, ausgebildet sind.

4. Stator (14) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Statorstern (1) als Blechpaket aus Statorblechen (2) aufgebaut ist, von denen eine Anzahl im Bereich der Zahnspitzen (10) und der korrespondierenden Verbindungsstelle (16) des Statorjochs (15) jeweils eine taschenartige Blechlücken (25) bilden, die im Anschluss an den Fügeprozess des Statorsterns (1) und des Statorjochs (15) zumindest teilweise mit Klebstoff (13) ausgefüllt sind.

5. Stator (14) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Klebstoff (13) ein mikroverkapselter Kleber, insbesondere ein Zweikomponenten-Hartkleber, ist.

6. Verfahren zur Herstellung eines Stators (14) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem ein zylinderförmiges Statorjoch (15) und ein Statorstern (1) mit einer Anzahl von radial nach außen gerichteten Statorzähnen (7) bereitgestellt und auf diese jeweils eine Spule (18) einer Statorwicklung aufgesetzt sowie in einem Pressvorgang der mit den Spulen (18) versehene Statorstern (1) und das Statorjoch (15) unter Bildung von Verbindungsstellen zwischen den Zahnspitzen (10) der Statorzähne (7) und dem Statorjoch (15) miteinander gefügt werden, **da-**

**durch gekennzeichnet**, dass vor dem Fügeprozess die oder zumindest einige der Verbindungsstellen (10, 16) zwischen dem zylinderförmigen Statorjoch (15) und dem Statorstern (1) mit einem Klebstoff (13) versehen und anschließend das Statorjoch (15) auf den Statorstern (1) aufgepresst oder dieser in das Statorjoch (15) eingepresst wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem vor dem Fügeprozess ein mikroverkapselter Hartkleber als Klebstoff (13) auf die Zahnspitzen (10), insbesondere auf keilförmige Anlageflächen (11), der Statorzähne (7) aufgebracht wird.

8. Verfahren zur Herstellung eines Stators (14) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem ein zylinderförmiges Statorjoch (15) und ein Statorstern (1) mit einer Anzahl von radial nach außen gerichteten Statorzähnen (7) bereitgestellt und auf diese jeweils eine Spule (18) einer Statorwicklung aufgesetzt sowie in einem Pressvorgang der mit den Spulen (18) versehene Statorstern (1) und das Statorjoch (15) unter Bildung von Verbindungsstellen zwischen den Zahnspitzen (10) der Statorzähne (7) und dem Statorjoch (15) miteinander gefügt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Anschluss an den Fügeprozess der Statorstern (1) und das Statorjoch (15) im Bereich der sternseitigen Zahnspitzen (10) und der korrespondierenden jochseitigen Verbindungsstellen (16) miteinander verschweißt werden.

9. Elektromotor (24), insbesondere Lenkungsmotor eines Kraftfahrzeugs, mit einem Stator (14) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, insbesondere hergestellt nach dem Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

