

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21)	Anmeldenummer:	A 50473/2023	(51)	Int. Cl.:	H02K 11/25	(2016.01)
(22)	Anmeldetag:	16.06.2023			G01K 13/08	(2006.01)
(43)	Veröffentlicht am:	15.01.2025			G01J 5/00	(2006.01)
					G01J 5/04	(2006.01)
					G01J 5/0821	(2022.01)

(56)	Entgegenhaltungen: WO 2011020500 A1 WO 202221899 A1 WO 2020215780 A1 DE 1911100 U DE 102021111695 A1 WO 2010006631 A1	(71)	Patentanmelder: AVL List GmbH 8020 Graz (AT)
		(72)	Erfinder: Poms Anna Daniela BSc 8020 Graz (AT) Philip Harald Dipl.-Ing. Dr. 8071 Hausmannstätten (AT) Kiss Gergely Male MSc 8051 Graz (AT) Winklhofer Ernst Dr. 8565 Soeding St. Johann (AT)
		(74)	Vertreter: Hartinger Mario Dipl.-Ing. 8020 Graz (AT)

(54) **Messanordnung zur Bestimmung der Rotortemperatur einer elektrischen Maschine**

(57) Es wird eine Messanordnung zur Bestimmung der Rotortemperatur einer elektrischen Maschine (10) vorgeschlagen, die einen Stator (16) und einen Rotor (32) aufweist, der gegenüberliegend zum Stator (16) angeordnet ist. Des Weiteren weist die Messanordnung eine Vorrichtung (12) zur Temperaturmessung auf, die einen Lichtwellenleiter (42) und einen Signalwandler (48) aufweist, der mit einem ersten Ende (44) des Lichtwellenleiters (42) verbunden ist und in dem das optische Signal des Lichtwellenleiters (42) in ein elektrisches Signal umwandelbar ist, welches ein Maß für die Temperatur darstellt.

Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, dass die Vorrichtung (12) zur Temperaturmessung an der elektrischen Maschine (10) zumindest indirekt befestigt ist und an einem zweiten Ende (66) des Lichtwellenleiters (42) ein Strahlungsaufnahmemittel (76) aufweist, welches unmittelbar gegenüberliegend zu einer Umfangsfläche (64) des Rotors (32) im Innern der elektrischen Maschine (10) angeordnet ist und in das die Strahlung des gegenüberliegenden Rotors (32) in den Lichtwellenleiter (42) einleitbar ist.

So können Oberflächentemperaturen am Außenumfang des Rotors sehr genau ohne maschinelle Bearbeitung der elektrischen Maschine an beliebigen Positionen des Rotors gemessen werden.

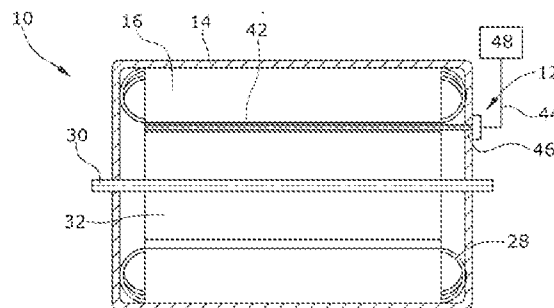


Fig. 1

Z U S A M M E N F A S S U N G

Es wird eine Messanordnung zur Bestimmung der Rotortemperatur einer elektrischen Maschine (10) vorgeschlagen, die einen Stator (16) und einen Rotor (32) aufweist, der gegenüberliegend zum Stator (16) angeordnet ist. Des Weiteren weist die Messanordnung eine Vorrichtung (12) zur Temperaturmessung auf, die einen Lichtwellenleiter (42) und einen Signalwandler (48) aufweist, der mit einem ersten Ende (44) des Lichtwellenleiters (42) verbunden ist und in dem das optische Signal des Lichtwellenleiters (42) in ein elektrisches Signal umwandelbar ist, welches ein Maß für die Temperatur darstellt.

Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, dass die Vorrichtung (12) zur Temperaturmessung an der elektrischen Maschine (10) zumindest indirekt befestigt ist und an einem zweiten Ende (66) des Lichtwellenleiters (42) ein Strahlungsaufnahmemittel (76) aufweist, welches unmittelbar gegenüberliegend zu einer Umfangsfläche (64) des Rotors (32) im Innern der elektrischen Maschine (10) angeordnet ist und in das die Strahlung des gegenüberliegenden Rotors (32) in den Lichtwellenleiter (42) einleitbar ist.

So können Oberflächentemperaturen am Außenumfang des Rotors sehr genau ohne maschinelle Bearbeitung der elektrischen Maschine an beliebigen Positionen des Rotors gemessen werden.

Figur 1

Messanordnung zur Bestimmung der Rotortemperatur einer elektrischen Maschine

Die Erfindung betrifft eine Messanordnung zur Bestimmung der Rotortemperatur einer elektrischen Maschine mit einer elektrischen Maschine, die einen Stator und einen Rotor aufweist, der gegenüberliegend zum Stator angeordnet ist, und einer Vorrichtung zur Temperaturmessung, die einen optischen Lichtwellenleiter und einen Signalwandler aufweist, der mit einem ersten Ende des Lichtwellenleiters verbunden ist und in dem das optische Signal des Lichtwellenleiters in ein elektrisches Signal umwandelbar ist, welches ein Maß für die Temperatur darstellt.

Solche Messanordnungen werden insbesondere an Testeinheiten für Elektromotoren genutzt, so dass während eines Testlaufs die Temperatur des Rotors des Elektromotors zuverlässig ermittelt werden kann. Dies ist insbesondere durch die Verwendung von Elektromotoren als Antrieb von elektrischen Fahrzeugen wichtig, bei deren Verwendung eine hohe thermische Belastung durch die dauerhaft benötigten hohen Spannungen und Ströme vorliegt. Um hier gezielt sowohl die Orte erhöhter Temperaturen als auch den Temperaturverlauf in Abhängigkeit der Motorbelastung beurteilen zu können, ist die Temperaturüberwachung wichtig.

Daher wurde in der WO 2022/221899 A1 eine Messanordnung zur kontaktlosen Messung einer Temperatur in einem Maschinengehäuse vorgeschlagen, bei dem mittels eines Lichtleiters die an der äußeren Oberfläche des Stators oder des Rotors der elektrischen Maschine vorhandene Wärmestrahlung aufgenommen und mittels eines Signalwandlers in ein elektrisches Signal umgewandelt wird, welches entsprechend abhängig von der vorhandenen Temperatur ist. Das Ende des Lichtleiters mündet dabei in das Innere der elektrischen Maschine, ohne dabei Linsen, Spiegel oder Prismen zu verwenden. Die Lichtleiter werden

dabei auf das axiale Ende des Rotors oder in einen beliebigen Zwischenraum eingeführt.

Problematisch dabei ist es jedoch, dass die die Wärmestrahlung aufnehmenden Enden der Lichtwellenleiter nicht auf konkrete Orte, insbesondere den Rotor, weiter im Inneren der elektrischen Maschine ausgerichtet werden können, so dass lediglich eine äußere Oberflächentemperatur im Bereich der axialen Enden gemessen werden kann. Entsprechend sind weder Aussagen zu einer Temperaturverteilung über den Rotor möglich noch können schädliche Spitzentemperaturen ermittelt werden, da diese eher im mittleren Bereich des Rotors auftreten, da dieser wiederum von warmen Bereichen umgeben ist.

