



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
27.06.2007 Patentblatt 2007/26

(51) Int Cl.:
H01R 39/58 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06125064.3**

(22) Anmeldetag: **30.11.2006**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR

Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(30) Priorität: **22.12.2005 DE 102005061412**

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:

- **Paweletz, Anton**
70736, Fellbach (DE)
- **Schenk, Robert**
71665, Vaihingen/Enz (DE)
- **Meyer, Gunter**
71665, Vaihingen (MX)
- **Peuser, Thomas**
71636, Ludwigsburg (DE)

(54) **Vorrichtung und Verfahren zur Überwachung der Abnutzung einer Bürste**

(57) Es werden eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Überwachung der Abnutzung einer Bürste (12) des Schleifbahn- oder Kommutatorsystems (10) einer elektrischen Maschine vorgeschlagen, wobei eine kontaktlose Sensoreinrichtung ein dem Bürstenverschleiß entsprechendes Signal an eine Auswerteinheit (34) liefert. Erfindungsgemäß ist die Sensoreinrichtung als Impedanzsensor (24) ausgebildet und ortsfest, vorzugsweise am Bürstenhalter (18) der Maschine angeordnet, benachbart zu der im Bürstenhalter (18) verschiebbaren Bürste (12). Zur Ermittlung des Bürstenverschleißes ist die Bürste (12) nach Art eines Zweikomponenten-Bauteils gestaltet, wobei wenigstens ein Abschnitt (36) der Bürste (12) eine elektrische Leitfähigkeit (γ_2) aufweist, die sich von der Leitfähigkeit (γ_1) der Grundsubstanz (35) der Bürste (12) deutlich unterscheidet. Der durch den Impedanzsensor (24) erfassbare Abschnitt (36) mit der von der Leitfähigkeit der Grundsubstanz der Bürste (12) abweichenden elektrischen Leitfähigkeit (γ_2) ist zweckmäßigerweise an dem vom Schleifbahn- oder Kommutatorsystem (10) abgewandten Ende der Bürste (12) angeordnet und gelangt erst am Ende der Betriebsbereitschaft der Bürste als Verschleißanzeige in den Messbereich des Impedanzsensors

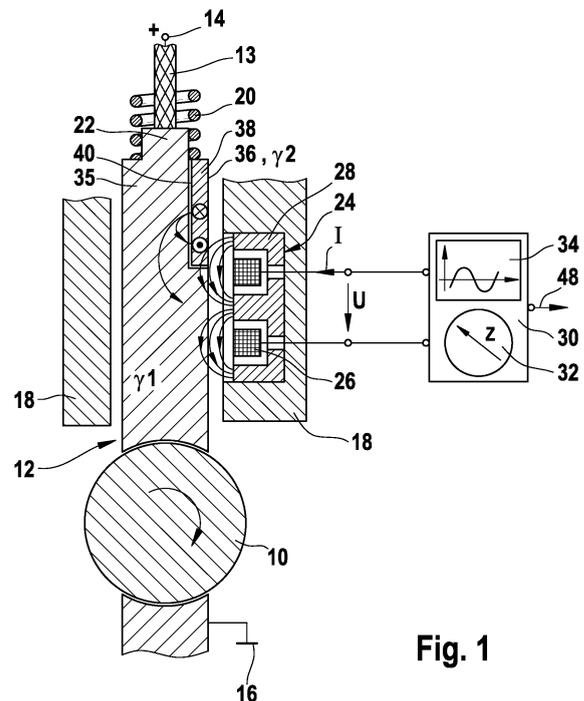


Fig. 1

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung geht aus von einer Anordnung zur Überwachung der Abnutzung einer Bürste des Schleifbahn- oder Kommutatorsystems einer elektrischen Maschine, wie sie beispielsweise aus der DE 10257623 A1 bekannt geworden ist. Diese Druckschrift zeigt eine Diagnosevorrichtung zur Ermittlung der Länge von Schleifringbürsten in Schleifbahnanordnungen, beziehungsweise von Kollektoren elektrischer Maschinen. Hierbei ist für die Bestimmung der Bürstenlänge ein induktiver Sensor vorgesehen, welcher mit einer Auswerteeinheit zur Auswertung der Sensorsignale verbunden ist zur Ermittlung eines der Bürstenlänge entsprechenden Wertes. Der induktive Sensor weist eine oder mehrere Spulen auf, welche die Bürste insgesamt umfassen. Alternativ zu diesem induktiven Prinzip sind optische, kapazitive oder elektrische Sensoren genannt, wobei die elektrische Ermittlung der Bürstenlänge durch Widerstandserkennung nicht kontaktlos sondern durch Abtastung erfolgt.

