



(11) **EP 3 417 672 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
02.08.2023 Patentblatt 2023/31

(21) Anmeldenummer: **17705617.3**

(22) Anmeldetag: **16.02.2017**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
H05B 1/02 (2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
H05B 1/0236; H05B 2203/02

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2017/053505

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2017/140783 (24.08.2017 Gazette 2017/34)

(54) **ELEKTRISCHE VORRICHTUNG, INSBESONDERE HEIZER, SOWIE VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR ANSTEUERUNG EINER ELEKTRISCHEN VORRICHTUNG**

ELECTRICAL DEVICE, IN PARTICULAR HEATER, DEVICE AND METHOD TO CONTROL AN ELECTRICAL DEVICE

DISPOSITIF ELECTRIQUE, EN PARTICULIER CHAUFFEUR ELECTRIQUE, AINSI QU'UN DISPOSITIF ET UNE METHODE DE CONTROLE D'UN DISPOSITIF ELECTRIQUE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **17.02.2016 DE 102016102805**
17.05.2016 DE 102016109039

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.12.2018 Patentblatt 2018/52

(73) Patentinhaber: **DBK David + Baader GmbH**
Nordring 26
76761 Rülzheim (DE)

(72) Erfinder: **HECK, Rainer**
76448 Durmersheim (DE)

(74) Vertreter: **Winter, Brandl - Partnerschaft mbB**
Alois-Steinecker-Straße 22
85354 Freising (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 768 276 WO-A1-2012/078097
DE-A1-102008 056 757 JP-A- 2009 191 842
US-A1- 2015 122 899

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 3 417 672 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine elektrische Vorrichtung wie beispielsweise einen Heizer, der optional für Kraftfahrzeuge oder für andere, zu beheizende Räume oder Objekte ausgelegt ist. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Ansteuerung einer elektrischen Vorrichtung, z.B. einer elektrischen Schaltung, und eine Verwendung.

[0002] Aus der DE 10 2013 103 433 A1 ist eine elektrische Vorrichtung in Form eines Heizers bekannt, die eine elektronische Schaltung zur Ansteuerung des Heizers aufweist. Der Heizer kann beispielsweise ein oder mehrere Heizelemente in Form von PTC-Elementen (*Positive Temperature Coefficient* - Elementen) aufweisen, deren elektrischer Widerstand mit ansteigender Temperatur zunimmt.

[0003] Wenn die elektrische Schaltung beispielsweise als Heizer ausgestaltet ist, kann eine Leistungsregelung vorgesehen sein, die mittels einer PWM-Ansteuerung (PWM = Puls-Weiten-Modulation) von einem oder mehreren Leistungsschaltern realisiert ist. Solche Leistungsschalter können beispielsweise Halbleiterschalter wie etwa Bipolartransistoren, Feldeffekttransistoren, IGBTs (*Insulated Gate Bipolar Transistor*, Bipolartransistor mit isoliertem Gate), oder MOSFETs (Metalloxydsemiconductor-Feldeffekttransistoren) sein. Eine derartige Anordnung für eine Glühkerze zeigt die EP 2 768 276 A1.

[0004] Wenn ein solcher Leistungsschalter einen Fehler, wie etwa einen Kurzschluss, eine Durchlegierung oder eine Unterbrechung aufweisen sollte, können solche Fehlerfälle u.a. zur Überhitzung des betroffenen Leistungsschalters, beispielsweise bei Kurzschluss, oder zur Überhitzung von parallel geschalteten Leistungsschaltern, beispielsweise bei Unterbrechung, führen. Dies sollte aus Gründen der funktionalen Sicherheit vermieden werden.

[0005] Eine Überhitzung von Heizkörpern, z.B. von Rohrheizkörpern, die zum Beispiel beim Trockenlauf eines normalerweise von einem Kühlmedium durchflossenen Heizers auftreten kann, führt als Folgefehler zur Überhitzung des gesamten Heizers und stellt somit eine potenzielle Brandgefahr für das System, z.B. ein Fahrzeug dar. Damit sind auch Gefährdungsszenarien möglich, die eine Gefahr für Leib und Leben enthalten. Deshalb ist es wünschenswert bzw. von der Norm ISO 26262 (*Road vehicles - Functional safety*) gefordert, dass eine Überhitzung der Heizkörper bzw. der Heizelemente rechtzeitig erkannt wird, damit der Heizer eine Sicherheitsabschaltung auslösen kann.

[0006] Eine Überhitzung kann z.B. durch Vorsehen eines zusätzlichen Temperaturfühlers erkannt werden, der eine Abschaltung bei zu hoher Temperatur triggern kann. Allerdings fordert das Vorsehen eines solchen zusätzlichen Temperatursensors erhöhten Aufwand.

[0007] Aus WO 2012 / 078 097 A1 ist zu diesem Zweck ein Steuersystem für ein Komfortheizsystem bekannt. Das Komfortheizsystem weist mindestens eine Heizspule auf, wobei sich ein Widerstand der Heizspule mit der Temperatur ändert. Demzufolge ist der Widerstand der Heizspule erfassbar, um Fehler zu diagnostizieren. Die Heizspule wird über Pulsweitenmodulation angesteuert, wobei eine Frequenz zwischen 0,1 und 100 Hz gewählt wird, so dass ein Einfluss einer Induktivität der Heizspule vernachlässigbar ist und der Widerstand der Heizspule auf einfache Weise durch das ohmsche Gesetz berechenbar ist.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine elektrische Vorrichtung zu schaffen, die Funktionsfehler bei der Ansteuerung der elektrischen Vorrichtung, beispielsweise eines Heizers, in kompakter, räumlich und aufwandsmäßig nicht erhöhter Form erkennen kann. Ausgehend von WO 2012 / 078 097 A1 soll eine elektrische Vorrichtung geschaffen werden, die die Erkennung von Funktionsfehlern in einem weiten Frequenzbereich ermöglicht.