Des Weiteren sind Messanordnungen bekannt, bei denen die Messfühler durch einzubringende Bohrungen im Stator vor die Oberfläche des Rotors geführt werden, um dessen Temperatur zu messen, was jedoch zu einer Störung des elektromagnetischen Feldes des Elektromotors führt und einen erhöhten maschinellen Aufwand nach sich zieht, da der Stator bearbeitet werden muss und die elektrische Maschine zumindest teilweise demontiert und wieder montiert werden muss. Entsprechend können keine Maschinen getestet werden, die anschließend genutzt werden.

Es stellt sich daher die Aufgabe, eine Messanordnung zur Bestimmung der Rotortemperatur einer elektrischen Maschine zur Verfügung zu stellen, mit der Orte maximaler Temperaturen, Temperaturverläufe und -verteilungen, ermittelt werden können. Die ermittelten Werte sollen im Vergleich zu bekannten Ausführungen eine höhere Genauigkeit aufweisen. Die verwendeten Sensoren sollen dabei wiederverwendet werden können und die elektrische Maschine möglichst nicht maschinell bearbeitet werden müssen, so dass diese nach dem Testen weiterverwendet werden kann.

Diese Aufgabe wird durch eine Messanordnung zur Bestimmung der Rotortemperatur einer elektrischen Maschine mit den Merkmalen des Hauptanspruchs 1 gelöst.

Die erfindungsgemäße Messanordnung zur Bestimmung der Rotortemperatur einer elektrischen Maschine besteht aus einer elektrischen Maschine, welche beispielsweise ein Elektromotor oder ein Generator sein kann und die einen Stator und einen Rotor aufweist. Der Stator weist ein Statorpaket aus ferromagnetischem Material mit Statorzähnen auf, die aus zusammenhängenden Zahnfüßen bestehen, von denen aus sich die Statorzähne bis zu ihren Zahnköpfen erstrecken, die dem Rotor der elektrischen Maschine gegenüberliegen. Diese Zahnköpfe weisen entweder die gleiche Umfangsbreite auf, wie der übrige Statorzahn oder weisen eine größere Breite in Umfangsrichtung auf, um die Wicklungen, die auf die Statorzähne gewickelt oder im Falle einer gleichmäßigen Umfangsbreite auf den Statorzahn aufgeschoben sind, zu begrenzen. Die Bereiche zwischen den Statorzähnen werden als Statornut bezeichnet. Bei der Ausführung eines Stators insbesondere mit breiteren Zahnköpfen verbleibt zwischen den Zahnköpfen jeweils ein Zwischenraum. Der Rotor kann bei einer elektrischen Maschine, die als bürstenloser Elektromotor ausgebildet ist, mit Permanentmagneten bestückt sein. Der Rotor ist entsprechend gegenüberliegend zum Stator angeordnet, wobei zwischen dem Rotor und dem Stator ein Spalt ausgebildet ist.

Die Messanordnung weist eine Vorrichtung zur Temperaturmessung auf, die einen Lichtwellenleiter aufweist, der aus Vollquerschnittsfasern oder Hohlleiterfasern aufgebaut sein kann und bevorzugt einen Durchmesser von weniger als 3mm aufweist. Durch diesen Lichtwellenleiter wird eine optische Strahlung von einem ersten Ende des Lichtwellenleiters zu einem zweiten Ende des Lichtwellenleiters geleitet. Der Lichtwellenleiter ist beispielsweise aus konzentrischen Lagen aufgebaut, in deren Zentrum der lichtführende Kern angeordnet ist, der von einem Mantel mit einem niedrigeren

Brechungsindex umgeben ist, sowie von weiteren Schutzschichten aus Kunststoff, so dass die Lichtwellen den Leiter nicht verlassen können. Das erste Ende des Lichtwellenleiters ist mit einem Signalwandler der Vorrichtung zur Temperaturmessung verbunden, in dem das optische Signal des optischen Lichtwellenleiter in ein elektrisches Signal umwandelbar ist. Dieser Signalwandler kann beispielsweise ein Fotodetektor sein, über den die über das zweite Ende des Lichtwellenleiters eintretenden Lichtwellen in Abhängigkeit ihrer Wellenlänge und ihrer Intensität im Infrarotbereich in ein elektrisches Signal umgewandelt werden, welches ein Maß für die Temperatur darstellt.

Die Vorrichtung zur Temperaturmessung ist an der elektrischen Maschine zumindest indirekt befestigt und weist an einem zweiten Ende des Lichtwellenleiters ein Strahlungsaufnahmemittel auf. Dies kann eine Linse, ein Prisma, eine Abschrägung des Lichtwellenleiterendes oder ein anderes optisches Mittel sein, um eine möglichst große Wärmestrahlung aufzunehmen. Das Prisma umfasst eine Eintrittsfläche und eine Reflexionsfläche. Die Eintrittsfläche des Prismas ist bevorzugt parallel zur Drehachse der elektrischen Maschine angeordnet, die Reflexionsfläche ist bevorzugt derart angeordnet, dass die Strahlung innerhalb des Prismas in die Längsrichtung des Lichtwellenleiters umgelenkt wird. Dieses optische Mittel ist erfindungsgemäß unmittelbar gegenüberliegend zu einer Umfangsfläche des Rotors im Innern der elektrischen Maschine angeordnet. Die Strahlung des gegenüberliegenden Rotors wird entsprechend in den Lichtwellenleiter eingeleitet. Je nach Anordnung der zweiten Enden der Lichtwellenleiter kann auf diese Weise an beliebigen Orten die momentane Rotortemperatur und damit auch Temperaturverläufe, beispielsweise während Fahrzyklustests gemessen werden. Durch Verteilung mehrerer solcher Lichtwellenleiter ist es auch möglich Orte maximaler Temperaturen und somit Temperaturverteilungen am Rotor mit hoher Genauigkeit zu ermitteln, da eine große Menge der vom Rotor ausgesendeten

Wärmestrahlung durch das optische Mittel im beobachteten Bereich aufgenommen wird.

Vorzugsweise erstreckt sich der Lichtwellenleiter axial in einen Raum zwischen Wicklungen des Stators und dem Rotor. Der Lichtwellenleiter ist entsprechend entweder am zum Zahnkopf weisenden Ende der Statorzähne in den Zwischenräumen der Zahnköpfe oder im Spalt zwischen dem Stator und dem Rotor angeordnet, wenn dieser groß genug ist. Hierdurch wird der Abstand zum Rotor sehr gering gehalten, so dass auch die aufgenommene Strahlung der Wärmestrahlung der Oberfläche des Rotors entspricht, wodurch sehr genaue Messergebnisse erzielt werden. Durch diese Anordnung muss auch der Stator oder der Rotor nicht maschinell bearbeitet werden, so dass eine Beeinflussung des magnetischen Feldes der elektrischen Maschine verhindert wird. Sowohl die verwendeten Lichtwellenleiter als auch die vermessenen elektrischen Maschinen können somit nach dem Testlauf weiter verwendet werden.

In einer weiterführenden vorteilhaften Ausführungsform weist der Lichtwellenleiter einen ersten Abschnitt auf, in dem sich der Lichtwellenleiter axial in den Raum zwischen den Wicklungen des Stators und dem Rotor erstreckt und einen zweiten Abschnitt auf, in dem der Lichtwellenleiter in Richtung des Rotors gebogen ist. Durch diese Anordnung kann somit trotz des axialen Einführens in den Raum zwischen den Statorwicklungen und dem Rotor das unmittelbare Gegenüberliegen des zweiten Endes des Lichtwellenleiters beziehungsweise des Strahlungsaufnahmemittels zum Rotor auf einfache Weise hergestellt werden.