[0002] Eine weitere bekannte Vorrichtung zur kontaktlosen Überwachung der Bürsten einer elektrischen Maschine ist in der DE 19619733 A beschrieben. Diese Druckschrift offenbart einen Steckbürstenhalter mit einem Gehäuse, in dem eine Bürste gegen eine Federkraft verschiebbar angeordnet und in Kontakt mit einem Schleifring bringbar ist. Der Steckbürstenhalter weist eine Überwachungseinheit auf mit wenigstens einem Sensor, der ab einem vorgegebenen Verschiebeweg der Bürste in Richtung des Schleifrings ein Signal auslöst. Hierbei ist die Überwachungseinheit, ebenfalls in Form eines induktiven Weggebers, in einem separaten, mit dem Bürstenhalter verschraubten Gehäuse angeordnet. Ein Kern des induktiven Weggebers ist über eine stiftförmige Verlängerung und über ein weiteres, koaxial zur Bürste angeordnetes Verbindungselement mit der Bürste gekoppelt und zusammen mit dieser längsverschiebbar. Eine derartige Anordnung ist aufwendig und erfordert zusätzlichen Bauraum innerhalb der Maschine, wodurch deren Abmessungen vergrößert und die Herstellungskosten deutlich erhöht werden.

Offenbarung der Erfindung

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Überwachung der Abnutzung einer Bürste einer elektrischen Maschine anzugeben, welche betriebssicher arbeiten, mit geringem Kostenaufwand herstellbar sind und keinen oder nur einen geringen zusätzlichen Bauraum in der Maschine erfordern, so dass sie in herkömmliche Bürstensysteme integrierbar oder gegen diese austauschbar sind. Dies wird erreicht durch die kennzeichnenden Merkmale der übergeordneten Vorrichtungs- und Verfahrensansprüche.

[0004] Zur Erzielung eines deutlich messbaren Impe-

danzunterschiedes im Messsignal entsprechend dem fortschreitenden Bürstenverschleiß ist es zweckmäßig, wenn die Grundsubstanz der Bürste eine deutlich unterschiedliche, vorzugsweise geringere elektrische Leitfähigkeit γ_1 aufweist als der in die Bürste integrierte Messabschnitt. Zweckmäßigerweise besteht hierbei die Grundsubstanz der Bürste aus einem ungefüllten oder aus einem metallgefüllten Kohlematerial mit einem elektrischen Leitwert γ_1 im Bereich zwischen etwa 0,05 und 20 MS/m, während der Einsatz in der Bürste zur deutlichen Abgrenzung des vom Sensor gemessenen Impedanzwertes Z aus Metall, vorzugsweise aus Kupfer mit einem elektrischen Leitwert γ_2 von 56 bis 57 MS/m besteht. Bei der Verwendung gut leitfähiger Bürsten kann das Messprinzip jedoch auch umgekehrt werden, indem als Material für den in die Bürste integrierten Abschnitt mit abweichender elektrischer Leitfähigkeit γ_2 gegenüber der Grundsubstanz der Bürste ein Dielektrikum verwendet wird, so dass die Impedanz Z in diesem Messbereich deutlich abfällt gegenüber dem zulässigen Verschleißbereich der Bürste. Weiterhin kann es insbesondere bei Verwendung der Erfindung in Kommutatormotoren vorteilhaft sein, wenn der in die Bürste integrierte Abschnitt mit abweichender elektrischer Leitfähigkeit gegenüber der Grundsubstanz der Bürste elektrisch isoliert und nicht von dem Arbeitsstrom der Bürste durchflossen ist, um den Einfluss des Betriebsstromes auf die Impedanzmessung zu verhindern.

[0005] Unter fertigungstechnischen Gesichtspunkten kann es vorteilhaft sein, wenn der Abschnitt mit dem von der Grundsubstanz der Bürste abweichenden elektrischen Leitwert getrennt von der Bürste hergestellt und durch eine formschlüssige, vorzugsweise schwalbenschwanzförmige Verbindung nachträglich auf der Bürste montiert wird. Die Verbindung zwischen dem Einsatz und der Bürste kann auch durch Kleben hergestellt werden, sodass hinsichtlich der Gestaltung der zu verbindenden Teile kein oder nahezu kein zusätzlicher Aufwand entsteht. Andererseits kann auch eine formschlüssige Verbindung durch eine Klebeverbindung zusätzlich gesichert werden. Bei starken mechanischen Beanspruchungen der Bürste, beispielsweise in Antrieben mit starken Vibrationen, ist eine Nietverbindung zwischen der Bürste und dem Einsatz vorteilhaft. Bei Verwendung geeigneter Materialien für die Grundsubstanz der Bürste und für den Abschnitt mit abweichender elektrischer Leitfähigkeit ist jedoch auch die Herstellung der Bürste in einem Arbeitsgang, vorzugsweise durch gemeinsames Verpressen der unterschiedlichen Materialien möglich.

