

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
31. Januar 2013 (31.01.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/014120 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02H 6/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/064385

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. Juli 2012 (23.07.2012)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
11175544.3 27. Juli 2011 (27.07.2011) EP

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
[DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **KUHN, Andreas**
[DE/DE]; Am Silberbach 38, 09123 Chemnitz (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS
AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506
München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

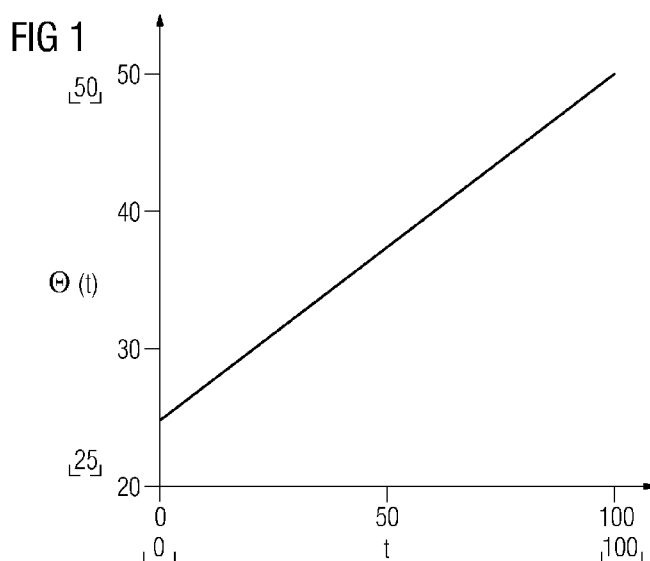
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AG, BY, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: THERMAL MONITORING OF A CONVERTER

(54) Bezeichnung : THERMISCHE ÜBERWACHUNG EINES UMRICHTERS



(57) Abstract: The thermal monitoring of a converter for an electric motor of a vehicle should be improved. Therefore, the invention relates to a method in which the temperature of the converter is measured. In addition, the output power of the converter is determined. The temperature of the converter is estimated by means of a thermal model of the converter having the output power as an input variable. The estimated temperature is compared with the measured temperature, and a corresponding monitoring signal is provided. Thus, a deviation of the measured temperature for the calculated temperature and thus a corresponding error in the cooling system can be detected even in the partial-load range.

(57) Zusammenfassung: Die thermische Überwachung eines Umrichters für einen Elektromotor eines Fahrzeugs soll verbessert werden. Daher wird ein Verfahren vorgeschlagen, bei dem die Temperatur des Umrichters gemessen wird. Außerdem wird die abgegebene Leistung des Umrichters ermittelt. Mit Hilfe eines thermischen Modells des Umrichters mit der abgegebenen Leistung als Eingangsgröße wird die Temperatur des Umrichters geschätzt. Die geschätzte Temperatur wird mit der gemessenen Temperatur verglichen und es wird ein

entsprechendes Überwachungssignal bereitgestellt. Damit kann bereits im Teillastbereich eine Abweichung der gemessenen Temperatur von der berechneten Temperatur und damit ein entsprechender Fehler im Kühlsystem erkannt werden.

WO 2013/014120 A1

Beschreibung

Thermische Überwachung eines Umrichters

5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur thermischen Überwachung eines Umrichters für einen Elektromotor eines Fahrzeugs, wobei die Temperatur des Umrichters gemessen wird. Darüber hinaus betrifft die vorliegende Erfindung eine
10 Überwachungsvorrichtung zur thermischen Überwachung des Umrichters mit einer Messeinrichtung zum Messen der Temperatur des Umrichters.