Vorzugsweise weist der Lichtwellenleiter als Strahlungsaufnahmemittel eine optische Linse auf, deren optische Achse senkrecht zur Drehachse der elektrischen Maschine angeordnet ist, wobei der Lichtwellenleiter im zweiten Abschnitt bevorzugt gebogen ist, besonders bevorzugt um 90°.

Durch die Linse und deren Lage zum Rotor wird sichergestellt, dass die Wärmestrahlung des gegenüberliegenden Rotors gebündelt in den Lichtwellenleiter eindringt, wodurch sehr genaue Messwerte erreicht werden. Der Aufbau bleibt durch die 90°Biegung des Lichtwellenleiters sehr einfach. Selbstverständlich ist dabei darauf zu achten, dass die Biegung mit einem ausreichend großen Radius ausgeführt wird, um die Lichtwellenleitung nicht beziehungsweise nur sehr gering zu beeinflussen.

In einer alternativen Ausführungsform weist der Lichtwellenleiter als Strahlungsaufnahmemittel an seinem zweiten Ende eine Schräge auf, deren Oberfläche parallel zur Drehachse der elektrischen Maschine angeordnet ist. Dies bedeutet, dass auch bei dieser Ausführung die direkte Strahlungsübertragung und Aufnahme ermöglicht wird, ohne dass vorherige Ablenkungen vorhanden sind oder größere Streuungen auftreten. Der Lichtwellenleiter ist zur Sicherstellung des unmittelbaren Gegenüberliegens des Strahlungsaufnahmemittels zum Rotor, um einen Winkel zu biegen, der dem Schrägungswinkel zur Mittelachse des Lichtwellenleiters entspricht. Diese Ausführung eignet sich in besonderem Maße für kleine Elektromotoren, da bei entsprechendem Schrägungswinkel nur eine geringe Biegung des Lichtwellenleiters erforderlich ist, so dass zur Einhaltung der möglichen Biegeradien weniger Platz in radialer Richtung benötigt wird. Durch die Schrägung wird die Fläche, über die die Wärmestrahlung aufgenommen werden kann, vergrößert, so dass auch mit dieser Ausführungsform sehr genaue Messergebnisse erzielt werden können.

In einer besonders bevorzugten Ausbildung der Erfindung weist die Vorrichtung zur Temperaturmessung einen Träger auf, in dem zumindest ein Lichtwellenleiter angeordnet ist, wobei der Träger in den Statornuten angeordnet ist und sich axial in einen Raum zwischen den Wicklungen des Stators und dem Rotor erstreckt, und wobei im Träger für jeden Lichtwellenleiter eine dem Rotor gegenüberliegende Öffnung ausgebildet

ist, in der das Strahlungsaufnahmemittel angeordnet ist. Durch diesen Träger kann der Lichtwellenleiter sehr genau zum Rotor platziert werden, insbesondere wenn dieser mit einer hohen Steifigkeit ausgeführt wird. Zusätzlich wird eine Bewegung des Lichtwellenleiters nach dem Einführen weitestgehend ausgeschlossen. Auch werden Schäden am Lichtwellenleiter vermieden, da dieser fest im Träger angeordnet ist. Auch die notwendigen Biegungen am zweiten Ende des Lichtwellenleiters können definiert hergestellt werden. Der Träger ist dabei insbesondere aus einem nicht oder sehr schlecht magnetisierbaren Material, insbesondere aus einem Kunststoff. Das Strahlungsaufnahmemittel ist in der direkt dem Rotor gegenüberliegenden Öffnung am zweiten Ende der Lichtwellenleiter ausgebildet.

Der Träger ist vorteilhafterweise in Umfangsrichtung und in radialer Richtung formschlüssig in der Statornut angeordnet. Durch diesen Formschluss wird lediglich eine Bewegung in axialer Richtung zum Ein- und Ausfahren des Trägers und damit des Lichtwellenleiters zugelassen. Die Vorrichtung zur Temperaturmessung kann dann axial beispielsweise am Motorgehäuse gesichert werden. Die Anordnung in der Statornut eröffnet die Herstellung des Formschlusses ohne zusätzliche Bauteile bei gleichzeitiger definierter Positionierung des optischen Strahlungsaufnahmemittels.

In einer Weiterbildung ist es möglich, dass der Träger an beiden Seiten jeweils einen Steg aufweist, mit denen der Träger in der Statornut hinter die beiden benachbarten Zahnköpfe des Stators greift und gegen die Zahnköpfe zumindest teilweise anliegt. Diese Stege dienen somit zur radialen Befestigung des Trägers und somit des Lichtwellenleiters.

Besonders bevorzugt ist es, wenn sich die Stege über die gesamte axiale Länge des Rotors erstrecken. Durch diese Erstreckung der Stege wird

verhindert, dass sich Verformungen in Teilabschnitten des Trägers beim Einschieben ergeben.

In einer weiteren vorteilhaften Ausbildung der Messanordnung weisen die Stege eine zum Zahnkopf gewandte Oberfläche auf, deren Form zur Form einer vom Rotor abgewandten Seite des Zahnkopfes korrespondiert. Durch diese Korrespondenz der Formen über die gesamte Breite der Stege entsteht eine vollflächige Anlage und damit eine weitestgehende Einschränkung einer möglichen Bewegung des Trägers in der Statornut. So wird eine exakte Positionierung zum Rotor sichergestellt.

Eine vom Rotor abgewandte Rückseite des Trägers liegt dabei vorzugsweise gegen die Wicklungen des Stators an, so dass auch ein Verrutschen des Trägers in radialer Richtung vom Stator weg zuverlässig ausgeschlossen wird.

Zusätzlich ist es vorteilhaft, wenn der Träger mit dem zumindest einen Lichtwellenleiter zumindest teilweise in den Zwischenräumen zwischen den Zahnköpfen des Stators angeordnet ist. Durch die Anordnung des Trägers in den Zwischenräumen wird auch bei sehr kleinen Spalten zwischen dem Rotor und den Stator das Strahlungsaufnahmemittel in sehr kurzer Entfernung zum Rotor platziert, so dass sehr genaue Oberflächentemperaturen gemessen werden können. Zusätzlich wird eine Fixierung des Trägers und damit der Lichtwellenleiter in Umfangsrichtung erreicht.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist der Träger T-förmig ausgebildet, wobei der Mittelsteg im Zwischenraum zwischen den Zahnköpfen angeordnet ist und die zumindest eine Öffnung im Mittelsteg zum Rotorweisend angeordnet sind, und wobei die seitlich sich erstreckenden Stege hinter die Zahnköpfe greifen. Durch die Anordnung des Mittelstegs zwischen den Zahnköpfen kann eine Fixierung in

Umfangsrichtung hergestellt werden während die Seitenstege zusätzlich eine Fixierung in radialer Richtung sicherstellen. Die Öffnungen können durch die Platzierung des Mittelstegs in den Zwischenräumen der Zahnköpfe auch bei sehr kleinen elektrischen Maschinen oder Maschinen mit sehr engem Spalt zwischen dem Rotor und dem Stator sehr nah am Rotor befestigt werden, wodurch die Messung der Oberflächentemperatur des Rotors noch einmal verbessert wird.

Besonders vorteilhaft ist, wenn die Vorrichtung zur Temperaturmessung mehrere Lichtwellenleiter aufweist, so dass auch mehrere Temperaturen gleichzeitig gemessen werden können. Durch derartige Anordnungen können genaue Temperaturverteilungen über die gesamte axiale Höhe des Rotors gemessen werden.