[0006] In konstruktiver Hinsicht ist es zweckmäßig, wenn der Impedanzsensor von der Auswerteeinheit baulich getrennt und als kompakte Einheit direkt in den Bürstenhalter integriert ist. In die Auswerteeinheit kann vorteilhafterweise ein Signalgeber für die Speisung des Sensors mit einer Wechselspannung U integriert werden. Eine derartige Anordnung ist konstruktiv sehr variabel und lässt sich leicht ohne nennenswerten zusätzlichen Platzbedarf im Bürstenbereich der Maschine einbauen.

[0007] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Überwachung der Abnutzung einer Bürste des Schleifbahn- oder Kommutatorsystems einer elektrischen Maschine zeichnet sich dadurch aus, dass ein ortsfest angeordneter Impedanzsensor mit einer Wechselspannung U oder einer Signalfolge im Frequenzbereich von 100 kHz bis 30 MHz, vorzugsweise in einem Bereich von 500 kHz bis 3 MHz gespeist wird. Entsprechend dem Leitwert γ_1, γ_2 eines dem Sensor benachbarten Abschnittes der verschiebbaren Bürste liefert der Sensor hieraus ein veränderliches Impedanzsignal als Maß für die verbleibende Bürstenlänge an eine Auswerteeinheit. Dieses Verfahren ist bei geringem zusätzlichem Aufwand sehr betriebssicher und gewährleistet ein mit einfachen Mitteln leicht erfassbares Messsignal für die Abnutzung der Bürste, sodass herkömmliche Schwierigkeiten durch einen unvorhergesehenen Bürstenausfall vermieden werden. In einigen Applikationen wird hierbei die Bürste durch das Ausgangssignal der Auswerteeinheit von der Spannungsversorgung abgeschaltet, sobald ein vorgegebener Signalpegel überschritten wird. Hierdurch ist sichergestellt, dass in kritischen Anwendungen Folgeschäden sicher vermieden werden.

[0008] Weitere Einzelheiten und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der Beschreibung von Ausführungsbeispielen.

[0009] Die Zeichnung zeigt in Figur 1 eine Prinzipdarstellung der erfindungsgemäßen Überwachungsvorrichtung, teilweise im Schnitt, in Figur 2 die Veränderung des mit zunehmendem Verschleiß der Bürste gemessenen Impedanzwertes Z , in Figur 3 den Verlauf eines eingespeisten Wechselspannungssignals und den jeweiligen Strom I durch den Impedanzsensor, in der Darstellung 3a bei hohem Impedanzwert Z entsprechend einem hohen elektrischen Leitwert in der Bürste und in der Darstellung 3b bei einem niedrigen Impedanzwert Z entsprechend einem niedrigen elektrischen Leitwert des zum Impedanzsensor benachbarten Bürstenteils,

in Figur 4 ein Beispiel für eine formschlüssige Verbindung zwischen dem Grundkörper einer Bürste und einem Einsatz aus einem Material mit abweichendem elektrischen Leitwert und

in Figur 5 ein weiteres Beispiel einer Bürste mit einem durch eine Nietverbindung am Bürstengrundkörper befestigten Einsatz aus einem Material mit abweichendem elektrischem Leitwert.

[0010] In Figur 1 ist mit 10 ein Schleifring oder Kommutator einer nicht weiter dargestellten elektrischen Maschine bezeichnet, welcher über eine Bürste 12 und eine Litze 13 mit dem Pluspol 14 eines Gleichspannungsnetzes verbunden ist. Die Bürste 12 ist in einem Bürstenhalter 18 zum Kommutator oder Schleifring 10 hin längsverschiebbar gehalten und wird durch eine Feder 20, welche auf einem Fortsatz 22 der Bürste 12 zentriert ist, an den Schleifring oder Kommutator 10 angedrückt. Der Minuspol 16 des Gleichspannungsnetzes ist an eine wei-

tere, nur schematisch eingezeichnete Bürste angeschlossen, welche gleichartig ausgebildet und gehalten ist.