Verbrennungskraftmaschinen in Kraftfahrzeugen werden meist durch eine Flüssigkeitskühlung gekühlt. Fällt diese Kühlung
15 aus, so steigt die Temperatur des Verbrennungsmotors abhängig von Lastzahl und Umgebungsbedingungen an. Dieser Anstieg kann durch ein entsprechendes Anzeigeelement im Sichtbereich des Fahrers beobachtet werden. Meist wird bei Überschreiten einer kritischen Schwelle noch ein zusätzliches akustisches und/
20 oder optisches Signal erzeugt, das den Fahrer auf diesen Zustand aufmerksam macht. Die sogenannte Zeitkonstante (Zeit, in der eine bestimmte Temperaturdifferenz überwunden wird) für den Temperaturanstieg liegt im Bereich mehrerer Minuten und ermöglicht dem Fahrzeugführer nach dem Erkennen der Fehlfunktion noch ein gefahrloses Stillsetzen des Fahrzeugs.
25

Bei Umrichtern für den elektrischen Antrieb von Kraftfahrzeugen wird häufig ebenfalls eine Flüssigkeitskühlung mit ähnlichem Aufbau verwendet. Da jedoch die Masse eines Umrichters
30 wesentlich geringer ist, als diejenige eines Verbrennungsmotors, liegen hier die thermischen Zeitkonstanten nur im Bereich einiger zehn Sekunden, d.h. der Zeitraum zwischen dem Erkennen eines übermäßigen Temperaturanstiegs und der möglichen Zerstörung des Umrichters durch Übertemperatur ist verhältnismäßig kurz.
35

In üblichen Industrieapplikationen wird nach Erkennen der Übertemperatur eine Warnung abgesetzt. Bei weiterem Tempera-

turanstieg wird zum Schutz des Umrichters abgeschaltet. Bei normaler Funktion der Kühlung ist dies problemlos möglich. Versagt jedoch die Kühlung durch eine Leckage im System, so steigt die Temperatur bei Belastung aufgrund der kleinen thermischen Zeitkonstanten derart schnell an, dass zwischen Temperaturwarnung und Abschaltung nur wenige Sekunden liegen. Dies genügt in bestimmten Fällen möglicherweise nicht, um das Fahrzeug gefahrlos stillzusetzen. Beispielsweise wird bei einer Fahrt auf einer Bundesstraße der Umrichter nur mäßig belastet. D.h. die Temperatur des Umrichters erreicht sicher auch bei Ausfall der Kühlung nicht die Warnschwelle. Bei einem Überholvorgang jedoch wird die Belastung aus diesem Zustand heraus auf maximale Leistung erhöht. Wenn dann die Kühlung ausgefallen ist, steigt die Temperatur sehr schnell über die Schwelle für Warnung und Abschaltung an, so dass gegebenenfalls mitten im Überholvorgang die verfügbare Leistung reduziert wird oder komplett wegfällt. Dies kann zu kritischen Fahrsituationen führen.

Aus der Druckschrift DE 10 2004 018 578 A1 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erfassung eines Verschmutzungsgrades eines betriebenen Umrichtergeräts bekannt. Die Vorrichtung weist ein Temperaturmodell, einen Temperatursensor und eine Auswerteschaltung auf. Der Temperatursensor ist am Bauelement des Umrichtergeräts platziert, dessen Temperatur gemessen werden soll. Beim Temperaturmodell handelt es sich um ein an sich bekanntes Temperaturmodell für einen Kühlkörper. Mit diesem Temperaturmodell wird abhängig von einer tatsächlichen Verlustleistung und einer tatsächlichen Kühlmitteltemperatur eine zu erwartende Kühlkörpertemperatur ermittelt. Bei Verschmutzung des Kühlkörpers des Umrichtergeräts ist eine gemessene Kühltemperatur höher als die geschätzte Kühlkörpertemperatur des Temperaturmodells. Als Vergleichswert erhält man einen negativen Wert. Dies signalisiert, dass der Kühlkörper des Leistungsteils des Umrichtergeräts schlechter arbeitet als vorgesehen.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, einen Umrichter für einen Elektromotor eines Fahrzeugs besser überwachen zu können.

5 Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zur thermischen Überwachung eines Umrichters für einen Elektromotor eines Fahrzeugs durch Messen einer Temperatur des Umrichters, Ermitteln einer von dem Umrichter abgegebenen Leistung, Bereitstellen eines thermischen Modells des Umrichters
10 mit der abgegebenen Leistung als Eingangsgröße, Schätzen der Temperatur des Umrichters mit dem thermischen Modell anhand der ermittelten, abgegebenen Leistung, Vergleichen der geschätzten Temperatur mit der gemessenen Temperatur und Bereitstellen eines Überwachungssignals auf der Grundlage des
15 Vergleichs.

