



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2020 100 636.5**
(22) Anmeldetag: **14.01.2020**
(43) Offenlegungstag: **15.07.2021**

(51) Int Cl.: **G01K 7/24 (2006.01)**
H02P 29/60 (2016.01)
H02K 11/25 (2016.01)
G01K 15/00 (2006.01)

(71) Anmelder:
**Schaeffler Technologies AG & Co. KG, 91074
Herzogenaurach, DE**

(72) Erfinder:
Supper, Sebastian, 76133 Karlsruhe, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

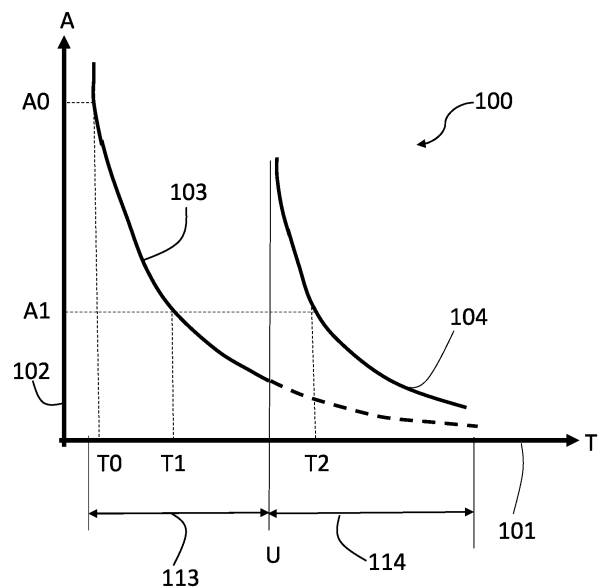
DE	10 2016 105 506	A1
DE	10 2016 200 334	A1
AT	29 069	E
EP	3 388 804	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **BESTIMMUNG EINER TEMPERATUR IN EINER ELEKTRISCHEN MASCHINE**

(57) Zusammenfassung: Die Temperatur in einer elektrischen Maschine (3) wird basierend auf den temperaturabhängigen Ausgangswerten (A0, A1) eines ersten Temperatursensors (1) und eines zweiten Temperatursensors (2) bestimmt. Der erste Temperatursensor (1) hat eine Kennlinie mit mehreren Kennlinienzweigen (103, 104), wobei jeder Kennlinienzweig (103, 104) einem bestimmten Temperaturbereich (113, 114) zugeordnet ist. Der Ausgangswert des zweiten Temperatursensors (2) wird verwendet, um einen Kennlinienzweig (103, 104) auszuwählen, der Ausgangswert (A0, A1) des ersten Temperatursensors (1) dient zur Ermittlung der Temperatur (T0, T1, T2) aus dem ausgewählten Kennlinienzweig (103, 104).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und entsprechendes System zur Bestimmung einer Temperatur in einer elektrischen Maschine.

[0002] Die Bestimmung der Temperatur in einem technischen System oder von bestimmten Komponenten eines technischen Systems ist vielfach erforderlich, um die zuverlässige Funktion des jeweiligen technischen Systems zu gewährleisten. Dies gilt beispielsweise für den Kraftfahrzeugbereich, ohne dass die Erfindung darauf beschränkt sein soll.

[0003] Die deutsche Patentanmeldung DE 101 55 459 A1 betrifft die Bestimmung einer Temperatur einer Kupplung in einem Kraftfahrzeug. Dazu wird eine Temperatur in einem Antriebsmotor des Kraftfahrzeugs herangezogen und aus Drehmoment und Drehzahl ein Energieeintrag in die Kupplung berechnet. Ein Reibenergieeintrag in eine Kupplung und eine Temperaturbestimmung der Kupplung werden auch in der DE 196 02 006 A1 diskutiert.

[0004] Gemäß der deutschen Patentanmeldung DE 101 55 462 A1 wird eine Temperaturüberwachung zum Erkennen einer Überbelastung einer Antriebseinheit verwendet.

[0005] Die deutsche Patentanmeldung DE 10 2013 201 835 A1 betrifft die Temperaturerfassung einer Statorwicklung einer elektrischen Maschine mittels eines Temperatursensors mit Anschlussleitern. Die Anmeldung erörtert die Führung der Anschlussleiter.

[0006] Die deutsche Patentanmeldung DE 10 2014 205 121 A1 offenbart die Bestimmung einer Temperatur einer Kupplung eines Kraftfahrzeugs aus der Zeit zwischen der Außerbetriebsetzung und der Wiederinbetriebnahme eines Steuergeräts.