Vorzugsweise sind am Träger mehrere übereinander liegende zum Rotor weisende Öffnungen ausgebildet, in die sich jeweils das Strahlungsaufnahmemittel am zweiten Ende eines der Lichtwellenleiter erstreckt. Durch die Anordnung der mehreren Lichtwellenleiter im Träger sowie die entsprechend übereinander liegende Anordnung der Strahlungsaufnahmemittel an den Öffnungen, ist es somit möglich, an beliebigen axialen Höhen des Rotors kontinuierlich und gleichzeitig mit nur einem Träger exakte Temperaturverteilungen zu bestimmen.

Der Träger erstreckt sich vorzugsweise über die gesamte axiale Länge des Rotors, sodass auch Aussagen zur Temperaturverteilung über die gesamte axiale Länge des Rotors getätigt werden können.

Des Weiteren weisen die Öffnungen des Trägers aus den Zwischenräumen des Stators in Richtung des Rotors, so dass die Öffnungen und damit die Strahlungsaufnahmemittel auch tatsächlich unmittelbar gegenüberliegend zum Rotor angeordnet sind.

Um eine genaue Aussage zur Temperaturverteilung über die Höhe des Rotors vornehmen zu können und gleichzeitig die Herstellung des Trägers mit den eingebetteten Lichtwellenleitern erleichtern zu können, sind die Öffnungen des Trägers gleichmäßig über die Höhe des Rotors verteilt angeordnet.

Des Weiteren ist es vorteilhaft, wenn mehrere Träger mit Lichtwellenleitern über den Umfang des Stators verteilt in den Zwischenräumen zwischen den Zahnköpfen des Stators angeordnet sind. Durch eine derartige Anordnung können auch Temperaturverteilungen über den Umfang des Rotors gemessen werden.

Vorzugsweise ist der Signalwandler der Vorrichtung zur Temperaturmessung ein Fotodetektor. Mit einem solchen Fotodetektor kann die in den Lichtwellenleiter eingeleitete thermische Strahlung auf einfache Weise in ein elektrisches Signal umgewandelt werden, welches eine exponentielle Abhängigkeit zur Temperatur aufweist.

Es wird somit eine Messanordnung zur Bestimmung der Rotortemperatur einer elektrischen Maschine bereit gestellt, durch die eine Oberflächentemperatur eines Rotors der elektrischen Maschine sehr genau mit einfachen Mitteln gemessen werden kann. Diese Oberflächentemperatur kann dabei auch bezüglich einer unterschiedlichen Temperaturverteilung über den Umfang oder die Höhe des Rotors bestimmt werden. Der Aufbau der erfindungsgemäßen Messanordnung ist sehr einfach, insbesondere bei Verwendung eines Trägers, der formschlüssig zwischen Stator und Rotor platziert werden kann. Eine maschinelle Bearbeitung der elektrischen Maschine entfällt gegebenenfalls vollständig. Zumindest wird ein Einfluss auf das magnetische Feld der elektrischen Maschine weitestgehend ausgeschlossen. Entsprechend kann die elektrische Maschine nach dem Testlauf an ihrem vorgesehenen Einsatzort genutzt werden.

Eine erfindungsgemäße Anordnung wird im Folgenden anhand eines nicht beschränkenden Ausführungsbeispiels mit einem elektronisch kommutierten Gleichstrommotor als elektrische Maschine und einer Messvorrichtung mit einem Träger beschrieben.

Die Figur 1 zeigt eine geschnittene Seitendarstellung der erfindungsgemäßen Messanordnung.

Die Figur 2 zeigt einen Querschnitt durch die erfindungsgemäße Messanordnung.

Die Figur 3 zeigt einen vergrößerten Ausschnitt der Figur 2.

Die Figur 4 zeigt eine vergrößerte Darstellung der Messvorrichtung und ihrer Lage zum Rotor in Seitenansicht.

Die Figur 5 zeigt eine Seitenansicht auf die Messvorrichtung der Figur 4 aus der Blickrichtung des Rotors.

In den Figuren 1 und 2 ist eine erfindungsgemäße Messanordnung mit einer elektrischen Maschine 10, die als elektronisch kommutierter Gleichstrommotor ausgeführt ist, und einer Vorrichtung 12 zur Temperaturmessung dargestellt. Die elektrische Maschine 10 weist ein Gehäuse 14 auf, in dessen Inneren ein Stator 16 angeordnet ist, der einen äußeren Rückschlussring 18 aufweist, von dem aus sich mehrere Statorzähne 20 nach radial innen erstrecken. Diese Statorzähne 20 erstrecken sich von einem Zahnfuß 22 am Rückschlussring 18 hin bis zu einem Zahnkopf 24. Jeder Statorzahn 20 weist zwischen dem Zahnfuß 22 und dem Zahnkopf 24 im Querschnitt eine etwa konstante Breite auf, während der Zahnkopf 24 breiter ausgeführt ist und somit in Umfangsrichtung über den restlichen Statorzahn 20 übersteht. Zwischen den Statorzähnen 20 wird eine Statornut 26 gebildet, in der Wicklungen 28

von Wicklungsdrähten angeordnet sind, die um die einzelnen Statorzähne 20 gewickelt werden, und welche sich in radialer Richtung bis kurz vor die Zahnköpfe 24 erstrecken.

Im radial Inneren des Stators 16 ist drehbar auf einer Welle 30 ein Rotor 32 der elektrischen Maschine 10 angeordnet, in dem Permanentmagnete 34 in entsprechenden Aufnahmeöffnungen 36 platziert sind. Durch entsprechende Bestromung der Wicklungen 28 kann der Rotor 32 in bekannter Weise mit der Welle 30 in Drehung versetzt werden.

Zwischen dem Stator 16 und dem Rotor 32 ist ein Spalt 38 ausgebildet. In diesen Spalt 38 ragt ein Träger 40 der Vorrichtung 12 zur Temperaturmessung. In dem Träger 40 sind ein oder mehrere Lichtwellenleiter 42 angeordnet, deren erste Enden 44 durch eine Öffnung 46 am Gehäuse 14 nach außen ragen, wo sie mit einem Signalwandler 48 in Form eines Fotodetektors verbunden sind. Die Vorrichtung 12 zur Temperaturmessung ist im Bereich der Öffnung 46 am Gehäuse 14 befestigt.

In den Figuren 3 bis 5 ist die Anordnung der Vorrichtungen 12 zur Temperaturmessung in der elektrischen Maschine 10 sowie die Ausführung des Trägers 40 mit den Lichtwellenleitern 42 genauer dargestellt.

Der Träger 40 weist einen T-förmigen Querschnitt auf, wobei ein Mittelsteg 50 dieses T-förmigen Trägers 40 in einem Zwischenraum 52 zwischen den Zahnköpfen 24 angeordnet ist. Die beiden sich zu den beiden Seiten erstreckenden Stege 54 des T-förmigen Trägers 40 liegen ebenfalls in der Statornut 26, wobei die zum Rotor 32 weisenden Oberflächen 56 dieser Stege 54 gegen eine vom Rotor 32 abgewandte Seite 58 der erweiterten Zahnköpfe 24 anliegen und in ihrer Form auch korrespondierend hierzu ausgeführt sein können. Eine Rückseite 60 des Trägers 40, die nach radial außen weist, liegt gegen die Wicklungen 28 des Stators 16 an, so dass der

Träger 40 in einem Raum 62 zwischen den Wicklungen 28 des Stators 16 und einer Umfangsfläche 64 des Rotors 32 angeordnet ist und der Träger 40 in der Statornut 26 sowohl in radialer Richtung als auch in Umfangsrichtung formschlüssig gehalten wird.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel erstrecken sich insgesamt drei Lichtwellenleiter 42 axial in den Träger 40, wobei in jedem der Stege 54 ein Lichtwellenleiter 42 angeordnet ist und der dritte Lichtwellenleiter 42 im Verbindungsbereich zwischen dem Mittelsteg 50 und den Stegen 54 angeordnet ist. Das erste Ende 44 jedes dieser Lichtwellenleiter 42 ist mit einem eigenen Signalwandler 48 verbunden, so dass drei verschiedene und voneinander unabhängige Messungen durchgeführt werden können.