Darüber hinaus ist erfindungsgemäß vorgesehen eine Überwachungsvorrichtung zur thermischen Überwachung eines Umrichters für einen Elektromotor eines Fahrzeugs mit einer Messeinrichtung zum Messen einer Temperatur des Umrichters sowie
20 umfassend eine Erfassungseinrichtung zum Ermitteln einer von dem Umrichter abgegebenen Leistung, eine Recheneinrichtung, in der ein thermisches Modell des Umrichters mit der abgegebenen Leistung als Eingangsgröße bereitgestellt ist, und mit
25 der die Temperatur des Umrichters mit dem thermischen Modell anhand der ermittelten, abgegebenen Leistung schätzbar ist, eine Vergleichseinrichtung zum Vergleichen der geschätzten Temperatur mit der gemessenen Temperatur und eine Signalausgabeeinrichtung zum Bereitstellen eines Überwachungssignals
30 auf der Grundlage des Vergleichs.

In vorteilhafter Weise wird also die vom Umrichter abgegebene Leistung, also eine elektrische Leistung, ermittelt. Mit Hilfe eines thermischen Modells lässt sich daraus die Temperatur
35 schätzen, die der Umrichter besitzt. Parallel dazu wird die Temperatur des Umrichters gemessen. In vorteilhafter Weise kann die Temperatur des Umrichters so auch in einem niedrigeren Wertebereich weit vor Erreichen einer Warnschwelle über-

wacht und plausibilisiert werden. Dadurch kann dem Fahrer bereits dann eine Warnung gegeben werden, wenn die Temperatur des Umrichters bei verhältnismäßig geringer abgegebener Leistung unerwartet hoch steigt.

5

Vorzugsweise wird in dem thermischen Modell aus der abgegebenen Leistung zunächst eine Verlustleistung berechnet. Die Verlustleistung lässt sich in üblicher Weise aus der gesamten elektrischen Leistung berechnen, wenn der Wirkungsgrad des Umrichters bekannt ist. Die Verlustleistung ist dann diejenige Leistung, die für die Erwärmung des Umrichters verantwortlich ist.

In dem thermischen Modell kann die Verlustleistung über einen vorgegebenen Rechenzeitabschnitt gemittelt und normiert werden, und die normierte Verlustleistung kann dann in dem thermischen Modell als Faktor für die Schätzung der Temperatur auftreten. Mit diesem einfachen Modell steigt die geschätzte Temperatur des Umrichters linear mit der Verlustleistung.

20

Darüber hinaus kann das thermische Modell eine lineare Funktion über der Zeit sein. Auch dies stellt eine Vereinfachung dar, die deutliche Rechenvorteile mit sich bringt.

Eine Zeitkonstante für das thermische Modell kann experimentell ermittelt werden. Die geschätzte Temperatur kann dann proportional zu einem Quotienten aus gemessener Zeit und der experimentell ermittelten Zeitkonstante sein. In die experimentelle Ermittlung der Zeitkonstante können mehrere Versuche eingehen, über die ein vorbestimmter Temperaturanstieg zeitlich gemittelt wird.

Insbesondere kann in dem thermischen Modell eine Kühlleistung berücksichtigt werden, mit der der Umrichter gekühlt wird. Damit kann beispielsweise für die Schätzung der Umrichtertemperatur berücksichtigt werden, ob und gegebenenfalls wie stark der Umrichter durch zusätzliche Maßnahmen (z.B. Flüssigkeitskühlung) gekühlt wird.

35

Des Weiteren kann in dem thermischen Modell eine Starttemperatur des Umrichters zu Grunde gelegt werden, die bei einem Start des Fahrzeugs oder als Ausgangspunkt für eine Schätzung gemessen wird. Somit werden auch Umgebungsbedingungen des Fahrzeugs für die Schätzung der Umrichtertemperatur berücksichtigt.