[0007] Die deutsche Patentanmeldung DE 10 2015 214 624 A1 offenbart ein Verfahren zur Initialisierung eines Temperaturmodells eines Kupplungssystems eines Kraftfahrzeugs. Eine Starttemperatur wird dabei in Abhängigkeit von einer Standzeit des Kraftfahrzeugs bestimmt. Ein ähnlicher Ansatz findet sich in der DE 10 2018 119 248 A1.

[0008] Die deutsche Patentanmeldung DE 10 2016 215 590 A1 betrifft ein Verfahren zur Bestimmung eines Aktorweges eines hydraulischen Kupplungsaktors, wobei der Aktorweg in Abhängigkeit von einer Temperatur des Kupplungsaktors verändert wird.

[0009] Die deutsche Patentanmeldung DE 10 2018 116 889 A1 betrifft eine Anordnung zur Temperaturerfassung einer Statorwicklung einer

elektrischen Maschine mit einem Temperatursensor. Um eine zuverlässige thermische Verbindung zwischen dem Temperatursensor und der Statorwicklung zu gewährleisten, ist der Temperatursensor an einem Befestigungselement mit zwei Federbeinen angebracht.

[0010] Die deutsche Patentanmeldung DE 10 2019 114 235 A1 betrifft ein Verfahren zur Initialisierung eines Temperaturmodells einer Reibungskupplung eines hybridischen Antriebsstrangs eines Kraftfahrzeugs mit einer Elektromaschine mit einem Stator und einem Rotor und einer radial innerhalb dieser angeordneten Reibungskupplung, wobei ein Initialwert der Reibungskupplung nach einem Wiederstart abhängig von der Temperatur der Elektromaschine ermittelt und dem Temperaturmodell zugrunde gelegt wird.

[0011] Neben den modellbasierten und damit durch die Qualität des jeweiligen Modells limitierten Ansätzen zur Temperaturbestimmung besteht natürlich die Möglichkeit zur direkten Messung der Temperatur, wozu der vorstehend genannte Stand der Technik ebenfalls Beispiele enthält.

[0012] Zur Temperaturmessung werden oftmals Thermistoren, insbesondere Heißleiter (NTC-Widerstände) verwendet. Die Kennlinie dieser Heißleiter, welche einen Ausgangswert, in der Regel eine Spannung, in Abhängigkeit von der Temperatur angibt, fällt mit zunehmender Temperatur ab, und ebenso nimmt der Betrag der Steigung der Kennlinie mit zunehmender Temperatur ab. Dies bedeutet aber, dass die Genauigkeit der Temperaturbestimmung aus dem Ausgangswert eines solchen Heißleiters mit wachsender Temperatur abnimmt, da die zu einer gegebenen Veränderung des Ausgangswerts gehörende Temperaturveränderung mit zunehmender Temperatur zunimmt. Es wird also bei höheren Temperaturen schwieriger, kleine Temperaturveränderungen aufzulösen. Zur Lösung dieses Problems ist es bekannt, Heißleiter in Schaltungen einzusetzen, welche bei bestimmten Temperaturwerten eine Umschaltung vornehmen, so dass wiederum eine steilere Kennlinie zur Verfügung steht. Anders ausgedrückt bewirkt solch eine bekannte Schaltung, dass aus der einfachen Kennlinie eines Heißleiters eine Kennlinie mit mehreren Kennlinienzweigen wird. Dabei ist jeder Kennlinienzweig einem bestimmten Temperaturbereich zugeordnet und in jedem Temperaturbereich steht dann eine Kennlinie, nämlich der jeweilige Kennlinienzweig, mit ausreichender Steigung für eine Temperaturbestimmung zur Verfügung. Welche Steigung jeweils als ausreichend anzusehen ist, hängt von den jeweiligen Genauigkeitsanforderungen an die Temperaturmessung ab.

[0013] Problematisch bei dem genannten Ansatz ist jedoch, dass zu einem Ausgangswert eines Tempe-

ratorsensors mit einer Schaltung der eben erwähnten Art mehr als ein Temperaturwert gehören kann. Dies ist immer dann der Fall, wenn der fragliche Ausgangswert in mehr als einem Kennlinienzweig als Ausgangswert vorkommt. Man kann dann zwar möglicherweise Temperaturveränderungen mit ausreichender Genauigkeit detektieren, kann aber nicht sagen, bei welcher Temperatur sich der Temperatursensor dabei befindet.

[0014] Es ist somit Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Temperaturmessung und ein zugehöriges System anzugeben, bei dem das eben dargelegte Problem der Mehrdeutigkeit von Ausgangswerten eines Temperatursensors vermieden ist.

[0015] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1, und entsprechend durch ein System gemäß Anspruch 4.