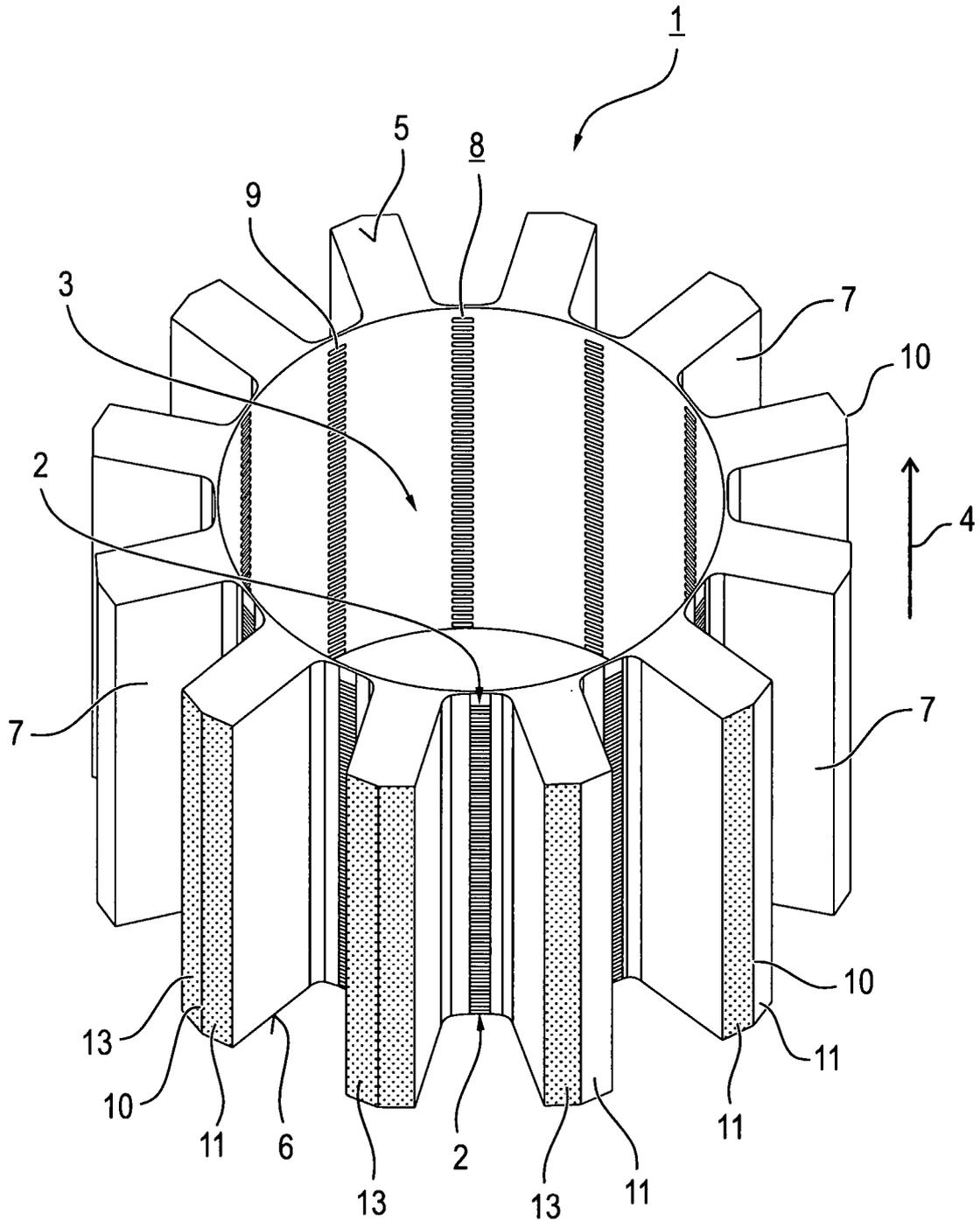