[0009] Mit der Erfindung wird zur Lösung dieser Aufgabe eine elektrische Vorrichtung, beispielsweise ein Heizer, gemäß dem Patentanspruch 1 bereitgestellt. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0010] Weiterhin wird mit der Erfindung eine Verwendung einer solchen Vorrichtung aufgezeigt. Ferner wird ein Verfahren zur Ansteuerung einer solchen Schaltung oder Vorrichtung gemäß dem unabhängigen Verfahrensanspruch 11 geschaffen.

[0011] Bei einem oder mehreren Ausführungsbeispielen der Erfindung wird eine PWM-Ansteuerung zur Leistungssteuerung eines oder mehrerer Heizwiderstände eingesetzt. Diese PWM-Ansteuerung erlaubt eine präzise Steuerung der gewünschten Heizleistung. Die Ansteuerfrequenz ist hierbei ein wählbarer Parameter.

[0012] Die Funktionalität, also die korrekte Funktion oder eventuelle Funktionsfehler des PWM-Schalters können während des Betriebs, z.B. des Heizbetriebs, bei einem, mehreren oder allen Ausführungsbeispielen der Erfindung überwacht werden. Dabei können eine Überhitzung, ein Kurzschluss oder eine Unterbrechung des oder der PWM-Schalter, oder auch eine unerwünschte, statische Ansteuerung des PWM-Schalters erkannt werden. Die erfindungsgemäß eingesetzte Überwachung und Fehlererkennung, also die bei Ausführungsbeispielen der Erfindung realisierte und in den Zeichnungen dargestellte Diagnose-Schaltung, ist unabhängig von der jeweiligen Technologie des oder der verwendeten Schalter (z.B. MOSFET, IGBT, Relais, sonstige Transistorschaltung) und somit universell in jeder Elektronik mit PWM-Regelung einsetzbar.

[0013] Ausführungsbeispiele der Erfindung erlauben es, bei mehreren Heizsträngen, die beispielsweise parallel geschaltet sein können, jedoch unabhängig voneinander steuerbar sind, separate Heizstrangstrommessungen entfallen zu lassen.

[0014] Durch die Erfassung und Auswertung der an die elektrische Schaltung, beispielsweise an den oder die Heiz-

widerstände, angelegten Spannung, und/oder des in den Heizelementen fließenden Stroms oder einer damit zusammenhängenden Größe, ist es möglich, System- oder Schaltungsfehler von einer oder mehreren Schaltungskomponenten, wie etwa in PWM-Schaltern, auftretende Störungen zu erkennen, ohne dass zusätzliche, separate Komponenten wie etwa Temperaturfühler erforderlich sind. Hierdurch vereinfacht sich der Schaltungsaufbau bei hoher Funktionszuverlässigkeit und Fehlererfassungsgenauigkeit deutlich.

[0015] Ausführungsbeispiele der Erfindung erlauben z.B. eine Überhitzungserkennung von Rohrheizkörpern in einem Heizer z.B. mit hochfrequenter PWM-Ansteuerung.

[0016] Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert.

[0017] Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen elektrischen oder elektronischen Vorrichtung;

Fig. 2 ein Ausführungsbeispiel einer elektrischen Vorrichtung in Form eines Heizers, beispielsweise für ein Kraftfahrzeug, das ein oder mehrere, separat schaltbare Heizwiderstände aufweist.

[0018] In Fig. 1 ist ein allgemeines Blockschaltbild einer elektrischen Vorrichtung 2 dargestellt, die durch eine Energieversorgung 1 mit Spannung und/oder Strom versorgbar ist und durch eine Auswertungs- und Kontrolleinrichtung 3 überwachbar und umschaltbar ist, beispielsweise einschaltbar, ausschaltbar oder auf höheres oder niedrigeres Energieniveau schaltbar ist.

[0019] Die elektrische Vorrichtung 2 kann beispielsweise ein elektrisch betreibbarer Heizer, beispielsweise für ein Kraftfahrzeug, eine Maschine oder ein sonstiges Gerät sein. Die Auswertungs-/Kontrolleinrichtung 3 überwacht die elektrische Vorrichtung 2 auf Fehlfunktionen und schaltet die Energieversorgung 1 bei Erfassung von Störungen um oder aus.

[0020] In Fig. 2 ist ein Ausführungsbeispiel der elektrischen Vorrichtung 2 dargestellt. Bei diesem Ausführungsbeispiel weist die elektrische Vorrichtung 2 einen Heizer mit drei Heizwiderständen 10, 30, 40 auf. Die Anzahl von Heizwiderständen kann auch höher oder geringer sein, beispielsweise nur einen Heizwiderstand, oder auch zwei, vier, oder mehr als vier Heizwiderstände umfassen.

[0021] Ein Heizdraht eines Rohrheizkörpers (RHK) kann als Reihenschaltung von einem ohmschen Widerstand R_{RHK} und einer Induktivität, bzw. Spule L_{RHK} betrachtet werden, wobei R_{RHK} ein PTC-Verhalten aufweist. D.h. der ohmsche Widerstand R_{RHK} des Rohrheizkörpers steigt mit zunehmender Temperatur und ist somit im Umkehrschluss ein Maß für die Temperatur. Durch Überwachung des ohmschen Widerstands R_{RHK} während des Heizbetriebs kann somit die Temperatur des Rohrheizkörpers überwacht werden.