[0011] Die Überwachungsvorrichtung für die Abnutzung der Bürste 12 weist eine kontaktlose Sensoreinrichtung auf in Form eines Impedanzsensors 24 mit einer Spule 26 und einem E-förmigen Magnetkern 28, welcher ortsfest unmittelbar der Bürste 12 benachbart angeordnet ist und zur Bürste hin keinen geschlossenen Magnetkreis aufweist. Der Impedanzsensor 24 ist mit einer Auswerteeinheit 30 verbunden, welche eine Impedanzmessrichtung 32 sowie einen Signalgeber 34 enthält zur Speisung der Spule 26 mit einer hochfrequenten Spannung U . Die dem Impedanzsensor 24 unmittelbar benachbarte, in dem Bürstenhalter 18 längsverschiebbar geführte Bürste 12 ist als Zweikomponentenbauteil ausgeführt. Sie besteht im Wesentlichen aus einem ungefüllten oder teilweise metallgefüllten Kohlematerial mit einer elektrischen Leitfähigkeit γ_1 im Bereich zwischen etwa 0,05 und 20 MS/m. Im oberen, von der Kontaktfläche zum Schleifring oder Kommutator 10 abgewandten Abschnitt 36 ist in den dem Impedanzsensor 24 benachbarter Außenbereich der Bürste 12 ein Einsatz 38 eingefügt aus einem Material mit deutlich höherer elektrischer Leitfähigkeit γ_2 , zum Beispiel ein Einsatz aus Kupfer mit einer Leitfähigkeit von 56 bis 57 MS/m. Dieser Einsatz ist durch eine dünne Isolierschicht 40 gegenüber der Grundsubstanz 35 der Bürste 12 isoliert.

Die Vorrichtung arbeitet folgendermaßen:

[0012] Durch die von dem Signalgeber 34 in die Spule 26 eingespeiste hochfrequente Spannung U werden in der Bürste 12 Wirbelströme erzeugt, deren Höhe von der Leitfähigkeit γ des Bürstenmaterials abhängt. Unterschiedliche Wirbelströme in der Bürste beeinflussen die Impedanz Z des Sensors 24, da die Feldlinien der Spule 26 teilweise in der Bürste 12 verlaufen. Diese Tatsache macht sich die erfindungsgemäße Überwachungsvorrichtung, beziehungsweise das erfindungsgemäße Überwachungsverfahren für die Abnutzung der Bürste zunutze. Mit zunehmender Abnutzung der Bürste 12 gelangt der Einsatz 38, beziehungsweise der Abschnitt 36 mit dem Material mit höherer elektrischer Leitfähigkeit γ_2 in den Bereich der Feldlinien des Sensors 24. Hierdurch nehmen die von der Spule 26 erzeugten Wirbelströme zu und mit ihnen die Impedanz Z des Sensors 24, welche in der Messeinrichtung 32 der Auswerteeinheit 30 erfasst und als vorzugsweise digitales Signal 48 zum Beispiel an eine nicht dargestellte Diagnoseeinheit ausgegeben wird.

[0013] Dieser Sachverhalt ist in den Abbildungen der Figuren 2 und 3 näher dargestellt. Figur 2 zeigt schematisch die Größe der durch die Messeinrichtung 32 erfassten frequenzabhängigen Impedanz Z im Abschnitt I am Ende der Bürstenlebensdauer, im Abschnitt II für den Bereich des Eintritts des Einsatzes 38 in den Erfassungsbereich des Sensors 24 bis zur vollständigen Überdek-

kung des Messbereiches durch den Einsatz 38, und im Abschnitt III den Wert der vom Sensor 24 gemessenen Impedanz Z einer neuwertigen Bürste, solange der Abschnitt 36, beziehungsweise der Einsatz 38 keinen Einfluss auf die Impedanz des Sensors 24 hat.

[0014] Entsprechend den Kennlinienabschnitten I und III in Figur 2 sind in den Figuren 3a und 3b die Verläufe der vom Signalgeber 34 gelieferten Spannung U und des Signalstromes I dargestellt, wobei der Kurvenverlauf in Figur 3a dem Abschnitt I für eine stark abgenutzte Bürste und der Verlauf in Figur 3b dem Abschnitt III für eine neuwertige Bürste entspricht. Der Unterschied ΔI entspricht jeweils dem fortgeschrittenen Verschleiß der Bürste.