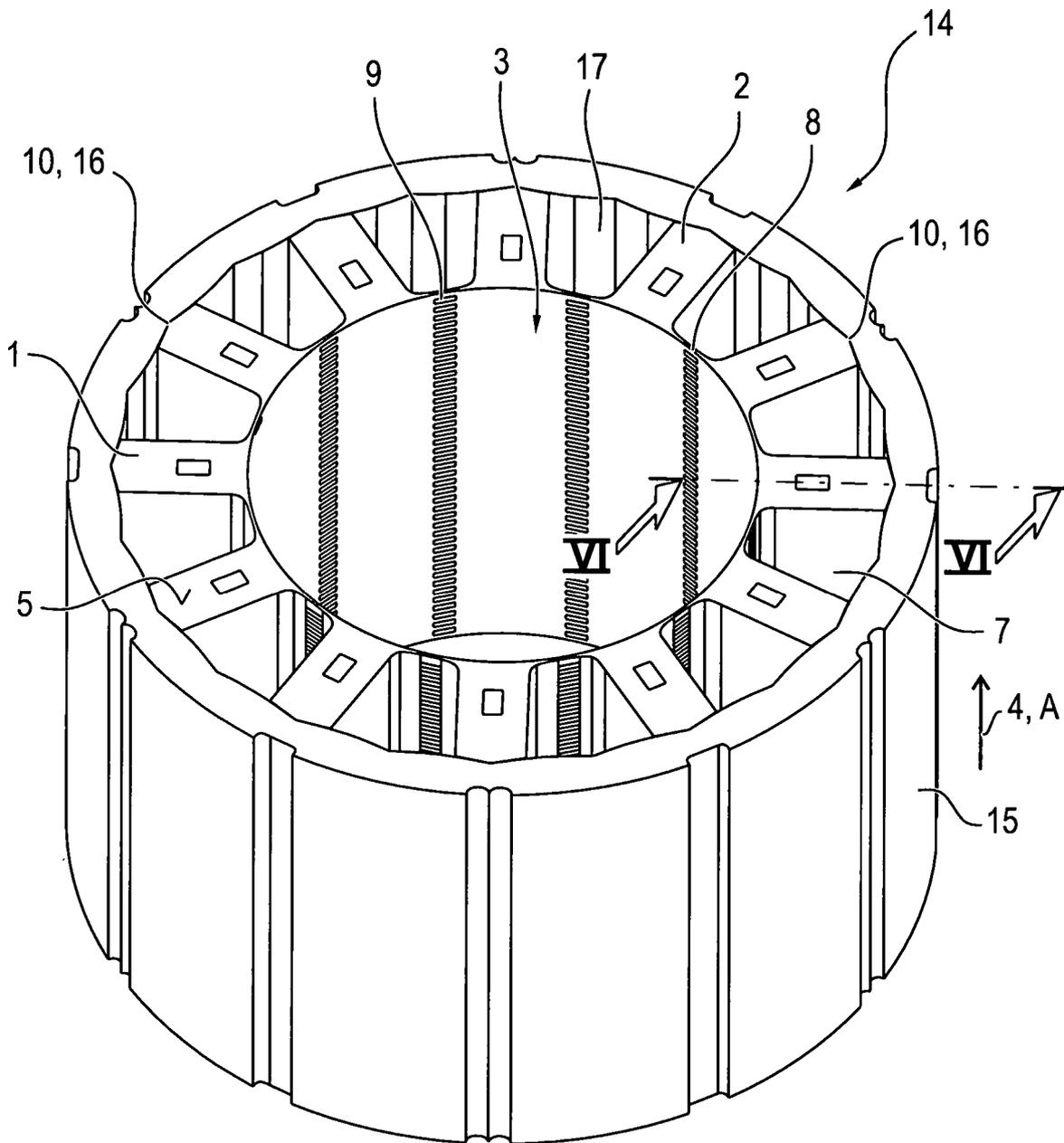