[0022] Der Heizwiderstand 10 weist bei diesem Ausführungsbeispiel eine Reihenschaltung aus einem ohmschen Widerstand 11 und einer Induktivität 12 auf, die als separate Komponente ausgebildet sein kann, aber in anderen Fällen betriebs- oder schaltungsbedingt, z.B. aufgrund der wendelförmigen Wicklung des Heizwiderstands 10, 30, 40, als immanente Komponente, insbesondere bei höheren Spannungsfrequenzen, auftreten kann und dann in manchen Fällen auch unerwünscht sein kann. Antiparallel zu der Reihenschaltung aus Widerstand 11 und Induktivität 12 kann in manchen Anwendungsfällen aus Sicherheitsgründen eine Diode 13 geschaltet sein, um Spannungsspitzen in negativer Richtung zu unterbinden oder zu verringern. Der Heizwiderstand 10 ist über seinen ohmschen Widerstand 11 mit einem Anschluss direkt an eine Spannungsversorgung über eine Leitung 8 angeschlossen, an der die Heizspannung U_{Heiz} anliegt.

[0023] Der andere Anschluss des Heizwiderstands 10 bzw. der Reihenschaltung aus ohmschen Widerstand 11 und Induktivität 12 ist über einen Schalter 15 und, optional, über einen weiteren Schalter 16 sowie einen Messwiderstand 18 mit Bezugspotential 19 verbunden. Der Schalter 15 ist beispielsweise als Transistorschalter ausgebildet, der als PWM-Schalter dient und durch eine PWM-Ansteuerung (Ansteuerschaltung) 14 ein- und ausgeschaltet sowie pulsbreitenmoduliert gesteuert wird. Der weitere Schalter 16 dient als gemeinsamer Sicherheitsschalter für alle Heizwiderstände 10, 30, 40 und kann ggf. auch entfallen. Im Ausführungsbeispiel wird er über eine statische Ansteuerung (Ansteuerschaltung) 17 stabil ein- oder ausgeschaltet.

[0024] Mit dem Messwiderstand 18 ist eine Messschaltung 21 verbunden, die eine Mittelwertstrommessung aller drei Heizströme der Heizwiderstände 10, 30, 40 durchführt und mit den beiden Anschlüssen des Messwiderstands 18 verbunden ist, um den durch den Messwiderstand 18 fließenden Strom zu erfassen.

[0025] Bei dem in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel sind, wie gezeigt, drei Heizwiderstände 10, 30, 40 vorgesehen. Die Heizwiderstände 30, 40 sind gleich wie der vorstehend detailliert beschriebene Heizwiderstand 10 aufgebaut und weisen somit ebenfalls jeweils einen ohmschen Widerstand 11 und eine hiermit in Reihe geschaltete Induktivität 12, ggf. auch als Störung, auf. Die Heizwiderstände 30, 40 sind gleich wie der Heizwiderstand 10 über einen eigenen PWM-Schalter 31, 41 und eine eigene PWM-Ansteuerung 32 bzw. 42 (in der Abbildung gekennzeichnet mit PWM-Ansteuerung 2 bzw. PWM-Ansteuerung 3) mit einer gemeinsamen Leitung 20 verbunden, die die Ausgänge der PWM-Schalter 15, 31, 41 gemeinsam mit dem Schalter 16 und über diesen mit dem Messwiderstand 18 verbindet. Damit ist eine einzige Messschaltung 21 für die Strommessung aller, oder jedenfalls einiger der Heizwiderstände 10, 30, 40 ausreichend,

wodurch sich der Schaltungsaufwand weiter reduziert. Am Messwiderstand 18 tritt somit die Summe aller Heizströme $I_{\text{Heiz_Summe}}(t)$ durch die Heizwiderstände 10, 30, 40 auf.

[0026] Die Messschaltung 21 führt eine Strommessung aus der Summe der drei Heizströme $I_{\text{Heiz_Summe}}(t)$ der Heizwiderstände 10, 30, 40 über die Summenbildung der Heizströme am Messwiderstand 18 durch und kann diese Strommessung in Form eines Mittelwerts mitteln und ihr Ausgangssignal über eine Ausgangsleitung 22 an einen Eingang 23 einer Auswerteschaltung 24, beispielsweise in Form eines Mikrocontrollers, abgeben. Der Eingang 23 stellt einen Analogeingang (Analog-Port 2) dar. Am Eingang 23 der Auswerteschaltung 24 liegt somit ein den gemittelten Summenheizstrom repräsentierendes Spannungssignal $U_{\text{Mess}}(I_{\text{Heiz_Summe_Mittel}})$ an.

[0027] An einem weiteren Eingangsanschluss 25, der als analoger Eingangsanschluss (Analog-Port 1) ausgelegt sein kann, liegt ein die Versorgungsspannung U_{Heiz} repräsentierendes Versorgungsspannungs-Messsignal an, das den an der Leitung 8 auftretenden Versorgungs-Spannungswert der an den Eingängen der Heizwiderstände 10, 30, 40 angelegten Spannung repräsentiert. Für die Messung der Größe der Versorgungsspannung U_{Heiz} ist an der Leitung 8 eine Reihenschaltung aus zwei Widerständen 26, 27 zwischen die Leitung 8 und das Bezugspotential 19 geschaltet, so dass am Abgriff zwischen der Reihenschaltung der Widerstände 26, 27 die Versorgungsspannung U_{Heiz} der Heizwiderstände 10, 30, 40 als Eingangsgröße für die Auswerteschaltung 24 angelegt ist. Damit liegt am Eingang der Auswerteschaltung 24 sowohl ein die Versorgungsspannung U_{Heiz} repräsentierendes Eingangssignal als auch ein den gemessenen, gemittelten Strom repräsentierendes Eingangssignal $U_{\text{Mess}}(I_{\text{Heiz_Summe_Mittel}})$ (Eingang 23) an.

[0028] Bei dem in Fig. 1 und 2 gezeigten Ausführungsbeispiel ist eine elektrische Vorrichtung in Form eines elektrischen Heizers dargestellt, der zur Steuerung der Temperatur einer Komponente, beispielsweise in einem Kraftfahrzeug, im Haushaltsbereich, im industriellen Bereich oder dergleichen eingesetzt werden kann.