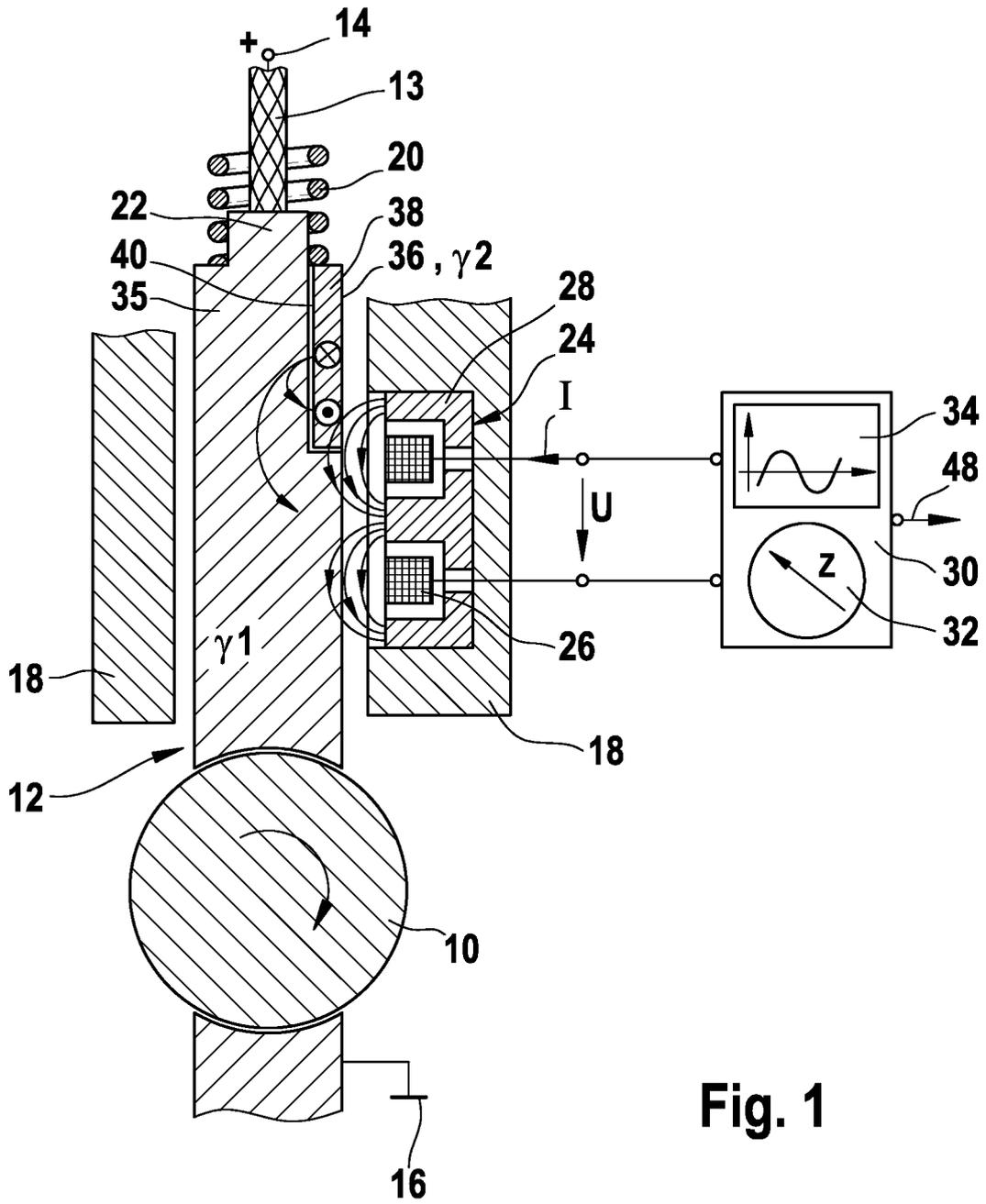
[0015] Die Figuren 4 und 5 zeigen beispielhaft zwei unterschiedliche Bauformen einer Zweikomponentenbürste, welche jeweils einen Einsatz 38 mit gegenüber der Grundsubstanz 35 deutlich erhöhter elektrischer Leitfähigkeit γ_2 aufweisen. Bei der Ausführungsform gemäß Figur 4 ist der Einsatz 38 mit einem passend geformten Abschnitt 42 in eine schwalbenschwanzförmige Nut 44 des Bürstengrundkörpers einschiebbar. Die äußeren Abmessungen des Einsatzes 38 aus dem Material höherer Leitfähigkeit γ_2 sind auf die Abmessungen der Bürste abgestimmt, so dass diese ungehindert ohne bauliche Veränderung längsverschiebbar in dem Bürstenhalter 18 aufgenommen werden kann. Entsprechendes gilt für die Figur 5, welche einen durch eine Nietung 46 mit der Grundsubstanz 35 der Bürste 12 verbundenen Einsatz 38 aufweist. Auch hierbei bleibt die äußere Geometrie der Bürste unverändert. Die Isolation zwischen dem Einsatz 38 und der Grundsubstanz 35 der Bürste erfolgt jeweils durch eine geeignete isolierende Beschichtung des Einsatzes 38, auf deren Darstellung in den Figuren 4 und 5 verzichtet worden ist.