[0016] Das erfindungsgemäße Verfahren betrifft die Bestimmung einer Temperatur in einer elektrischen Maschine, beispielsweise in einer elektrischen Maschine eines Kraftfahrzeugs. Gemäß Verfahren wird ein temperaturabhängiger Ausgangswert eines ersten Temperatursensors ermittelt. Der erste Temperatursensor ist der elektrischen Maschine zugeordnet und hat eine Kennlinie mit einer Vielzahl von Kennlinienzweigen, wobei jeder Kennlinienzweig einem bestimmten Temperaturbereich zugeordnet ist. Jeder Kennlinienzweig verknüpft einen Wert einer Temperatur mit einem Ausgangswert des ersten Temperatursensors. Die Zuordnung des ersten Temperatursensors zu der elektrischen Maschine bedeutet, dass der erste Temperatursensor in thermischem Kontakt mit der elektrischen Maschine steht, um letztlich eine Temperatur der elektrischen Maschine zu messen.

[0017] Es wird ferner ein temperaturabhängiger Ausgangswert eines der elektrischen Maschine zugeordneten zweiten Temperatursensors ermittelt. Die Zuordnung des zweiten Temperatursensors zu der elektrischen Maschine bedeutet, dass der zweite Temperatursensor in thermischem Kontakt mit der elektrischen Maschine steht, um letztlich eine Temperatur der elektrischen Maschine zu messen. Der Ausgangswert des zweiten Temperatursensors dient dazu, einen Temperaturbereich der Temperaturbereiche für die Kennlinienzweige des ersten Temperatursensors zu bestimmen, in dem eine Temperatur liegt, welche dem Ausgangswert des zweiten Temperatursensors entspricht. Die Bestimmung dieses Temperaturbereichs impliziert die Auswahl des dem Temperaturbereich entsprechenden Kennlinienzweigs. Aus dem ermittelten Ausgangswert des ersten Temperatursensors und dem derart ausgewählten Kennlinienzweig wird dann eindeutig eine Temperatur der elektrischen Maschine bestimmt.

[0018] Die nach dem Stand der Technik bestehende Mehrdeutigkeit eines Ausgangswerts des ersten Temperatursensors ist durch die Einbeziehung des Ausgangswerts des zweiten Temperatursensors und die dadurch bewirkte Auswahl eines Temperaturbereichs und damit eines Kennlinienzweigs beseitigt. Man beachte, dass für die zur Auswahl des Temperaturbereichs mit dem zweiten Temperatursensor durchgeführte Temperaturermittlung eine geringere Genauigkeit ausreichend ist, als für die Temperaturmessung mit dem ersten Temperatursensor angestrebt wird.

[0019] Das Verfahren ist generell für Temperaturmessungen relevant, besonders aber für „anfängliche“ Temperaturmessungen, etwa beim Start eines technischen Systems, da dabei keinerlei Information, etwa aus einem vorhergehenden Temperaturverlauf, zur Beseitigung der Mehrdeutigkeit zur Verfügung steht.

[0020] Das Verfahren ist insbesondere einsetzbar für Temperatursensoren, bei denen ein Betrag einer Steigung jedes Kennlinienzweiges mit wachsender Temperatur abnimmt. Damit ist das Verfahren einsetzbar für Temperatursensoren auf Basis eines Heißleiters, welche eine eingangs erwähnte Schaltung umfassen, welche aus der einfachen Kennlinie des Heißleiters eine Kennlinie mit mehreren Kennlinienzweigen des Temperatursensors macht. Ein solcher Temperatursensor wäre im Sinne dieser Anmeldung der erste Temperatursensor.

[0021] Das erfindungsgemäße System umfasst eine elektrische Maschine, einen ersten Temperatursensor und einen zweiten Temperatursensor, welche der elektrischen Maschine zugeordnet sind. Der erste Temperatursensor weist eine Kennlinie mit einer Vielzahl an Kennlinienzweigen auf, wobei jeder Kennlinienzweig einem bestimmten Temperaturbereich zugeordnet ist. Jeder Kennlinienzweig verknüpft einen Wert einer Temperatur mit einem Ausgangswert des ersten Temperatursensors.

[0022] Das System umfasst ferner eine Auswerteeinheit, die konfiguriert ist, das vorstehend beschriebene Verfahren durchzuführen. Hierzu verfügt die Auswerteeinheit beispielsweise über einen oder mehrere Prozessoren sowie über einen Speicher, in dem Instruktionen für die Prozessoren zur Durchführung des Verfahrens in Form von Programmweisungen sowie Parameter für das Verfahren gespeichert sind. Die Auswerteeinheit kann als Komponente einer umfassenderen Steuereinrichtung für die elektrische Maschine realisiert sein, und kann dabei ferner einen oder mehrere Prozessoren und Speicher dieser Steuereinrichtung mitnutzen und auch gänzlich als Software in solch einer Steuereinrichtung realisiert sein.