Alle drei Lichtwellenleiter 42 münden mit ihrem zweiten Ende 66 am radialen Ende des Mittelstegs 50 und somit unmittelbar gegenüberliegend zu einer Umfangsfläche 64 des Rotors 32. Die Lichtwellenleiter 42 weisen jeweils einen ersten Abschnitt 68 auf, in dem sie sich parallel zu einer Drehachse 70 der elektrischen Maschine 10 durch den Träger 40 erstrecken. An diesen ersten Abschnitt 68 schließt sich jeweils ein zweiter Abschnitt 72 an, in welchem die Lichtwellenleiter 42 derart geformt sind, dass ein zweites Ende 66 mit seiner Oberfläche 74 parallel zur Umfangsfläche 64 des Rotors 32 weist. An diesem zweiten Ende 66 ist jeweils ein Strahlungsaufnahmemittel 76 angeordnet, welches unmittelbar gegenüberliegend zur Umfangsfläche 64 des Rotors 32 in einer entsprechenden Öffnung 78 im Träger 40 positioniert ist. Je nach Lage des Lichtwellenleiters 42 im Träger 40 ist dieser zweite Abschnitt 72 entsprechend anders auszuformen. Die hier möglichen unterschiedlichen Ausführungsformen sind in den Figuren 4 und 5 zu erkennen.

In der Figur 4 sind hierzu zwei verschiedene Ausführungsformen der Strahlungsaufnahmemittel 76 dargestellt, wobei üblicherweise in einem Träger 40 eine einheitliche Form verwendet würde. Der zweite Abschnitt 72

des weiter im oberen Bereich des Trägers 40 mündenden Lichtwellenleiters 42 ist im Träger 40 um einen Winkel gebogen, der einem Schrägungswinkel des Lichtwellenleiters 42 an seinem zweiten Ende 66 entspricht. Diese Schräge 80 dient als Strahlungsaufnahmemittel 66, so dass ein zum Rotor weisendes freies Ende dieser Schräge 80 an der oberen Öffnung 78 parallel zur Drehachse 70 der elektrischen Maschine 10 beziehungsweise zur Umfangsfläche 64 des Rotors 32 angeordnet ist. Entsprechend kann über diese Schräge 80, die unmittelbar gegenüberliegend zur Umfangsfläche 64 des Rotors 32 angeordnet ist, eine Wärmestrahlung der Umfangsfläche 64 des Rotors 32 aufgenommen werden, über die die Oberflächentemperatur des Rotors 32 mittels des Signalwandlers 48 sehr genau bestimmt werden kann, da durch die Schräge 80 ein großer Anteil der vorhandenen Wärmestrahlung tatsächlich in den Lichtwellenleiter 42 aufgenommen werden kann.

Der weiter unten an der Öffnung 78 mündende Lichtwellenleiter 42 weist im zweiten Abschnitt eine 90°- Biegung auf, so dass sein Ende 66 ebenfalls parallel zur Umfangsfläche 64 des Rotors 32 angeordnet ist. Um hier ebenfalls eine repräsentativ große Wärmestrahlung des Rotors 32 aufnehmen zu können, ist an diesem zweiten Ende 66 eine optische Linse 82 ausgebildet, deren optische Achse 84 senkrecht zur Drehachse des Rotors 32 angeordnet ist. Auch dies führt dazu, dass aus einem größeren Bereich die Wärmestrahlung in den Lichtwellenleiter 42 aufgenommen und zum Signalwandler 48 geführt wird. Eine Ausführung ohne Linse wäre aber auch möglich.

In der Figur 5 ist zu erkennen, dass bei Durchführung der Lichtwellenleiter 42 durch den Träger 40 im Bereich der Stege 54 zumindest zwei Biegungen hergestellt werden müssen, um tatsächlich in dem zum Rotor 32 gewandten Endbereich des Mittelsteges 50 und damit zu den Öffnungen 78 zu gelangen. Die Lichtwellenleiter 42 müssen hierzu einerseits eine Biegung in Richtung des Mittelsteges 50 aufweisen und andererseits eine Biegung

aufweisen, durch die sie sich zum Rotor 32, also nach radial innen erstrecken, um sicherzustellen, dass das zweite Ende 66 der Lichtwellenleiter 42 korrekt unmittelbar gegenüberliegend zur Umfangsfläche 64 des Rotors 32 ausgerichtet ist. Zur Herstellung dieser Lichtwellenleiter 42 können diese vorgeformt und mit dem Material des Trägers, welches beispielsweise ein nicht magnetisierbarer Kunststoff sein kann, umspritzt werden. Alternativ dazu, und nicht in der Figur gezeigt, kann eine Bohrung für den Lichtwellenleiter 42 auch schräg durch das T-Stück erfolgen und der Lichtwellenleiter 42 vorne abgeschrägt werden.

Durch die beschriebenen Ausführungen kann die Temperatur durch Aufnahme einer repräsentativen Wärmestrahlung am Außenumfang des Rotors sehr genau gemessen werden. Durch die Aufnahme mehrerer Lichtwellenleiter in einem Träger wird die Montage der Messanordnung deutlich vereinfacht, da mittels nur eines Trägers die Oberflächentemperaturen an verschiedenen axialen Höhen des Rotors gemessen werden können und hierzu lediglich der eine Träger mit einer beliebigen Anzahl an Lichtwellenleitern in den Zwischenraum zwischen den Wicklungen des Stators und dem Rotor eingebracht werden muss.

Es sollte deutlich sein, dass die Lichtwellenleiter gegebenenfalls auch lediglich mit einer Hülse ausgeführt werden können und darauf folgend in den Zwischenraum zwischen dem Rotor und den Wicklungen des Stators eingeschoben werden können und anschließend im oberen Bereich am Gehäuse des Elektromotors befestigt werden können. Des Weiteren können verwendete Träger verschiedene Formen aufweisen und auch eine unterschiedliche Menge an Lichtwellenleitern aufnehmen, zu denen dann jeweils die entsprechenden Öffnungen am Träger vorzusehen sind. Selbstverständlich ist es auch möglich, mehrere Träger oder Lichtwellenleiter über den Umfang des Rotors verteilt in der elektrischen Maschine anzuordnen, so dass auch überprüft werden kann, inwieweit sich eine unterschiedliche Temperaturverteilung nicht nur über die Höhe,

sondern gegebenenfalls auch über den überwachten Umfang ergibt. Selbstverständlich ist auch darauf zu achten, dass bei den vorgenommenen Biegungen der Lichtwellenleiter die notwendigen Mindestradien zur Weiterleitung der aufgenommenen Wärmestrahlung eingehalten werden.