[0029] Ausführungsbeispiele erlauben eine Überhitzungserkennung beispielsweise von Rohrheizkörpern in einem Heizer mit hochfrequenter PWM-Ansteuerung als ein Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0030] Die Erfindung erlaubt gemäß einem oder mehreren Ausführungsbeispielen somit eine Überhitzungserkennung von Rohrheizkörpern und kann somit die Brandgefahr beispielsweise in einem Fahrzeug vermindern, die durch eine nicht erkannte Überhitzung von Rohrheizkörpern, z.B. bei Trockenlauf des Heizers, resultieren könnten.

[0031] Bei Ausführungsbeispielen der Erfindung, beispielsweise gemäß den Figuren 1 und 2, kann das PTC-Verhalten von ohmschen Rohrheizkörperwiderständen R_{RHK} ausgenutzt werden, wobei die Heizwiderstände 10, 30, 40 hier aus einem PTC-Material gebildet sind, also PTC-Verhalten aufweisen. In diesem Fall ist der ohmsche Rohrheizkörperwiderstand R_{RHK} eine Funktion von "θ", beispielsweise der Temperatur ($R_{\text{RHK}} = f(\theta)$). $R_{\text{RHK}}(t)$ wird während des Heizbetriebs fortlaufend berechnet.

[0032] Bei niederfrequenter PWM-Ansteuerung, beispielsweise einer Frequenz $f_{\text{PWM}} = 33,3$ Hz oder 66,6 Hz oder anderen vergleichbaren Werten ist die Beeinflussung der Kurvenform der Heizströme durch eine Induktivität L_{RHK} der Heizwiderstände 10, 30, 40 vernachlässigbar. Jeder Heizstrang kann z.B. eine separate Strommessung für den Spitzenwert $I_{\text{Heiz_Spitze}}$ aufweisen, wobei eine Messung der Hochvolt-Spannung U_{HV} , das heißt der an die Heizwiderstände angelegten Spannung, vorhanden ist. Bei dieser niederfrequenten Ansteuerung lässt sich der Rohrheizkörper-Widerstand R_{RHK} aus den Messwerten in einfacher Weise ermitteln, da hier gilt: $R_{\text{RHK}}(t) = U_{\text{HV}}(t) / I_{\text{Heiz_Spitze}}(t)$.

[0033] Bei hochfrequenter PWM-Ansteuerung von Rohrheizkörpern ist der Heizwiderstandswert schwieriger zu erfassen. Bei einer hochfrequenten Ansteuerung von beispielsweise 3 kHz oder mehr ($f_{\text{PWM}} = \text{z.B. } 3 \text{ kHz oder mehr}$), ist die Beeinflussung der Kurvenform der Heizströme durch die Induktivität L_{RHK} des oder der Heizwiderstände 10, 30, 40 nicht vernachlässigbar. Bei mehreren Heizwiderständen 10, 30, 40 kann eine Strommessung für den Mittelwert des Summenheizstroms $I_{\text{Heiz_Summe_Mittel}}$ vorhanden sein, wobei zusätzlich eine Messung der Hochvolt-Spannung U_{HV} vorhanden sein kann.

[0034] Eine Berechnung von R_{RHK} aus Messwerten muss einen komplizierten impliziten Zusammenhang berücksichtigen. Aus diesem Grund ist erfindungsgemäß eine Rechengröße Z eingeführt: $Z(t) = U_{\text{HV}}(t) / I_{\text{Heiz_Summe_Mittel}}(t)$. Diese Rechengröße $Z(t)$ kann beispielsweise durch das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 und die dort gezeigte Auswerteschaltung 24 ermittelt werden, an deren Eingängen 23, 25 die Heizspannung $U_{\text{HV}}(t)$ bzw. ein hiervon durch Spannungsteilung gewonnener abgeleiteter Wert einerseits und der Mittelwert der Heizstromsumme $I_{\text{Heiz_Summe_Mittel}}(t)$ anliegen.

[0035] Die Rechengröße Z wird durch die Formel

$$Z = \frac{R_{\text{RHK}} T}{n} \left[\frac{1}{vT + \frac{\tau}{1 - e^{\frac{T}{\tau}}} \left(e^{\frac{T}{\tau}} - e^{\frac{vT}{\tau}} - e^{\frac{T-vT}{\tau}} + 1 \right)} \right]$$

ermittelt.

[0036] Hierbei gilt:

T = PWM-Periodendauer

v = PWM-Tastgrad

$\tau = L_{RHK} / R_{RHK}$

n = Anzahl der Heizstränge

[0037] Durch die erfindungsgemäße Schaltungsauslegung und/oder die Einführung von Z lässt sich eine Überhitzungserkennung zuverlässig sicherstellen.

[0038] Das Prinzip beruht hierbei darauf, dass Z maximal wird, wenn R_{RHK} maximal wird. Der bei normalem Heizbetrieb mögliche auftretende maximale Rohrheizkörperwiderstand R_{RHK_max} lässt sich messtechnisch ermitteln, wobei folgende Randbedingungen eingestellt werden können:

$P_{Heiz} = P_{Heiz_max}$

$Q = Q_{min}$

$\theta_{Medium} = \theta_{Medium_max}$

[0039] Eine Referenzkurve $Z_{ref} = f(R_{RHK_max}, L_{RHK}, T, v)$ lässt sich in einem Speicher der Auswerteschaltung 24, beispielsweise in einem EEPROM eines Mikrocontrollers, abspeichern, wobei ein fortlaufender Vergleich von $Z_{Mess}(v)$ mit der Referenzkurve $Z_{ref}(v)$ durchführbar ist. Als Fehlerbedingung kann hierbei $Z_{Mess}(v) < Z_{ref}(v)$ eingestellt werden, wenn also der gemessene Wert unterhalb des Referenzwerts absinkt. Die Vorteile durch eine Überhitzungserkennung mittels einer solchen Referenzkurve liegen unter anderem darin, dass lediglich geringer schaltungstechnischer Aufwand benötigt wird und dass er bei allen PWM-Frequenzen f_{PWM} funktioniert. Andere Ausführungsbeispiele können nicht nur eine Referenzkurve, sondern mehrere Referenzkurven als Erweiterung aufweisen, bei denen abhängig von der gewünschten Heizleistung unterschiedliche Referenzkurven vorgegeben werden.