FIG. 1



**FIG. 2**

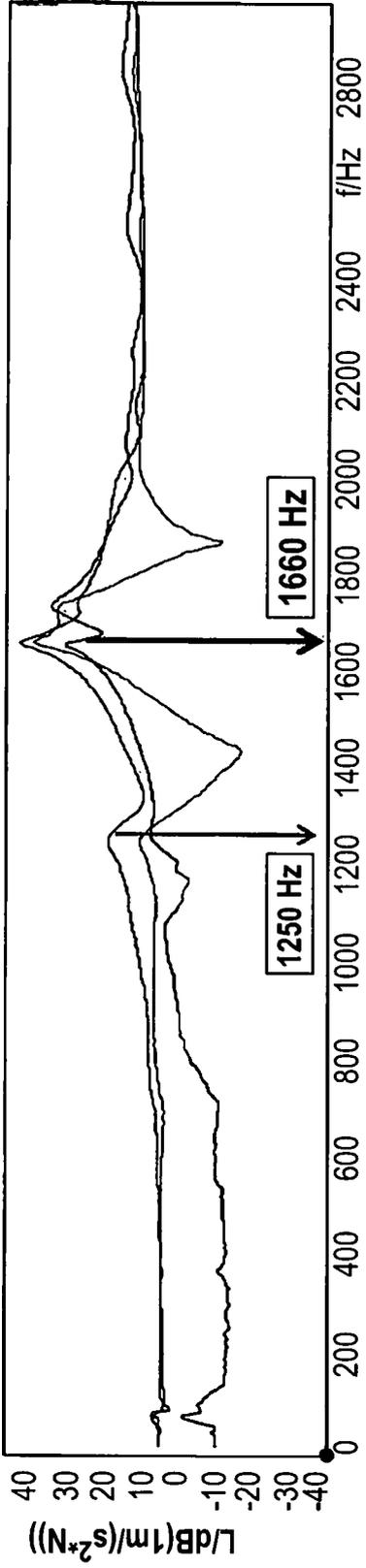


FIG. 3

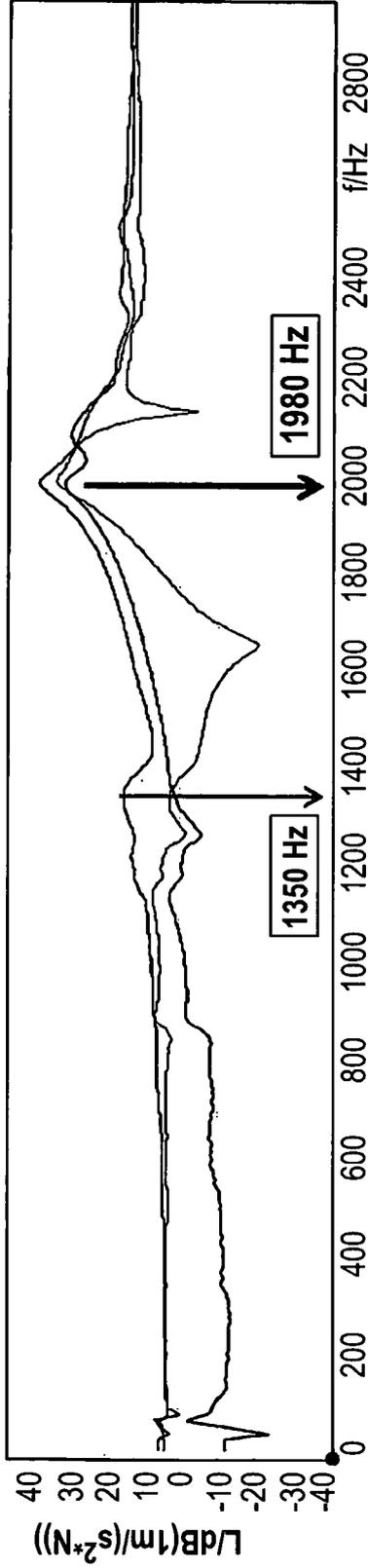