PATENTANSPRÜCHE

1. Messanordnung zur Bestimmung der Rotortemperatur einer elektrischen Maschine (10), mit
einer elektrischen Maschine (10), die einen Stator (16) und einen Rotor (32) aufweist, der gegenüberliegend zum Stator (16) angeordnet ist, und
einer Vorrichtung (12) zur Temperaturmessung, die einen Lichtwellenleiter (42) und einen Signalwandler (48) aufweist, der mit einem ersten Ende (44) des Lichtwellenleiters (42) verbunden ist und in dem das optische Signal des Lichtwellenleiters (42) in ein elektrisches Signal umwandelbar ist, welches ein Maß für die Temperatur darstellt,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Vorrichtung (12) zur Temperaturmessung an der elektrischen Maschine (10) zumindest indirekt befestigt ist und an einem zweiten Ende (66) des Lichtwellenleiters (42) ein Strahlungsaufnahmemittel (76) aufweist, welches unmittelbar gegenüberliegend zu einer Umfangsfläche (64) des Rotors (32) im Innern der elektrischen Maschine (10) angeordnet ist und in das die Strahlung des gegenüberliegenden Rotors (32) in den Lichtwellenleiter (42) einleitbar ist.
2. Messanordnung zur Bestimmung der Rotortemperatur einer elektrischen Maschine (10) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
sich der Lichtwellenleiter (42) axial in einen Raum (62) zwischen Wicklungen (28) des Stators (16) und dem Rotor (32) erstreckt.

3. Messanordnung zur Bestimmung der Rotortemperatur einer elektrischen Maschine (10) nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Lichtwellenleiter (42) einen ersten Abschnitt (68) aufweist, in dem sich der Lichtwellenleiter (42) axial in den Raum (62) zwischen den Wicklungen (28) des Stators (16) und dem Rotor (32) erstreckt und einen zweiten Abschnitt (72) aufweist, in dem der Lichtwellenleiter (42) in Richtung des Rotors (32) gebogen ist.
4. Messanordnung zur Bestimmung der Rotortemperatur einer elektrischen Maschine (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Lichtwellenleiter (42) als Strahlungsaufnahmemittel (76) eine optische Linse (82) aufweist, deren optische Achse (84) senkrecht zur Drehachse (70) der elektrischen Maschine (10) angeordnet ist, wobei der Lichtwellenleiter (42) bevorzugt im zweiten Abschnitt (72) gebogen ist, besonders bevorzugt um 90°.
5. Messanordnung zur Bestimmung der Rotortemperatur einer elektrischen Maschine (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Lichtwellenleiter (42) als Strahlungsaufnahmemittel (76) an seinem zweiten Ende (66) eine Schräge (80) aufweist, deren Oberfläche (74) parallel zur Drehachse (70) der elektrischen Maschine (10) angeordnet ist.
6. Messanordnung zur Bestimmung der Rotortemperatur einer elektrischen Maschine (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

die Vorrichtung (12) zur Temperaturmessung einen Träger (40) aufweist, in dem zumindest ein Lichtwellenleiter (42) angeordnet ist, wobei der Träger (40) in Statornuten (26) des Stators (16) angeordnet ist und sich axial in den Raum (62) zwischen den Wicklungen (28) des Stators (16) und dem Rotor (32) erstreckt, wobei im Träger (40) für jeden Lichtwellenleiter (42) eine dem Rotor (32) gegenüberliegende Öffnung (78) ausgebildet ist, in der das Strahlungsaufnahmemittel (76) angeordnet ist.

7. Messanordnung zur Bestimmung der Rotortemperatur einer elektrischen Maschine (10) nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Träger (40) in Umfangsrichtung und in radialer Richtung formschlüssig in der Statornut (26) angeordnet ist.
8. Messanordnung zur Bestimmung der Rotortemperatur einer elektrischen Maschine (10) nach einem der Ansprüche 6 oder 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Träger (40) an beiden Seiten jeweils einen Steg (54) aufweist, mit denen der Träger (40) in der Statornut (26) hinter zwei benachbarte Zahnköpfe (24) des Stators (16) greift und gegen die Zahnköpfe (24) zumindest teilweise anliegt.
9. Messanordnung zur Bestimmung der Rotortemperatur einer elektrischen Maschine (10) nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
sich die Stege (54) über die gesamte axiale Länge des Rotors (32) erstrecken.
10. Messanordnung zur Bestimmung der Rotortemperatur einer elektrischen Maschine (10) nach Anspruch 8 oder 9,
dadurch gekennzeichnet, dass

die Stege (54) eine zum Zahnkopf (24) gewandte Oberfläche (56) aufweisen, deren Form zur Form einer vom Rotor (32) abgewandten Seite (58) des Zahnkopfes (24) korrespondiert.

11. Messanordnung zur Bestimmung der Rotortemperatur einer elektrischen Maschine (10) nach einem der Ansprüche 6 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, dass
eine vom Rotor (32) abgewandte Rückseite (60) des Trägers (40) gegen die Wicklungen (28) des Stators (16) anliegt.
12. Messanordnung zur Bestimmung der Rotortemperatur einer elektrischen Maschine (10) nach einem der Ansprüche 6 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Träger (40) mit dem zumindest einen Lichtwellenleiter (42) zumindest teilweise in den Zwischenräumen (52) zwischen den Zahnköpfen (24) des Stators (16) angeordnet ist.
13. Messanordnung zur Bestimmung der Rotortemperatur einer elektrischen Maschine (10) nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Träger (40) T-förmig ausgebildet ist, wobei ein Mittelsteg (50) im Zwischenraum (52) zwischen den Zahnköpfen (24) angeordnet ist und die zumindest eine Öffnung (78) im Mittelsteg (50) zum Rotor (32) weisend angeordnet sind, wobei die seitlich sich erstreckenden Stege (54) hinter die Zahnköpfe (24) greifen.
14. Messanordnung zur Bestimmung der Rotortemperatur einer elektrischen Maschine (10) nach einem der Ansprüche 6 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Vorrichtung (12) zur Temperaturmessung mehrere Lichtwellenleiter (42) aufweist.

15. Messanordnung zur Bestimmung der Rotortemperatur einer elektrischen Maschine (10) nach Anspruch 14,
dadurch gekennzeichnet, dass
am Träger (40) mehrere übereinander liegende zum Rotor (32) weisende Öffnungen (78) ausgebildet sind, in die sich jeweils das Strahlungsaufnahmemittel (76) am zweiten Ende (66) des jeweiligen Lichtwellenleiters (42) erstreckt.
16. Messanordnung zur Bestimmung der Rotortemperatur einer elektrischen Maschine (10) nach einem der Ansprüche 6 bis 15,
dadurch gekennzeichnet, dass
sich der Träger (40) über die axiale Länge des Rotors (32) erstreckt.
17. Messanordnung zur Bestimmung der Rotortemperatur einer elektrischen Maschine (10) nach einem der Ansprüche 15 oder 16,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Öffnungen des Trägers (40) aus den Zwischenräumen (52) des Stators (16) in Richtung des Rotors (32) weisen.
18. Messanordnung zur Bestimmung der Rotortemperatur einer elektrischen Maschine (10) nach einem der Ansprüche 14 bis 17,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Öffnungen (78) des Trägers (40) gleichmäßig über die Höhe des Rotors (32) verteilt angeordnet sind.
19. Messanordnung zur Bestimmung der Rotortemperatur einer elektrischen Maschine (10) nach einem der Ansprüche 6 bis 18,
dadurch gekennzeichnet, dass
mehrere Träger (40) mit Lichtwellenleitern (42) über den Umfang des Stators (16) verteilt in den Zwischenräumen (52) zwischen den Zahnköpfen (24) des Stators (16) angeordnet sind.