Hierbei ist es vorteilhaft, wenn in dem thermischen Modell die gemessene Starttemperatur als Faktor auftritt. Damit ergibt sich ein verhältnismäßig einfaches thermisches Modell.

Des Weiteren kann auf der Basis des Überwachungssignals ein Warnsignal erzeugt werden, wenn die Differenz zwischen geschätzter und gemessener Temperatur ein vorgegebenes Maß übersteigt. Ein derartiges Warnsignal informiert den Fahrer, dass die Kühlung des Umrichters nicht erwartungsgemäß vonstatten geht.

Die vorliegende Erfindung wird nun anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert, in denen zeigen:

FIG 1 ein Temperaturmodell mit einer ersten Zeitkonstante und

FIG 2 ein Temperaturmodell mit einer zweiten Zeitkonstante, die gegenüber der ersten Zeitkonstante halbiert ist.

Die thermische Zeitkonstante, also diejenige Zeit, in der sich der Umrichter um einen vorbestimmten Temperaturwert erwärmt, unterscheidet sich mit und ohne funktionierender Wasserkühlung deutlich. Die Zeitkonstante bei bestimmungsgemäßem Einsatz kann leicht ermittelt werden und im Umrichter beziehungsweise seinem Überwachungssystem hinterlegt werden. Mit der Zeitkonstante kann ein thermisches Modell der Umrichtertemperatur erstellt werden.

Wesentlicher Faktor des thermischen Modells ist die Verlustleistung des Umrichters. Die Verlustleistung ist diejenige

Leistung, die letztendlich im Umrichter in Wärme umgesetzt wird. Sie kann gemäß folgender Formel ermittelt werden:

$$P_v = (1 - \eta) P_{ges}$$

5

dabei entspricht η dem Wirkungsgrad des Umrichters, also dem Quotienten aus Ausgangsleistung und Eingangsleistung. P_{ges} entspricht der Eingangsleistung, d.h. der gesamten in den Umrichter fließenden Leistung. Diese Leistung P_{ges} lässt sich
10 aus der üblicherweise zur Regelung des Antriebs vorhandenen Größen wie Zwischenkreisspannung und Ausgangsstrom errechnen.

Der Wirkungsgrad des Umrichters kann beispielsweise experimentell bei einer Typprüfung ermittelt werden. Dabei kann unter Umständen auch eine Abhängigkeit des Wirkungsgrads von
15 anderen Größen, wie Umgebungstemperatur, berücksichtigt werden.

Aus Typprüfergebnissen bei Erwärmungstests kann außerdem die
20 thermische Zeitkonstante des Systems ermittelt werden, also diejenige Zeit, in der sich die Temperatur des Systems um einen vorgegebenen Temperaturwert erhöht. Diese thermische Zeitkonstante wird, wie oben bereits angedeutet wurde, im Umrichter abgelegt und steht dann zur Berechnung bzw. Schätzung
25 der bei einem bestimmten Betriebszustand zu erwartenden Umrichtertemperatur zur Verfügung. Das entsprechende thermische Modell zur Schätzung der Umrichtertemperatur Θ kann wie folgt lauten:

30

$$\Theta(t) := \left[T_0 \left(1 + \frac{t}{\tau} \right) \right] * \tilde{P}_v$$

Dabei sind T_0 die Starttemperatur für die Schätzung, $\tilde{P}_v$ eine normierte, mittlere Verlustleistung im letzten Rechenzeitabschnitt und τ die experimentell ermittelte Zeitkonstante. Die
35 Starttemperatur T_0 kann mit der Temperatur des Umrichters beim Start des Fahrzeugs übereinstimmen, sie wird es in der Regel jedoch nicht. Die Starttemperatur T_0 ist vielmehr all-

gemein diejenige Temperatur, die für einen Rechenzeitabschnitt als Ausgangspunkt dient. Die mittlere Verlustleistung $\tilde{P}_v$ ist hinsichtlich einer vorgegebenen Leistung oder einer experimentell ermittelten Leistung normiert.