[0023] Nachfolgend werden die Erfindung und ihre Vorteile an Hand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert.

Fig. 1 zeigt eine Kennlinie mit zwei Kennlinienzweigen.

Fig. 2 zeigt ein erfindungsgemäßes System.

[0024] Die Figuren zeigen lediglich Ausführungsbeispiele der Erfindung; keinesfalls sind die Figuren als Beschränkung der Erfindung auf die dargestellten Ausführungsbeispiele aufzufassen.

[0025] **Fig. 1** zeigt ein schematisches Diagramm **100**. Auf der Abszisse **101** ist die Temperatur T , auf der Ordinate **102** ein Ausgangswert A des ersten Temperatursensors dargestellt. Im Diagramm **100** sind ein erster Kennlinienzweig **103** und ein zweiter Kennlinienzweig **104** dargestellt. Bei einer bestimmten Temperatur U erfolgt eine Umschaltung zwischen den Kennlinienzweigen **103** und **104**; der weitere Verlauf des Kennlinienzweiges **103** bei Temperaturen größer als U ist gestrichelt dargestellt, dieser weitere Verlauf findet bei der Temperaturbestimmung keine Verwendung. Dementsprechend gehört der Kennlinienzweig **103** zu einem Temperaturbereich **113** von Temperaturen kleiner als U , und gehört der Kennlinienzweig **104** zu einem Temperaturbereich **114** von Temperaturen größer als U .

[0026] Wie man dem Diagramm entnimmt, gehört zu einem Ausgangswert A_0 ein eindeutiger Temperaturwert T_0 , da der Ausgangswert A_0 nur auf dem Kennlinienzweig **103** vorkommt. Zum Ausgangswert A_1 hingegen gehören zwei Temperaturwerte, T_1 und T_2 , da der Ausgangswert A_1 sowohl auf Kennlinienzweig **103** als auch auf Kennlinienzweig **104** vorkommt. In Unkenntnis davon, welcher der Kennlinienzweige **103** und **104** anzuwenden ist, gleichbedeutend damit in Unkenntnis davon, welcher der Temperaturbereiche **113** und **114** der aktuell gültige ist, kann nicht festgestellt werden, welcher der Temperaturwerte T_1 und T_2 zu dem Ausgangswert A_1 des ersten Temperatursensors der richtige ist. Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird ein Ausgangswert eines zweiten Temperatursensors, also eine unabhängige zweite Temperaturmessung, hinzugezogen, um eine Entscheidung zwischen den Temperaturbereichen **113** und **114** zu treffen. Ist der Temperaturbereich festgestellt, ist auch festgelegt, welcher der Kennlinienzweige **103** und **104** der jeweils gültige ist. In der Folge kann zwischen den beiden Möglichkeiten T_1 und T_2 zum Ausgangswert A_1 entschieden und somit die zu messende Temperatur eindeutig bestimmt werden.

[0027] Lediglich als ein konkretes, aber in keiner Weise einschränkendes Beispiel könnten die Temperaturbereiche **113** und **114** zusammen einen Be-

reich von -50°C bis 250°C abdecken, die Umschaltung könnte bei 80°C erfolgen.

[0028] Ferner sei angemerkt, dass die Erfindung nicht darauf beschränkt ist, dass die Anzahl der Kennlinienzweige des ersten Temperatursensors zwei beträgt. Die Erfindung umfasst auch Ausführungsformen mit mehr als zwei Kennlinienzweigen, mit jeweils zugeordnetem Temperaturbereich, des ersten Temperatursensors. Der jeweils vorliegende Temperaturbereich, und damit der jeweils gültige Kennlinienzweig, wird über eine Temperaturmessung mit dem zweiten Temperatursensor bestimmt.