20. Messanordnung zur Bestimmung der Rotortemperatur einer elektrischen Maschine (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Signalwandler (48) der Vorrichtung (12) zur Temperaturmessung ein Fotodetektor ist.

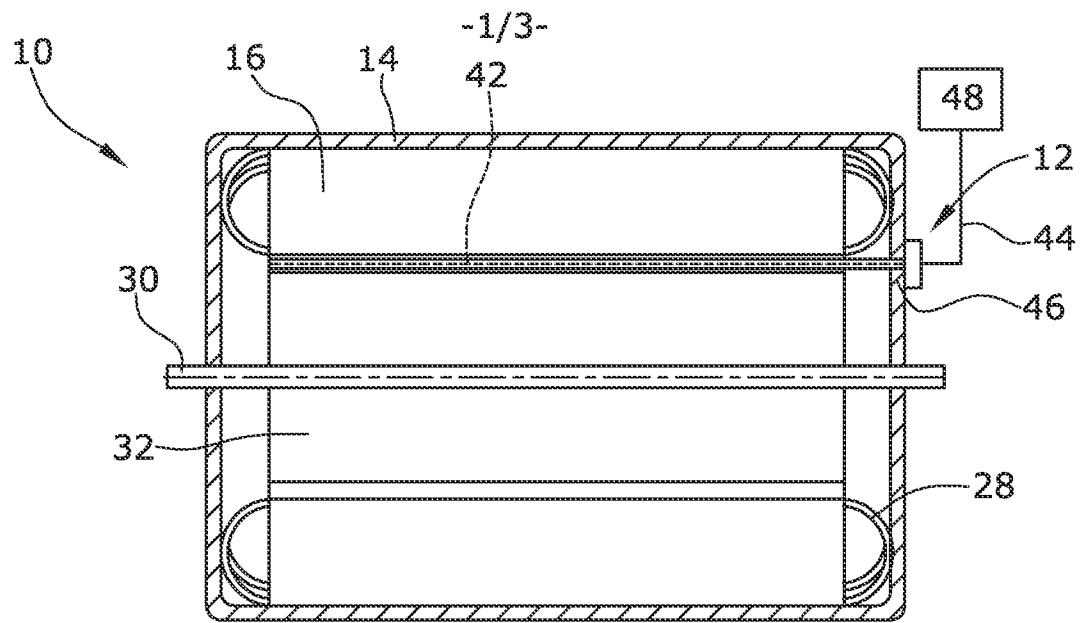


Fig.1

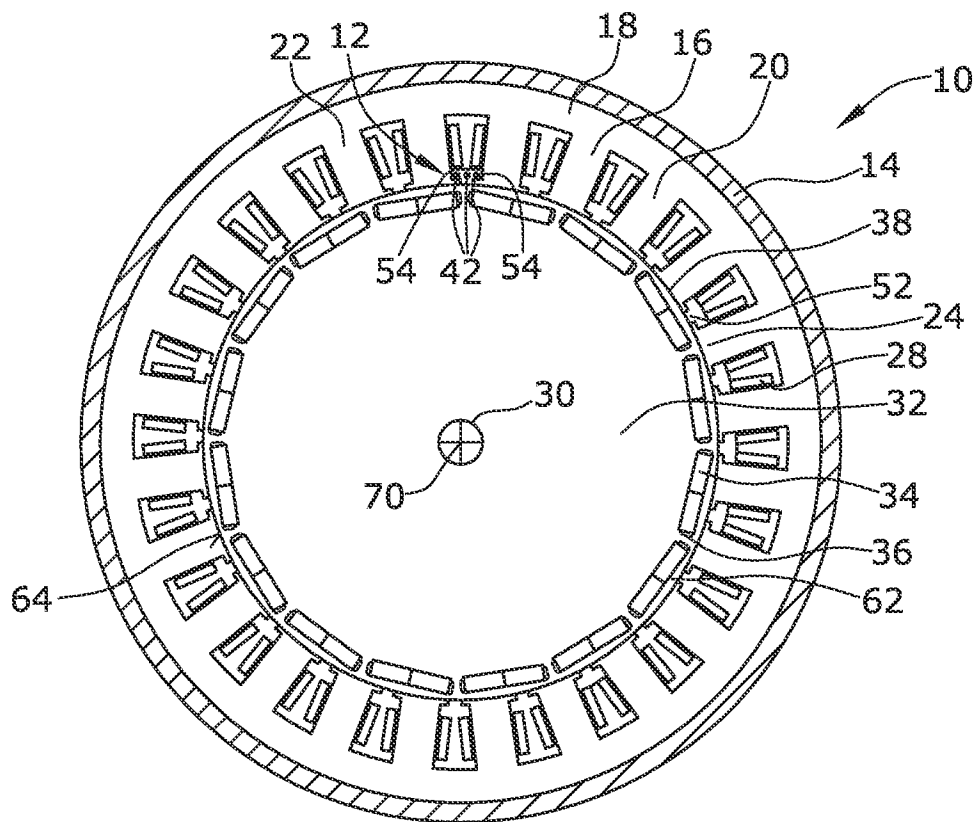
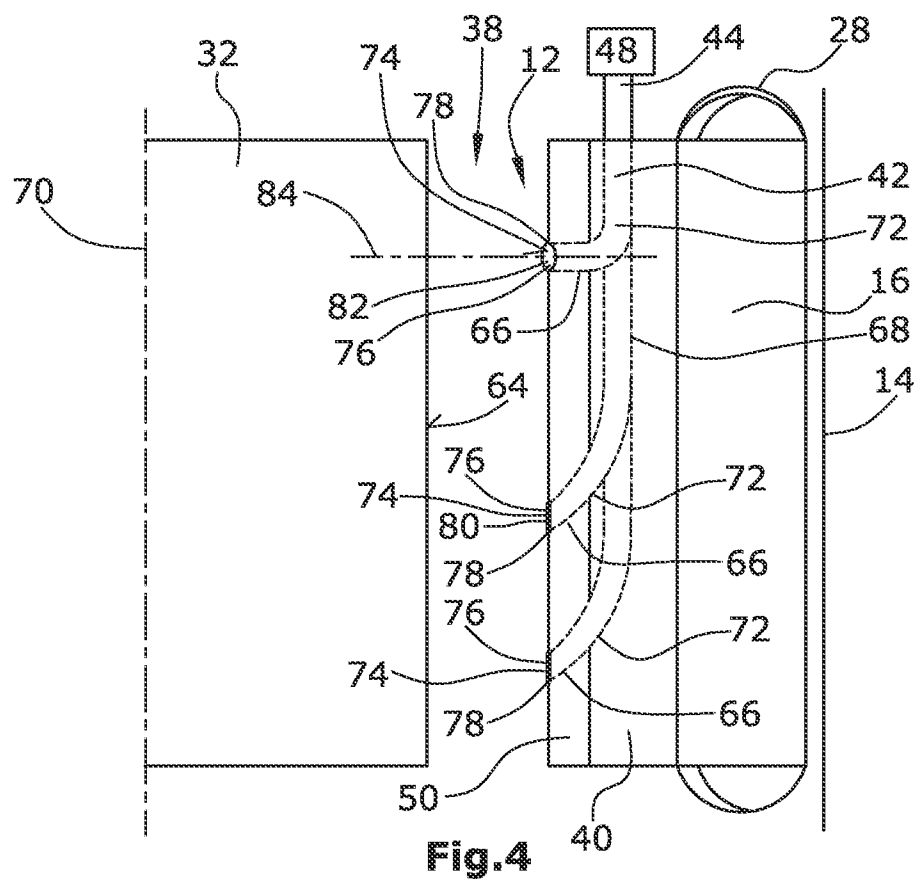
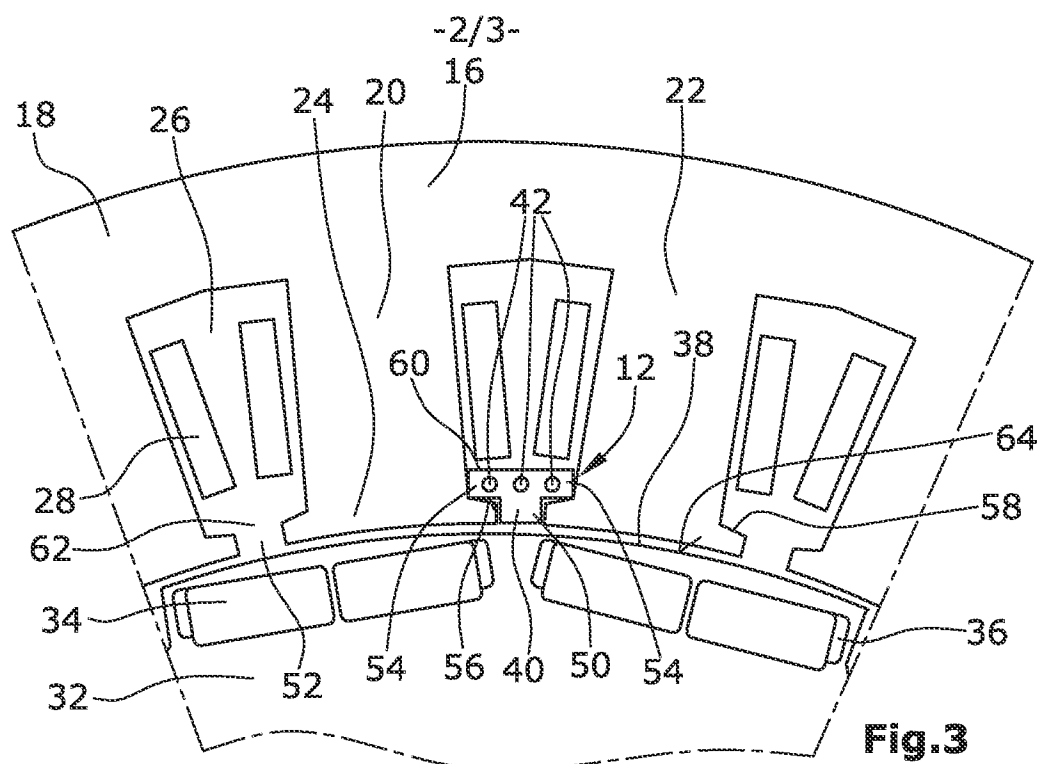