[0016] Die erfindungsgemäße Überwachungsrichtung, beziehungsweise das erfindungsgemäße Überwachungsverfahren ermöglichen somit eine dauernde Überwachung des Bürstenverschleißes bei Elektromotoren in Antriebs- oder Generatorapplikationen, wobei insbesondere ein durch unterschiedliche Betriebsbedingungen verursachter unterschiedlicher Verschleiß der Bürsten rechtzeitig vor deren Ausfall festgestellt werden kann. Dies gilt beispielsweise für den Einsatz im Automobilbereich, wo ein unterschiedlicher Betrieb und/oder unterschiedliche Umweltbedingungen, beispielsweise durch Verschmutzung, eine stark verkürzte Lebensdauer der Bürsten von elektrischen Maschinen verursachen können. Insbesondere wird eine gestufte Vorwarnung durch ein optisches, akustisches oder sonstiges Warnsignal ermöglicht, welche dem Benutzer die Zeit und die Möglichkeit gibt, absehbaren Störungen rechtzeitig vorzubeugen. Hierdurch können erhebliche Folgekosten durch einen überraschenden Ausfall der elektrischen Maschine und insbesondere auch hierdurch verursachte Risiken, beispielsweise im Verkehr, rechtzeitig und mit Sicherheit vermieden werden.

Patentansprüche

1. Überwachungsrichtung für die Abnutzung einer Bürste des Schleifbahn- oder Kommutatorsystems einer elektrischen Maschine, mit einer kontaktlosen Sensoreinrichtung zur Ermittlung der Bürstenlänge, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Impedanzsensor (24) ortsfest und benachbart zu der in einem Bürstenhalter (18) verschiebbaren Bürste (12) angeordnet ist, wobei wenigstens ein Abschnitt (36,38) der Bürste (12) eine elektrische Leitfähigkeit (γ_2) aufweist, die sich von der Leitfähigkeit (γ_1) der Grundsubstanz (35) der Bürste (12) unterscheidet und die Änderung der Leitfähigkeit durch den Impedanzsensor (24) erfassbar ist.
2. Überwachungsrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Grundsubstanz (35) der Bürste (12) eine deutlich geringere elektrische Leitfähigkeit (γ_1) aufweist als der in die Bürste (12) integrierte Abschnitt (36,38).
3. Überwachungsrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der in die Bürste (12) integrierte Abschnitt (36,38) mit abweichender elektrischer Leitfähigkeit (γ_2) gegenüber der Grundsubstanz (35) der Bürste (12) elektrisch isoliert ist.
4. Überwachungsrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Impedanzsensor (24) einen Magnetkern (28) und eine Spule (26) aufweist und mit einem Signalgeber (34) zur Erzeugung eines Wechselstromes (I) im Sensor (24) verbunden ist.
5. Überwachungsrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Impedanzsensor (24) mit einer Auswerteeinheit (30) mit integriertem Signalgeber (34) verbunden ist.
6. Überwachungsrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Grundsubstanz (35) der Bürste (12) aus einem ungefüllten oder einem metallgefüllten Kohlematerial ($\gamma_1=0,05-20$ MS/m) und der Einsatz (38) aus Metall, vorzugsweise aus Kupfer ($\gamma_2=56-57$ MS/m), besteht.
7. Überwachungsrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Impedanzsensor (24) in den Bürstenhalter (18) integriert und ortsfest zu diesem und zu dem Schleifbahn- oder Kommutatorsystem angeordnet ist.
8. Überwachungsrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**