[0029] **Fig. 2** zeigt ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Systems **10** mit einer elektrischen Maschine **3**, einem ersten Temperatursensor **1** und einem zweiten Temperatursensor **2**. Der erste Temperatursensor **1** hat eine Kennlinie mit einer Vielzahl an Kennlinienzweigen, wie zu **Fig. 1** und in der allgemeinen Beschreibung der Erfindung erläutert. Erster Temperatursensor **1** und zweiter Temperatursensor **2** sind der elektrischen Maschine **3** zugeordnet, um eine Temperatur der elektrischen Maschine **3** zu messen, das heißt konkreter, um jeweils einen temperaturabhängigen Ausgangswert zu erzeugen. Die Ausgangswerte der Temperatursensoren **1** und **2** werden an eine Auswerteeinheit **4** übermittelt. Die Auswerteeinheit **4** verfügt über einen Prozessor **41** und einen Speicher **42**. Im Speicher **42** sind Programmanweisungen gespeichert, die den Prozessor **41** bei ihrer Ausführung veranlassen, das hierin beschriebene erfindungsgemäße Verfahren in wenigstens einer seiner Ausführungsformen durchzuführen und hierzu die Temperatursensoren **1** und **2** entsprechend anzusteuern, etwa die Ausgangswerte der Temperatursensoren **1** und **2** abzurufen. Zusätzlich enthält der Speicher **42** noch Parameter zur Durchführung des Verfahrens, etwa den Verlauf der Kennlinienzweige und die zugeordneten Temperaturbereiche für den ersten Temperatursensor **1**.

Bezugszeichenliste

1	erster Temperatursensor
2	zweiter Temperatursensor
3	elektrische Maschine
4	Auswerteeinheit
10	System
41	Prozessor
42	Speicher
100	Diagramm
101	Abszisse
102	Ordinate
103	Kennlinienzweig

104	Kennlinienzweig
113	Temperaturbereich
114	Temperaturbereich
A0, A1	Ausgangswert
T0, T1, T2	Temperaturwert
U	Temperatur der Umschaltung

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 10155459 A1 [0003]
- DE 19602006 A1 [0003]
- DE 10155462 A1 [0004]
- DE 102013201835 A1 [0005]
- DE 102014205121 A1 [0006]
- DE 102015214624 A1 [0007]
- DE 102018119248 A1 [0007]
- DE 102016215590 A1 [0008]
- DE 102018116889 A1 [0009]
- DE 102019114235 A1 [0010]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung einer Temperatur in einer elektrischen Maschine (3), das Verfahren umfassend zumindest die folgenden Schritte:

Ermitteln eines temperaturabhängigen Ausgangswerts (A0, A1) eines der elektrischen Maschine (3) zugeordneten ersten Temperatursensors (1), welcher erste Temperatursensor (1) eine Kennlinie mit einer Vielzahl an Kennlinienzweigen (103, 104) aufweist, wobei jeder Kennlinienzweig (103, 104) einem bestimmten Temperaturbereich (113, 114) zugeordnet ist, und jeder Kennlinienzweig (103, 104) einen Wert einer Temperatur (T0, T1, T2) mit einem Ausgangswert (A0, A1) des ersten Temperatursensors (1) verknüpft;

Ermitteln eines temperaturabhängigen Ausgangswerts eines der elektrischen Maschine (3) zugeordneten zweiten Temperatursensors (2);

Bestimmen eines Temperaturbereichs der Temperaturbereiche (113, 114) für die Kennlinienzweige (103, 104) des ersten Temperatursensors (1), in dem eine Temperatur liegt, welche dem Ausgangswert des zweiten Temperatursensors (2) entspricht; und

Bestimmen einer Temperatur (T0, T1, T2) in der elektrischen Maschine (3) aus dem ermittelten Ausgangswert des ersten Temperatursensors (A0, A1) und dem Kennlinienzweig (103, 104), der dem im vorhergehenden Schritt bestimmten Temperaturbereich (113, 114) entspricht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Betrag einer Steigung jedes Kennlinienzweiges (103, 104) mit wachsender Temperatur abnimmt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei der erste Temperatursensor (1) einen Heißleiter und eine Schaltung umfasst, welche konfiguriert ist, aus einer Temperaturabhängigkeit eines elektrischen Widerstands des Heißleiters die Vielzahl der Kennlinienzweige (103, 104) zu erzeugen.

4. System (10) umfassend
eine elektrische Maschine (3);
einen ersten Temperatursensor (1), der der elektrischen Maschine (3) zugeordnet ist und eine Kennlinie mit einer Vielzahl an Kennlinienzweigen (103, 104) aufweist, wobei jeder Kennlinienzweig (103, 104) einem bestimmten Temperaturbereich (113, 114) zugeordnet ist und jeder Kennlinienzweig (103, 104) einen Wert einer Temperatur (T0, T1, T2) mit einem Ausgangswert (A0, A1) des ersten Temperatursensors (1) verknüpft;
einen zweiten Temperatursensor (2), der der elektrischen Maschine (3) zugeordnet ist;
gekennzeichnet durch

eine Auswerteeinheit (4), die konfiguriert ist, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3 durchzuführen.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