Fig.2



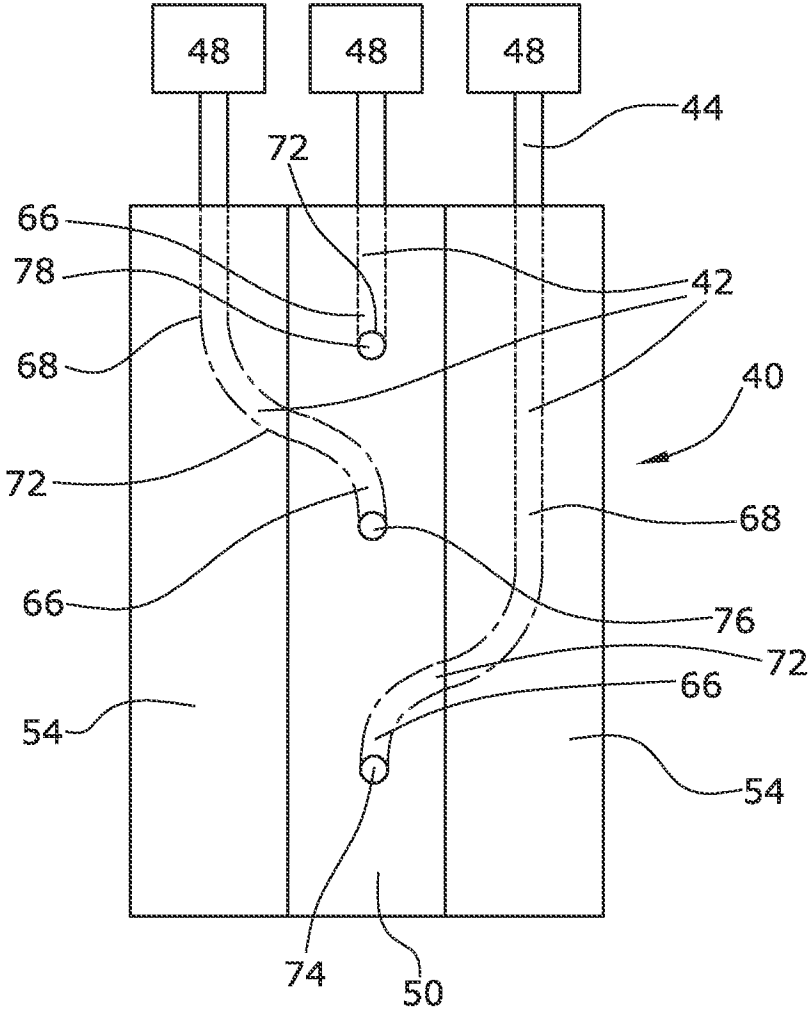


Fig.5

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:

H02K 11/25 (2016.01); **G01K 13/08** (2006.01); **G01J 5/00** (2006.01); **G01J 5/04** (2006.01); **G01J 5/0821** (2022.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:

H02K 11/25 (2016.01); **G01K 13/08** (2013.01); **G01J 5/0022** (2013.01); **G01J 5/041** (2013.01); **G01J 5/0821** (2022.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

H02K, G01K, G01J

Konsultierte Online-Datenbank:

EPODOC, WPI, PATDEW, PATENW

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 16.06.2023 eingereichten Ansprüchen 1-20 erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
Y	WO 2011020500 A1 (SIEMENS AG) 24. Februar 2011 (24.02.2011) Das gesamte Dokument	1-20
Y	WO 2022221899 A1 (AVL LIST GMBH) 27. Oktober 2022 (27.10.2022) Das gesamte Dokument	1-20
A	WO 2020215780 A1 (GREE ELECTRIC APPLIANCES INC ZHUHAI) 29. Oktober 2020 (29.10.2020) Das gesamte Dokument	1-20
A	DE 1911100 U (SIEMENS AG) 04. März 1965 (04.03.1965) Das gesamte Dokument	1-20
A	DE 102021111695 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS LLC) 09. Juni 2022 (09.06.2022) Das gesamte Dokument	1-20
A	WO 2010006631 A1 (SIEMENS AG) 21. Januar 2010 (21.01.2010) Das gesamte Dokument	1-20
Datum der Beendigung der Recherche: 30.04.2024		
Seite 1 von 1		Prüfer(in): PLEVNIK Gernot

^{*)} Kategorien der angeführten Dokumente:**X** Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.**Y** Veröffentlichung von Bedeutung: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist.**A** Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert.**P** Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde.**E** Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein „älteres Recht“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).**&** Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.