5

Das oben dargestellte thermische Modell ist bewusst sehr einfach gehalten. Damit ist eine verhältnismäßig geringe Rechenleistung zur Schätzung der Temperatur erforderlich. Grundsätzlich können aber auch andere Temperaturmodelle für die
10 Schätzung der Umrichtertemperatur verwendet werden. Insbesondere können sie auch deutlich aufwändiger in der Berechnung sein. Beispielsweise kann das thermische Modell komplexer werden, wenn eine zusätzliche Luftkühlung des Umrichters berücksichtigt wird.

15

Die mit Hilfe des thermischen Modells berechnete bzw. geschätzte Temperatur wird mit einer gemessenen Temperatur des Umrichters verglichen. Im Fehlerfall weicht die gemessene Temperatur auch im Teillastbereich schon deutlich von der berechneten Temperatur ab. Dies bedeutet, dass beispielsweise
20 bei einem Fahrzeug, das mit geringer Leistung in der Ebene bewegt wird, eine wesentlich höhere Temperatur gemessen wird als sie erwartet wird. Auch wenn die gemessene Temperatur noch keinen systemkritischen Punkt erreicht hat, hat man bereits die Möglichkeit, dem Fahrer das Versagen der Kühlung zu
25 melden. Der Umrichter ist dann noch voll funktionsfähig, und damit ist auch das Fahrzeug noch voll manövrierbar. Durch den Abgleich bzw. Vergleich zwischen Schätzung und Messung wird eine Abweichung der thermischen Zeitkonstante ermittelt, die
30 die erste Folge des Versagens der Flüssigkeitskühlung durch eine Leckage/Ausfall der Kühlmittelpumpe ist. Der schnelle Temperaturanstieg ist wiederum eine Folge der Veränderung dieser Zeitkonstante. D.h. es wird eine Ursache für das schnelle Ansteigen der Temperatur detektiert, die so bisher
35 nicht zugänglich war. Dadurch wird es möglich, die Vorwarnzeit für den Fahrzeugführer wieder auf Werte zu bringen, wie sie der Fahrer aus üblichen Verbrennungskraftmaschinen gewohnt ist.

Die Schätzung und Überwachung der Temperatur des Umrichters kann mit Hilfe von Software im Umrichter realisiert werden. Da es sich um thermische Zustände handelt, kann die Berechnung in niederpriorigen Zeitscheiben erfolgen. Trotzdem wird
5 sie auch dann ausreichend akkurat ausfallen.

In den FIG 1 und 2 sind jeweils die Temperaturen über der Zeit bei verschiedenen thermischen Modellen dargestellt. Es wird das oben angegebene lineare Modell vorausgesetzt. Als
10 normierte mittlere Verlustleistung $\tilde{P}_v$ wird der Wert 1 angenommen. Für eine Zeitkonstante $\tau = 50$ s und einer Starttemperatur $T_0 = 25^\circ \text{C}$ ergibt sich dann der in FIG 1 dargestellte Verlauf der geschätzten Temperatur $\Theta(t)$. Die geschätzte Temperatur steigt von dem Ausgangswert 25°C auf den Endwert von
15 50°C nach 100 s.

Wird hingegen eine thermische Zeitkonstante $\tau = 50$ s ermittelt, so ergibt sich der lineare Verlauf von FIG 2. Demnach steigt die geschätzte Temperatur $\Theta(t)$ vom Ausgangswert 25°C
20 auf 75°C . Im Fall von FIG 2 hat also der Umrichter eine kleinere thermische Zeitkonstante als in FIG 1. Der Grund hierfür kann darin liegen, dass der Umrichter von FIG 2 weniger stark gekühlt wird als derjenige von FIG 1.