- dass** der Abschnitt (36,38) mit dem von der Grundsubstanz (35) der Bürste (12) abweichenden elektrischen Leitwert (γ_2) im Endbereich der zulässigen Bürstenverschiebung am Umfang der Bürste (12) angeordnet ist. 5
9. Überwachungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abschnitt (36,38) mit dem von der Grundsubstanz (35) der Bürste (12) abweichenden elektrischen Leitwert (γ_2) getrennt hergestellt und durch eine formschlüssige, vorzugsweise schwalbenschwanzförmige Verbindung (42,44) und/oder durch Kleben und/oder durch eine Nietverbindung (46) an der Bürste (12) befestigt ist. 10
15
10. Überwachungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abschnitt (36,38) mit dem von der Grundsubstanz (35) der Bürste (12) abweichenden elektrischen Leitwert (γ_2) bei der Herstellung der Bürste (12) gemeinsam mit dem Material (γ_1) der Grundsubstanz (35) in einem Arbeitsgang zur fertigen Bürste (12) geformt, vorzugsweise verpresst wird. 20
25
11. Verfahren zur Überwachung der Abnutzung einer Bürste des Schleifbahn- oder Kommutatorsystems einer elektrischen Maschine, wobei eine kontaktlose Sensoreinrichtung ein dem Bürstenverschleiß entsprechendes Signal an eine Auswerteeinheit liefert, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein ortsfest angeordneter Impedanzsensor (24) von einem Signalgeber (34) ein Signal (U, I) erhält und entsprechend dem Leitwert (γ_1, γ_2) eines dem Sensor (24) benachbarten Abschnittes (36,38) der verschiebbaren Bürste (12) ein veränderliches Impedanzsignal (Z) als Maß für den Verschleiß der Bürste (12) und/oder für die verbleibende Bürstenlänge an die Auswerteeinheit (30) liefert. 30
35
40
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bürste (12) durch das Ausgangssignal (48) der Auswerteeinheit (30) von der Spannungsversorgung (14,16) abschaltbar ist, sobald ein vorgegebener Schwellwert des Impedanzsignals (Z) überschritten wird. 45
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Überwachung des Bürstenverschleißes entsprechend der Verschiebung der Bürste (12) gegenüber dem Bürstenhalter (18) dauernd erfolgt. 50
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Impedanzsensor (24) ein gestuftes und/oder kontinuierlich veränderliches Messsignal (Z) als Maß für den Bürstenverschleiß an die Auswerteeinheit (30) liefert (Fig. 4). 55
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Auswerteeinheit (30) des Impedanzsensors (24) ein vorzugsweise digitales Signal (48) als Steuersignal an eine Diagnoseeinheit und/oder an ein Anzeigeelement eines Kraftfahrzeuges liefert.