FIG. 4

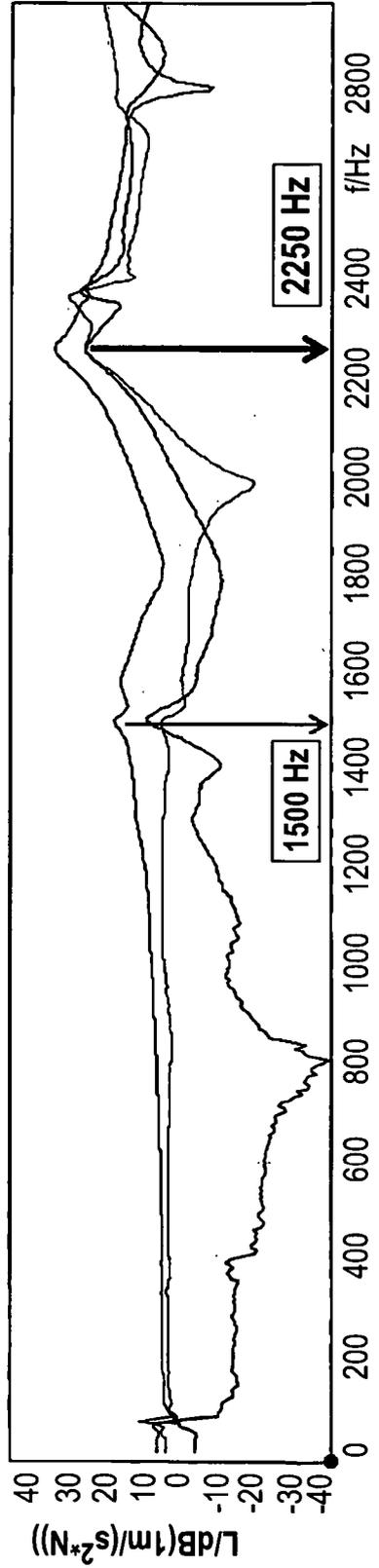
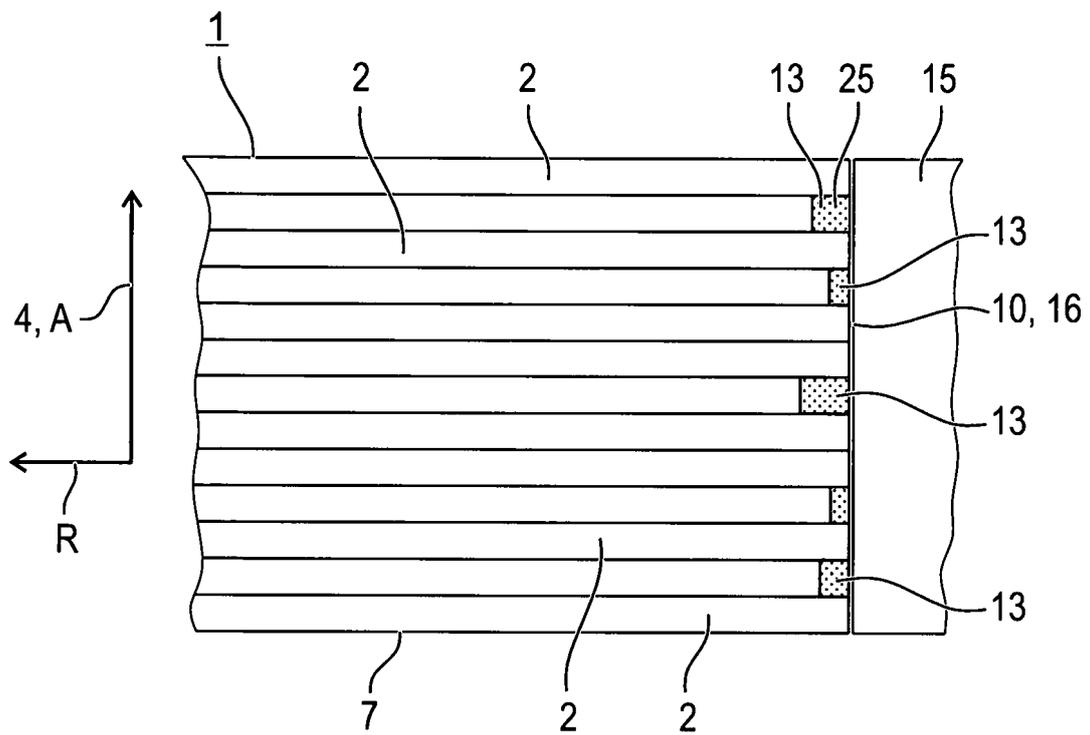