Liegt die gemessene Temperatur jeweils deutlich über derjenigen, die mit Hilfe des thermischen Modells geschätzt wurde, so kann dies als Indiz dafür gesehen werden, dass die Kühlung nicht in gewünschter Weise arbeitet. Durch die erfindungsgemäße Plausibilisierung der gemessenen Umrichtertemperatur
25 muss das Kühlsystem nicht direkt überwacht werden. Insbesondere muss nicht die Fließgeschwindigkeit und der Druck im Kühlsystem gemessen werden, aus denen auf einen Ausfall der Kühlmittelpumpe bzw. eine Leckage mit Druckverlust geschlossen werden könnte. Häufig kann auf zusätzliche Sensoren ver-
30 zichtet werden, die zusätzliche Kosten und eine erhöhte Komplexität und Fehleranfälligkeit des Systems mit sich bringen würden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur thermischen Überwachung eines Umrichters für einen Elektromotor eines Fahrzeugs durch

- 5 – Messen einer Temperatur des Umrichters,
g e k e n n z e i c h n e t durch
– Ermitteln einer von dem Umrichter abgegebenen Leistung,
– Bereitstellen eines thermischen Modells des Umrichters mit
der abgegebenen Leistung als Eingangsgröße,
10 – Schätzen der Temperatur des Umrichters mit dem thermischen
Modell anhand der ermittelten, abgegebenen Leistung,
– Vergleichen der geschätzten Temperatur (θ) mit der gemessenen Temperatur und
– Bereitstellen eines Überwachungssignals auf der Grundlage
15 des Vergleichs.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei in dem thermischen Modell aus der abgegebenen Leistung zunächst eine Verlustleistung berechnet wird.

20

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei in dem thermischen Modell die Verlustleistung über einen vorgegebenen Rechenzeitschnitt gemittelt und normiert wird, und die normierte Verlustleistung in dem thermischen Modell als Faktor für die
25 Schätzung der Temperatur auftritt.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das thermische Modell eine lineare Funktion über der Zeit ist.

30

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei eine Zeitkonstante für das thermische Modell experimentell ermittelt wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei
35 in dem thermischen Modell eine Kühlleistung berücksichtigt wird, mit der der Umrichter gekühlt wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in dem thermischen Modell eine Starttemperatur des Umrichters zu Grunde gelegt wird, die bei einem Start des Fahrzeugs oder als Ausgangspunkt für eine Schätzung gemessen wird.

5

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in dem thermischen Modell die gemessene Starttemperatur als Faktor auftritt.

10 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei auf der Basis des Überwachungssignals ein Warnsignal erzeugt wird, wenn die Differenz zwischen geschätzter und gemessener Temperatur ein vorgegebenes Maß überschreitet.

15 10. Überwachungsvorrichtung zur thermischen Überwachung eines Umrichters für einen Elektromotor eines Fahrzeugs mit

– einer Messeinrichtung zum Messen einer Temperatur des Umrichters,

g e k e n n z e i c h n e t durch

20 – eine Erfassungseinrichtung zum Ermitteln einer von dem Umrichter abgegebenen Leistung,

– eine Recheneinrichtung, in der ein thermisches Modell des Umrichters mit der abgegebenen Leistung als Eingangsgröße bereitgestellt ist, und mit der die Temperatur des Umrichters mit dem thermischen Modell anhand der ermittelten, abgegebenen Leistung schätzbar ist,

25

– eine Vergleichseinrichtung zum Vergleichen der geschätzten Temperatur mit der gemessenen Temperatur und

– eine Signalausgabereinrichtung zum Bereitstellen eines

30 Überwachungssignals auf der Grundlage des Vergleichs.