[0040] Die vorstehenden Ausführungen werden nachfolgend noch näher erläutert.

[0041] Die Regelung der Heizleistung erfolgt bei einem oder mehreren Ausführungsbeispielen durch Pulsweitenmodulation (PWM) der Heizstrangströme. Bei niederfrequenter PWM-Ansteuerung (z.B. $f_{PWM} = 66,6$ Hz) kann der Einfluss von L_{RHK} vernachlässigt werden, und der Verlauf der Heizstrangströme ist in guter Näherung rechteckförmig.

[0042] Da für jeden Heizstrang eine Spitzenwertstrommessung vorhanden sein kann oder ist, kann der Widerstand R_{RHK} in jedem Heizstrang einfach als Quotient aus gemessener HV-Spannung U_{HV} und gemessenem Spitzenstrom I_{Heiz_Spitze} bestimmt werden.

$$R_{RHK}(t) = \frac{U_{HV}(t)}{I_{Heiz_Spitze}(t)}$$

[0043] Bei hochfrequenter PWM-Ansteuerung (z.B. $f_{PWM} = 3$ kHz oder höher) kann der Einfluss von L_{RHK} nicht mehr vernachlässigt werden, und der Verlauf der Heizstrangströme ist nicht mehr rechteckförmig, sondern setzt sich aus Exponentialkurven zusammen. Erschwerend kommt hinzu, dass neben der Versorgungsspannungsmessung nur eine Mittelwertstrommessung für den Summenheizstrom vorhanden ist, siehe Fig. 2, da eine Spitzenwertstrommessung für jeden Heizstrang sehr aufwändig ist.

[0044] Erfindungsgemäß wird deshalb die Rechengröße Z eingeführt, aus der man auf R_{RHK} rückschließen kann.

$$Z(t) = \frac{U_{HV}(t)}{I_{Heiz_Summe_mittel}(t)}$$

[0045] Hinweis: $Z(t)$ hat die Dimension einer Impedanz, ist aber nicht die Impedanz des Rohrheizkörpers.

[0046] Im eingeschwungenen Zustand und unter der Annahme von idealen Schaltern und Dioden, an denen der Spannungsabfall 0 V ist, gilt für Z folgender Zusammenhang:

$$Z = \frac{R_{RHK} T}{n} \left[\frac{1}{vT + \frac{\tau}{1-e^{-\frac{T}{\tau}}} \left(e^{\frac{T}{\tau}} - e^{\frac{vT}{\tau}} - e^{\frac{T-vT}{\tau}} + 1 \right)} \right]$$

[0047] Mit den Kenngrößen:

T = PWM-Periodendauer
 v = PWM-Tastgrad
 $\tau = L_{RHK} / R_{RHK}$
 n = Anzahl der Heizstränge

[0048] Man erkennt aus dieser Gleichung, dass zwischen Z und R_{RHK} ein komplizierter impliziter Zusammenhang besteht. Folglich kann R_{RHK} aus Z nur numerisch berechnet werden, was einen enormen Rechenaufwand für den Mikrocontroller 24 bedeuten würde.

[0049] Eine Überhitzungserkennung lässt sich aus dem aus den Messwerten von $U_{HV}(t)$ und $I_{Heiz_Summe_Mittel}(t)$ berechneten Z(t) als eine qualitative Aussage bzgl. R_{RHK} ableiten, denn es gilt:

Z wird maximal, wenn R_{RHK} maximal wird.

[0050] Außerdem lässt sich der bei normalem Heizbetrieb mögliche R_{RHK_max} aus Labormessungen ermitteln, aus dem schließlich ein Referenzwert (Schwellwert) $R_{RHK_max_ref}$ abgeleitet werden kann.

[0051] Daraus kann eine Fehlerbedingung für die Überhitzung abgeleitet werden:

$$Z_{Mess}(R_{RHK}, v) > Z_{Ref}(R_{RHK_max_ref}, v)$$

[0052] Zur Messung und Bestimmung von R_{RHK_max} werden im Heizbetrieb die Randbedingungen des schlechtesten Betriebsfalls eingestellt:

- Heizleistung: $P_{Heiz_soll} = P_{Heiz_max}$
- Durchfluss Kühlmedium: $Q_{Medium} = Q_{Medium_min}$
- Temperatur Kühlmedium: $\theta_{Medium} = \theta_{Medium_max}$

[0053] Vorgehensweise:

1) Messung des R_{RHK} von jedem Heizstrang des Prüflings vor dem Heizbetrieb bei z.B. 25 °C Umgebungstemperatur (Temperatur, bei der die Fertigungstoleranz der Rohrheizkörpers spezifiziert ist) und Berechnung des daraus resultierenden Parallelwiderstands $R_{RHK_p}(25\text{ °C})$.

2) Heizbetrieb mit Gleichstrom (keine PWM-Ansteuerung) bei obigen Randbedingungen, damit L_{RHK} keinen Einfluss hat. Die Heizleistung wird über das Netzteil (Hochspannungsnetzteil HV) geregelt.

3) Berechnung von $R_{RHK_p}(\theta_{Medium_max})$ aus den Messwerten von U_{HV} und $I_{Heiz_Summe_Mittel}$.

4) Berechnung des Temperatur-Korrekturfaktors $c_\theta = R_{RHK_p}(\theta_{Medium_max}) / R_{RHK_p}(25\text{ °C})$.

5) Berechnung von $R_{RHK_p_max}(\theta_{Medium_max}) = R_{RHK_p_max}(25\text{ °C}) c_\theta$.