FIG. 5



**FIG. 6**

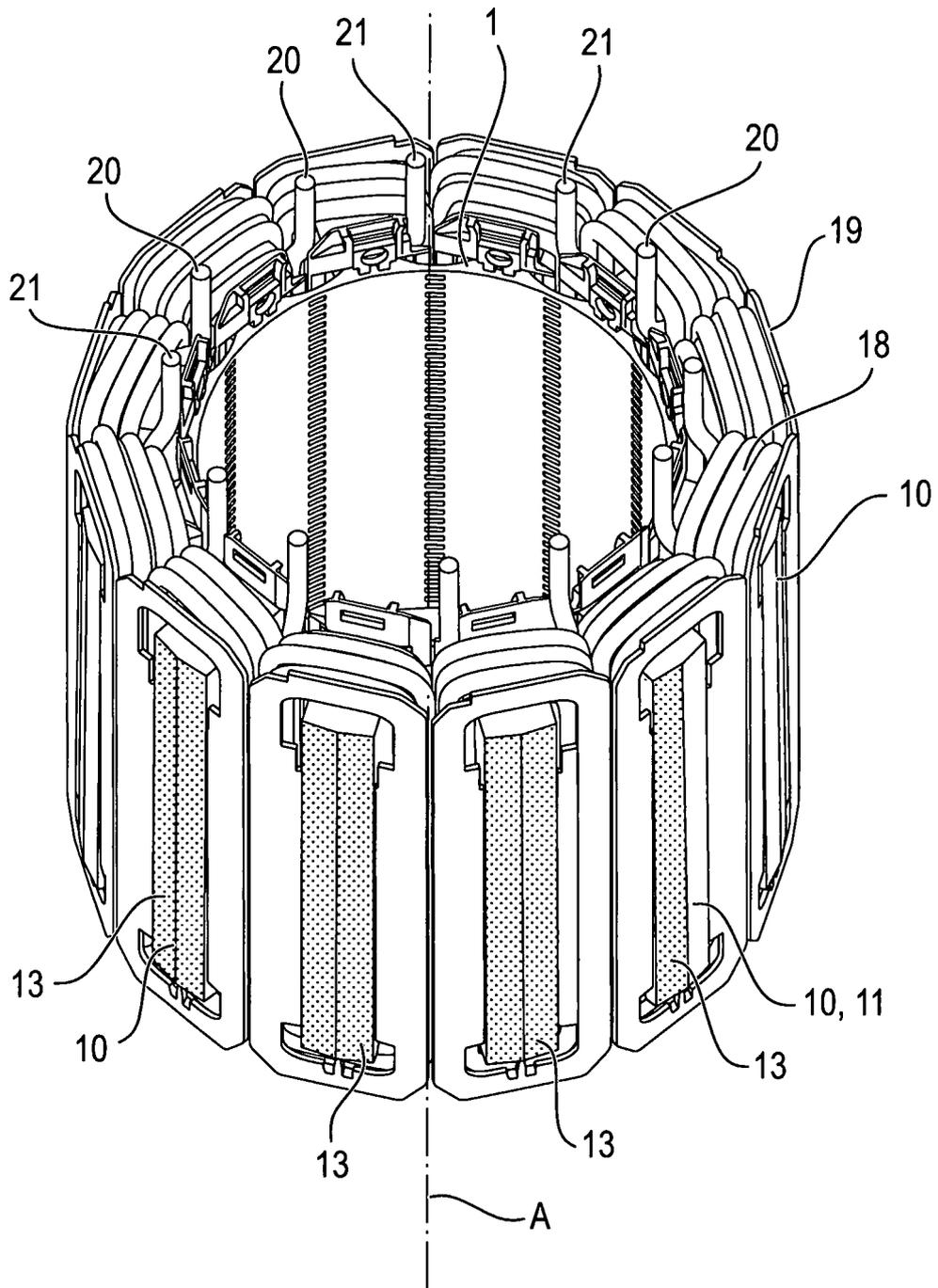