FIG 1

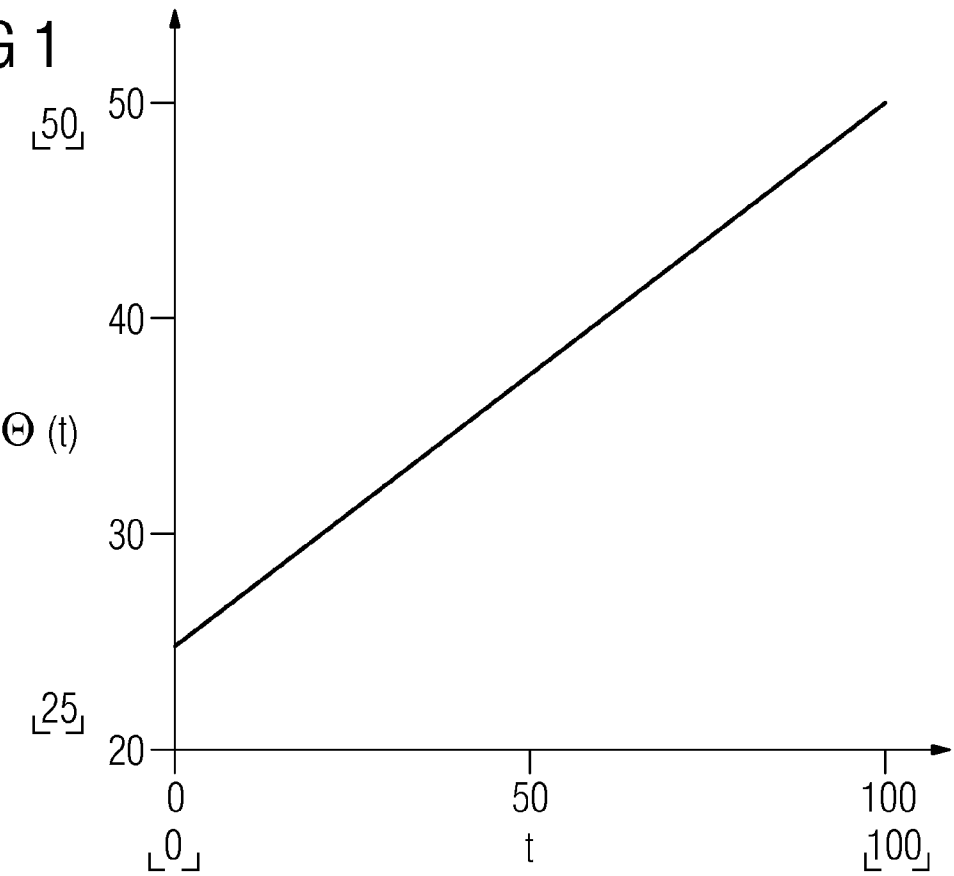
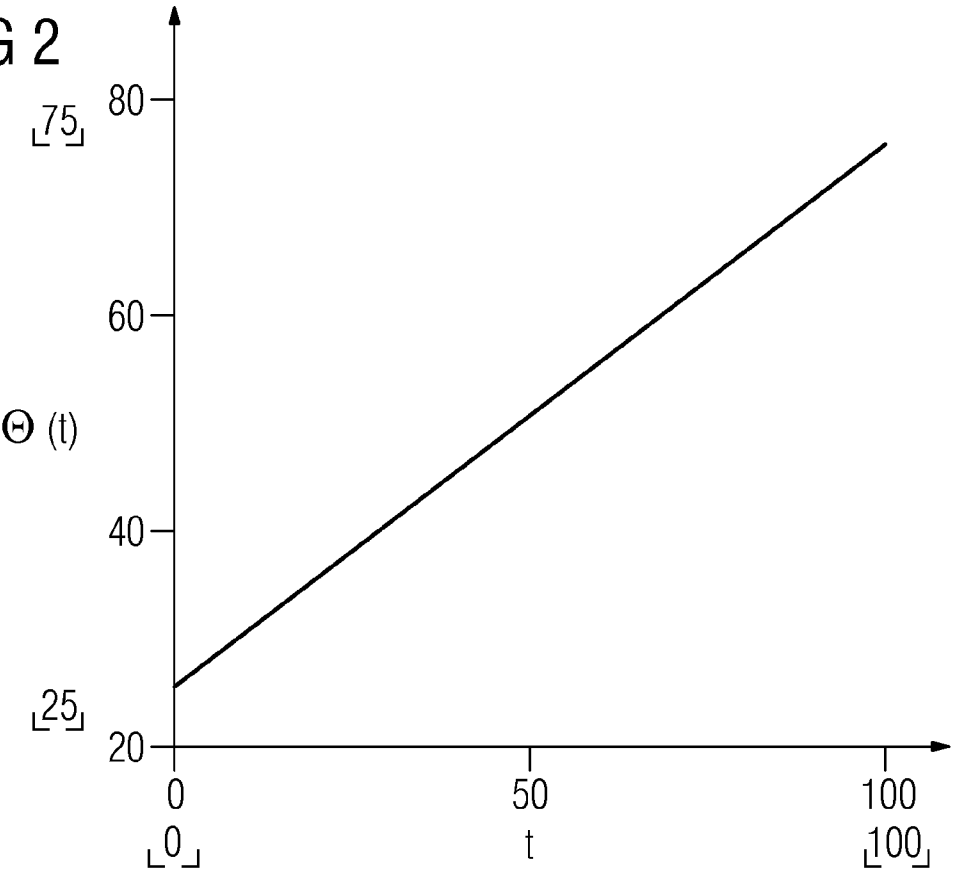