6) Berechnung von $R_{RHK_max}(\theta_{Medium_max}) = R_{RHK_p_max}(\theta_{Medium_max}) / n$.

7) Berechnung des zu verwendenden Diagnose Referenzwertes $R_{RHK_max_ref} = R_{RHK_max}(\theta_{Medium_max}) c_{Mess}$ (c_{Mess} = Korrekturfaktor, der die heizerinternen Messtoleranzen für U_{HV} und $I_{Heiz_Summe_Mittel}$ berücksichtigt).

[0054] Die Messtoleranzen zur Ermittlung von R_{RHK_p} bei 25 °C und bei θ_{Medium_max} sind gleich groß.

[0055] Eine Implementierung der Überhitzungserkennung kann wie folgt erfolgen:

Die obige Fehlerbedingung erfordert einen Vergleich des aus den momentanen Messwerten berechneten Z-Wertes mit einem Referenzwert. Dieser Referenzwert hängt vom PWM-Tastgrad v ab, der allerdings veränderlich ist.

[0056] Deshalb ist es sinnvoll, eine Referenzkurve $Z_{Ref}(R_{RHK_max_ref}, v)$ im EEPROM des Mikrocontrollers 24 abzuspeichern, wobei der Wertebereich von v alle Einstellwerte umfasst, die im Heizbetrieb möglich sind. Somit wird der Rechenaufwand des Mikrocontrollers 24 auf die Berechnung von Z aus den Messwerten von $U_{HV}(t)$ und $I_{Heiz_Summe_Mittel}(t)$ und eine anschließende Vergleichsoperation mit dem entsprechenden Referenzwert begrenzt.

[0057] Eine verfeinerte Implementierung stellt die Verwendung von mehreren Referenzkurven mit verschiedenen

$R_{\text{RHK_max_ref}}$ dar, wobei jeder $R_{\text{RHK_max_ref}}$ sich auf einen bestimmten $P_{\text{Heiz_soll}}$ bezieht (z.B. 25% $P_{\text{Heiz_max}}$, 50% $P_{\text{Heiz_max}}$, 100% $P_{\text{Heiz_max}}$). Dies hat den Vorteil, dass man den Fehlerfall Überhitzung schneller erkennt.

[0058] In Abhängigkeit von der Heizleistungsanforderung wird dann die geeignetste Z-Referenzkurve ausgewählt. Bei einer Erniedrigung der Heizleistungsanforderung wird die Abkühlzeit der Rohrheizkörper berücksichtigt. D.h. solange die Rohrheizkörper noch nicht im thermisch eingeschwungenen Zustand sind, kann die Diagnose deaktiviert werden,

oder es wird eine geeignete Übergangsfunktion von einer Z-Referenzkurve zur nächsten Z-Referenzkurve verwendet.

[0059] Die Überhitzungserkennung mit Hilfe der Z-Berechnung erfordert nur einen geringen schaltungstechnischen Aufwand und funktioniert bei allen PWM-Frequenzen f_{PWM} .

[0060] Vorstehend sind einige Ausführungsbeispiele im Detail erläutert. Die Erfindung lässt sich auch bei anderen elektrischen Schaltungen oder Verbrauchern und nicht nur bei Heizern wie etwa Rohrheizkörpern einsetzen. Beispielsweise kann eine Leistungssteuerung zur Steuerung des Leistungsniveaus eines Verbrauchers in der vorstehend geschilderten Weise realisiert werden.

Bezugszeichenliste

[0061]

- 1 Energieversorgung
- 2 elektrische Vorrichtung
- 3 Auswertungs- / Kontrolleinrichtung
- 8 Leitung
- 10 Heizwiderstand
- 11 Widerstand
- 12 Induktivität
- 13 Diode
- 14 PWM-Ansteuerung
- 15 PWM-Schalter
- 16 Sicherheitsschalter
- 17 Ansteuerungsschaltung
- 18 Widerstand
- 19 Bezugspotential
- 20 Leitung
- 21 Messschaltung
- 22 Ausgangsleitung
- 23 Eingang
- 24 Auswerteschaltung
- 25 Eingangsanschluss
- 26 Widerstand
- 27 Widerstand
- 30 Heizwiderstand
- 31 PWM-Schalter
- 32 PWM-Ansteuerung
- 40 Heizwiderstand
- 41 PWM-Schalter
- 42 PWM-Ansteuerung

Patentansprüche

1. Elektrische Vorrichtung, mit mindestens einem Heizwiderstand (10, 30, 40), mindestens einer PWM-Ansteuerschaltung (14, 32, 42) zur Ansteuerung des mindestens einen Heizwiderstands (10, 30, 40), einer Messschaltung (21), die dazu ausgelegt ist, einen mittleren Wert des durch den mindestens einen Heizwiderstand (10, 30, 40) fließenden Stroms ($I_{\text{Heiz_Summe}}$) zu ermitteln, und einer Auswerteschaltung (24) zur Erfassung einer an den mindestens einen Heizwiderstand (10, 30, 40) angelegten Spannung (U_{HV}) oder eines hiervon abhängigen Spannungswerts und des durch die Messschaltung (21) ermittelten mittleren Werts des durch den mindestens einen Heizwiderstand (10, 30, 40) fließenden Stroms ($I_{\text{Heiz_Summe}}$), wobei die Auswerteschaltung (24) dazu ausgelegt ist, aus der Spannung (U_{HV}) bzw. dem Spannungswert und dem von der Messschaltung (21) ermittelten Wert eine Rechengröße (Z) zu ermitteln und mit einem Referenzwert (Z_{Ref}) zu bewerten, optional zu vergleichen, um Fehler zu erkennen, wobei die Aus-

werteschaltung (24) dazu ausgelegt ist, die Rechengröße (Z) durch Division der an den mindestens einen Heizwiderstand (10, 30, 40) angelegten Spannung (U_{HV}) oder des hiervon abhängigen Spannungswerts durch die Summe der Heizströme ($I_{\text{Heiz_Summe}}$) zu ermitteln, und der mindestens eine Heizwiderstand (10, 30, 40) jeweils als Reihenschaltung von einem ohmschen Widerstand (R_{RHK}), der ein PTC-Verhalten aufweist, und einer Induktivität (L_{RHK}) ausgebildet ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Rechengröße (Z) gemäß der Gleichung

$$Z = \frac{R_{RHK} T}{n} \left[\frac{1}{vT + \frac{\tau}{1 - e^{\frac{T}{\tau}}} \left(e^{\frac{T}{\tau}} - e^{\frac{vT}{\tau}} - e^{\frac{T-vT}{\tau}} + 1 \right)} \right]$$

ermittelt wird, wobei gilt:

T = PWM-Periodendauer

v = PWM-Tastgrad

$\tau = L_{RHK} / R_{RHK}$

n = Anzahl der Heizstränge.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, mit einem Widerstand (18), insbesondere einem Messwiderstand, der mit einer Leitung (20) verbunden ist, über die der oder die Ströme ($I_{\text{Heiz_Summe}}$) des mindestens einen Heizwiderstands (10, 30, 40) führbar sind, wobei die Messschaltung (21) als Mittelwert-Strommessschaltung ausgelegt ist, die mit den beiden Anschlüssen des Widerstands (18) verbunden ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei der die mindestens eine PWM-Ansteuerschaltung (14, 32, 42) dazu ausgelegt ist, eine niederfrequente Ansteuerung von unter 100 Hz, beispielsweise 33,3 Hz oder 66,6 Hz, oder eine hochfrequente Ansteuerung vorzugsweise oberhalb von 1 kHz, optional 3 kHz oder optional mehr als 3 kHz auszuführen.
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die mindestens zwei, optional unabhängig voneinander steuerbare Heizwiderstände (10, 30, 40), und mindestens zwei PWM-Ansteuerschaltungen (14, 32, 42) aufweist.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Speicher, in dem mindestens eine Referenzkurve aus mehreren Referenzwerten gespeichert ist, die Wertebereiche für mehrere, während des Betriebs mögliche Einstellwerte umfasst, wobei vorzugsweise mehrere Referenzkurven für unterschiedliche, durch einen Benutzer wählbare Einstellbedingungen gespeichert sind.
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die dazu ausgelegt ist bei Erniedrigung einer Heizleistungsanforderung eine Auswertung für einen gewissen Zeitraum zu deaktivieren oder eine geänderte Referenzkurve auszuwählen.
7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einer Leitung (20), die gemeinsam mit Ausgängen der PWM-Ansteuerungen (14, 32, 42) und der Messschaltung (21) verbunden ist.
8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Schalter (16) zur statischen Ein- und Ausschaltung des mindestens einen Heizwiderstands (10, 30, 40).
9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Auswerteschaltung (24) als Mikrocontroller μC ausgebildet ist.
10. Verwendung der elektrischen Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche als Heizer, insbesondere für ein Kraftfahrzeug.

11. Verfahren zur Ansteuerung einer elektrischen Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem mindestens ein Heizwiderstand (10, 30, 40) betrieben wird,

ein Mittelwert ($I_{\text{Heiz_Summe_Mittel}}$) aus dem Heizstrom oder aus der Summe der gleichzeitig auftretenden Heizströme ($I_{\text{Heiz_Summe}}$) gebildet wird,
 eine an den mindestens einen Heizwiderstand (10, 30, 40) angelegte Spannung (U_{HV}) oder ein hiervon abhängiger Spannungswert erfasst wird, und
 eine Rechengröße (Z) aus dem Mittelwert ($I_{\text{Heiz_Summe_Mittel}}$) und der Spannung (U_{HV}) gebildet und mit einem Referenzwert (Z_{Ref}) verglichen wird,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Rechengröße (Z) gemäß der Gleichung

$$Z = \frac{R_{\text{RHK}} T}{n} \left[\frac{1}{vT + \frac{\tau}{1 - e^{\frac{T}{\tau}}} \left(e^{\frac{T}{\tau}} - e^{\frac{vT}{\tau}} - e^{\frac{T-vT}{\tau}} + 1 \right)} \right]$$

ermittelt wird, wobei gilt:

T = PWM-Periodendauer
 v = PWM-Tastgrad
 $\tau = L_{\text{RHK}} / R_{\text{RHK}}$
 n = Anzahl der Heizstränge.

12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem mehrere Referenzkurven für mehrere Referenzwerte in Abhängigkeit von Betriebsbedingungen, beispielsweise gewählter Leistungswerte ermittelt und gespeichert werden.

Claims

1. An electric device, having at least one heating resistor (10, 30, 40), at least one PWM drive circuit (14, 32, 42) for driving the at least one heating resistor (10, 30, 40), a measure arrangement (21) which is configured to determine an average value of the current ($I_{\text{Heiz_Summe}}$) flowing through the at least one heating resistor (10, 30, 40), and an evaluation circuit (24) for detecting a voltage (U_{HV}) applied to the at least one heating resistor (10, 30, 40) or a voltage value dependent thereon and the mean value, determined by the measure arrangement (21), of the current ($I_{\text{Heiz_Summe}}$) flowing through the at least one heating resistor (10, 30, 40), wherein the evaluation circuit (24) is configured to determine an operand (Z) from the voltage (U_{HV}) or the voltage value and the value determined by the measure arrangement (21) and to evaluate, optionally compare, it with a reference value (Z_{Ref}) in order to detect faults, wherein the evaluation circuit (24) is configured to determine the operand (Z) by dividing the voltage (U) applied to the at least one heating resistor (10, 30, 40) or the voltage value dependent thereon by the sum of the heating currents ($I_{\text{Heiz_Summe}}$), and the at least one heating resistor (10, 30, 40) is configured in each case as a series circuit of an ohmic resistor (R_{RHK}), which has PTC behavior, and an inductivity (L_{RHK}),
characterized in that
 the operand (Z) is determined according to the equation,

$$Z = \frac{R_{\text{RHK}} T}{n} \left[\frac{1}{vT + \frac{\tau}{1 - e^{\frac{T}{\tau}}} \left(e^{\frac{T}{\tau}} - e^{\frac{vT}{\tau}} - e^{\frac{T-vT}{\tau}} + 1 \right)} \right]$$

wherein:

T = PWM period duration
 v = PWM duty cycle
 $\tau = L_{RHK} / R_{RHK}$
 n = number of heating lines.