FIG. 7

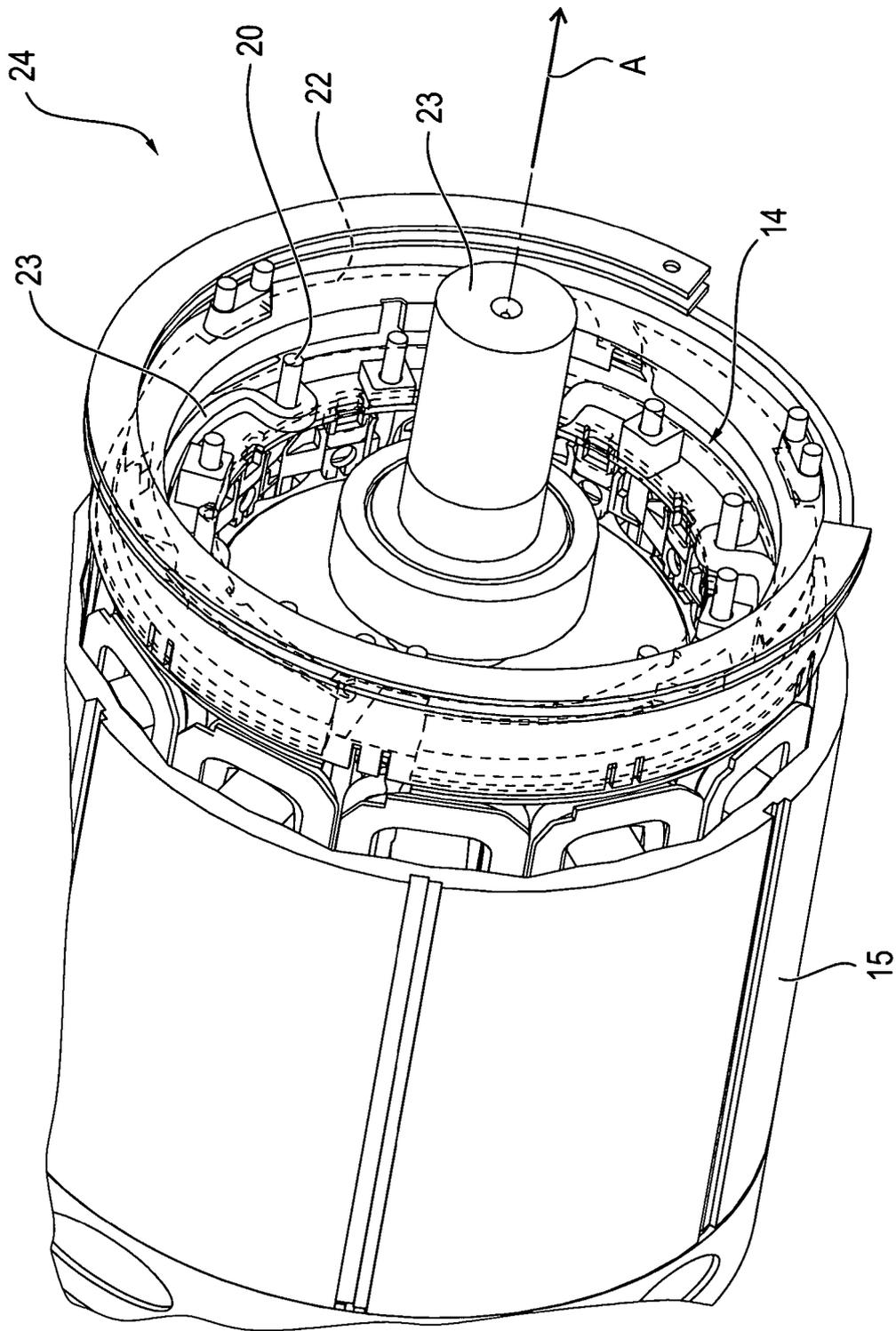


FIG. 8