FIG 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/064385

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H02H6/00
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H02H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2005/101431 A1 (SIEMENS AG [DE]; SCHIERLING HUBERT [DE]) 27 October 2005 (2005-10-27) cited in the application abstract; claims 1,4-6,8 -----	1-10
A	EP 1 583 197 A2 (VACON OYJ [FI]) 5 October 2005 (2005-10-05) abstract; claims 1-8 -----	1-10
A	US 2005/270707 A1 (PLEMMONS ROGER A [US] ET AL PLEMMONS ROGER ALAN [US] ET AL) 8 December 2005 (2005-12-08) abstract paragraphs [0006] - [0008], [0026], [0027] ----- -/-	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 September 2012

Date of mailing of the international search report

21/09/2012

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Lehnberg, Christian

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2012/064385

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2004/008457 A1 (IIMURA JUNICHI [JP] ET AL) 15 January 2004 (2004-01-15) abstract claims 1,2 -----	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/064385

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2005101431 A1	27-10-2005	CN 1942982 A DE 102004018578 A1 EP 1735801 A1 US 2008272924 A1 WO 2005101431 A1	04-04-2007 03-11-2005 27-12-2006 06-11-2008 27-10-2005
EP 1583197 A2	05-10-2005	EP 1583197 A2 FI 118363 B1 US 2005212679 A1	05-10-2005 15-10-2007 29-09-2005
US 2005270707 A1	08-12-2005	US 2005270707 A1 US 2005270709 A1	08-12-2005 08-12-2005
US 2004008457 A1	15-01-2004	CN 1472877 A JP 2004040922 A KR 20040004068 A TW I221350 B US 2004008457 A1	04-02-2004 05-02-2004 13-01-2004 21-09-2004 15-01-2004

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/064385

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. H02H6/00

ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

H02H

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 2005/101431 A1 (SIEMENS AG [DE]; SCHIERLING HUBERT [DE]) 27. Oktober 2005 (2005-10-27) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Ansprüche 1,4-6,8 -----	1-10
A	EP 1 583 197 A2 (VACON OYJ [FI]) 5. Oktober 2005 (2005-10-05) Zusammenfassung; Ansprüche 1-8 -----	1-10
A	US 2005/270707 A1 (PLEMMONS ROGER A [US] ET AL PLEMMONS ROGER ALAN [US] ET AL) 8. Dezember 2005 (2005-12-08) Zusammenfassung Absätze [0006] - [0008], [0026], [0027] ----- -/-	1-10

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

11. September 2012

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

21/09/2012

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Lehnberg, Christian

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2004/008457 A1 (IIMURA JUNICHI [JP] ET AL) 15. Januar 2004 (2004-01-15) Zusammenfassung Ansprüche 1,2 -----	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/064385

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 2005101431	A1	27-10-2005	CN	1942982 A		04-04-2007
			DE	102004018578 A1		03-11-2005
			EP	1735801 A1		27-12-2006
			US	2008272924 A1		06-11-2008
			WO	2005101431 A1		27-10-2005

EP 1583197	A2	05-10-2005	EP	1583197 A2		05-10-2005
			FI	118363 B1		15-10-2007
			US	2005212679 A1		29-09-2005

US 2005270707	A1	08-12-2005	US	2005270707 A1		08-12-2005
			US	2005270709 A1		08-12-2005

US 2004008457	A1	15-01-2004	CN	1472877 A		04-02-2004
			JP	2004040922 A		05-02-2004
			KR	20040004068 A		13-01-2004
			TW	1221350 B		21-09-2004
			US	2004008457 A1		15-01-2004