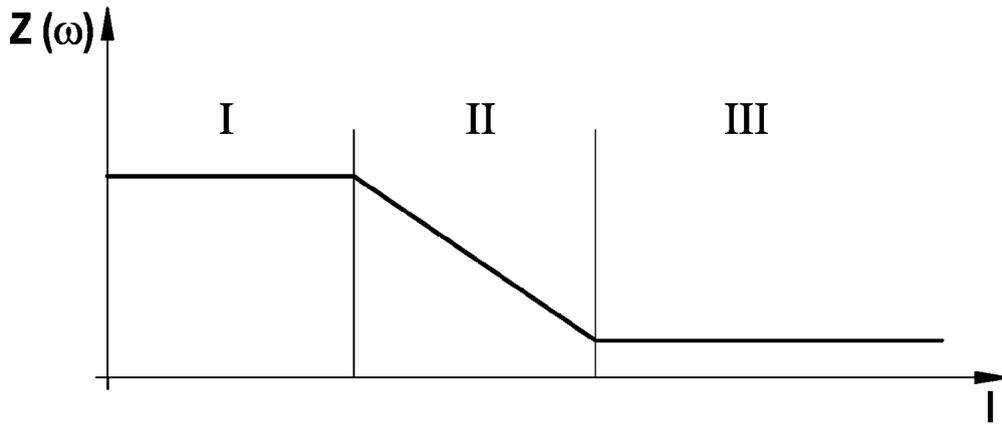
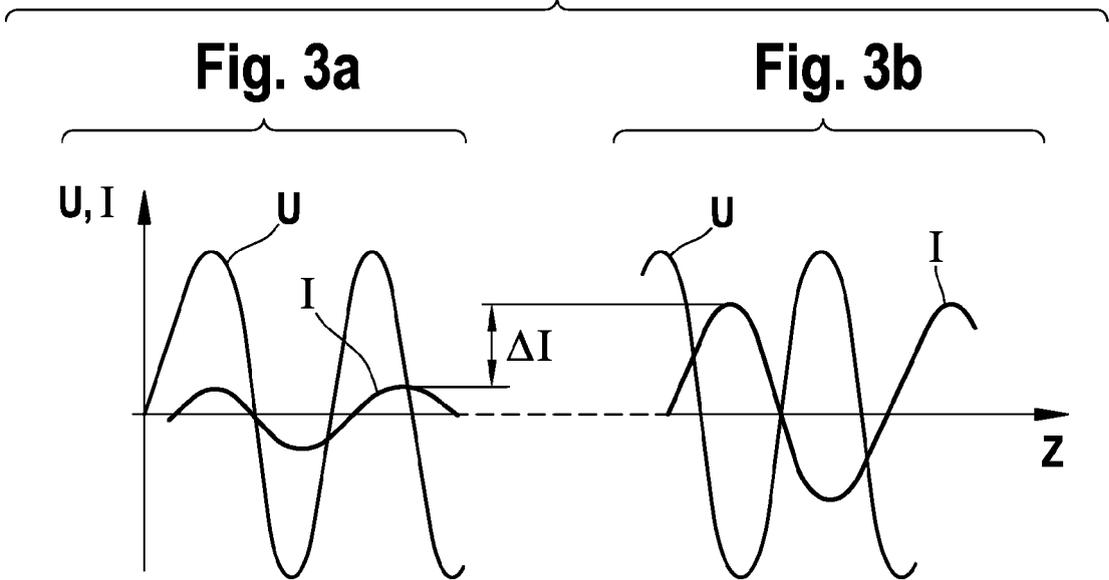
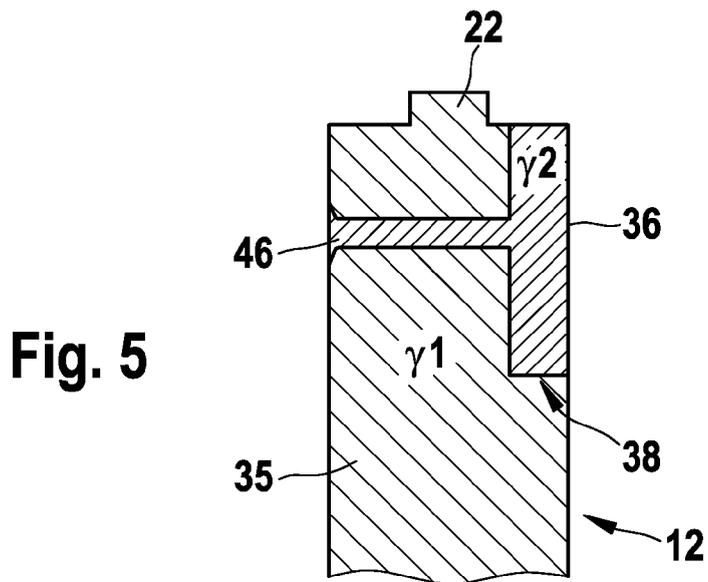
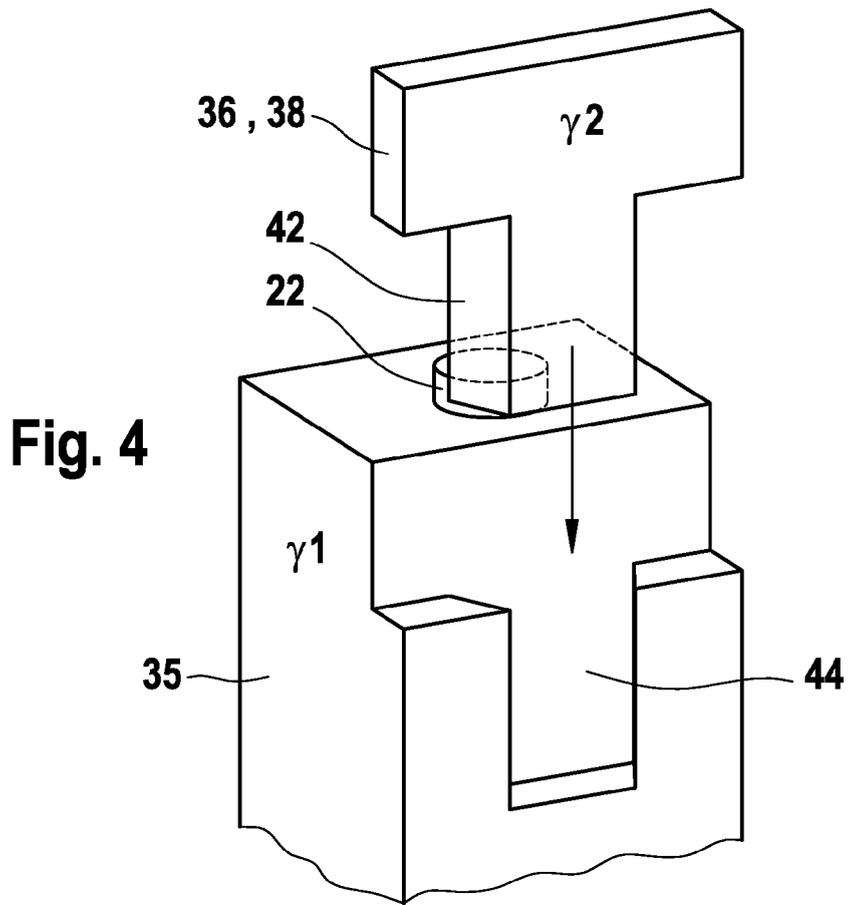


Fig. 2

Fig. 3





IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10257623 A1 [0001]
- DE 19619733 A [0002]