2. The device according to claim 1, having a resistor (18), in particular a measuring resistor, which is connected to a line (20) via which the current or currents (I_{Heiz_Summe}) of the at least one heating resistor (10, 30, 40) can be conducted, wherein the measure arrangement (21) is configured as a current measuring circuit for an average-value which is connected to the two terminals of the resistor (18).
3. The device according to claim 1 or 2, wherein the at least one PWM drive circuit (14, 32, 42) is adapted to perform low frequency drive of below 100 Hz, for example 33.3 Hz or 66.6 Hz, or high frequency drive preferably above 1 kHz, optionally 3 kHz or optionally more than 3 kHz.
4. The device according to one of the preceding claims, comprising at least two, optionally independently controllable heating resistors (10, 30, 40), and at least two PWM drive circuits (14, 32, 42).
5. The device according to one of the preceding claims, having a memory in which at least one reference curve of a plurality of reference values is stored, which comprises value ranges for a plurality of setting values possible during operation, wherein preferably a plurality of reference curves are stored for different setting conditions selectable by a user.
6. The device according to one of the preceding claims, which is adapted to deactivate an evaluation for a certain period of time or to select a changed reference curve in case of a decrease in a heating power demand.
7. The device according to one of the preceding claims, comprising a line (20) connected in common to outputs of the PWM drive circuits (14, 32, 42) and the measure arrangement (21).
8. The device according to one of the preceding claims, comprising a switch (16) for statically switching the at least one heating resistor (10, 30, 40) on and off.
9. The device according to one of the preceding claims, wherein the evaluation circuit (24) is configured as a micro-controller μC .
10. A use of the electrical device according to one of the preceding claims as a heater, in particular for a motor vehicle.
11. A method of driving an electric device according to one of claims 1 to 9, wherein at least one heating resistor (10, 30, 40) is operated,

a mean value ($I_{Heiz_Summe_Mittel}$) is formed from the heating current or from the sum of the simultaneously occurring heating currents (I_{Heiz_Summe})
 a voltage (U_{HV}) applied to the at least one heating resistor (10, 30, 40) or a voltage value dependent thereon is detected, and
 an operand (Z) is formed from the mean value ($I_{Heiz_Summe_Mittel}$) and the voltage (U_{HV}) and compared with a reference value (Z_{Ref}).
characterized in that
 the operand (Z) is determined according to the equation

$$Z = \frac{R_{RHK} T}{n} \left[\frac{1}{vT + \frac{\tau}{1 - e^{\frac{T}{\tau}}} \left(e^{\frac{T}{\tau}} - e^{\frac{vT}{\tau}} - e^{\frac{T-vT}{\tau}} + 1 \right)} \right]$$

wherein:

T = PWM period duration

v = PWM duty cycle

$\tau = L_{RHK} / R_{RHK}$

n = number of heating lines.

12. The method according to claim 11, wherein a plurality of reference curves for a plurality of reference values are determined and stored as a function of operating conditions, such as selected power values.

Revendications

1. Dispositif électrique, avec au moins une résistance chauffante (10, 30, 40), au moins un circuit de commande PWM (14, 32, 42) pour commander la au moins une résistance chauffante (10, 30, 40), un circuit de mesure (21) qui est conçu pour déterminer une valeur moyenne du courant ($I_{\text{Somme_chauffage}}$) passant par la au moins une résistance chauffante (10, 30, 40), et un circuit d'évaluation (24) pour détecter une tension (U_{HV}) appliquée à l'au moins une résistance chauffante (10, 30, 40) ou une valeur de tension qui en dépend et la valeur moyenne, déterminée par le circuit de mesure (21), du courant ($I_{\text{Somme_chauffage}}$) qui circule dans la au moins une résistance chauffante (10, 30, 40), dans lequel le circuit d'évaluation (24) est conçu pour déterminer une grandeur de calcul (Z) à partir de la tension (U_{HV}) ou de la valeur de tension et de la valeur déterminée par le circuit de mesure (21) et pour l'évaluer avec une valeur de référence ($Z_{\text{Réf}}$), facultativement pour la comparer afin de détecter des erreurs, dans lequel le circuit d'évaluation (24) est conçu pour déterminer la grandeur de calcul (Z) par division de la tension (U_{HV}) appliquée à la au moins une résistance chauffante (10, 30, 40) ou de la valeur de tension qui en dépend par la somme des courants de chauffage ($I_{\text{Somme_chauffage}}$), et la au moins une résistance chauffante (10, 30, 40) est réalisée respectivement sous la forme d'un montage en série d'une résistance ohmique (R_{RHK}), qui présente un comportement PTC, et d'une inductance (L_{RHK}),

caractérisé en ce que

la grandeur de calcul (Z) est

$$Z = \frac{R_{RHK} T}{n} \left[\frac{1}{vT + \frac{\tau}{1 - e^{-\frac{T}{\tau}}} \left(e^{-\frac{T}{\tau}} - e^{-\frac{vT}{\tau}} - e^{-\frac{T-vT}{\tau}} + 1 \right)} \right]$$

déterminée selon l'équation, dans lequel :

T = durée de la période PWM

v = rapport cyclique PWM

$\tau = L_{RHK} / R_{RHK}$

n = nombre de branches chauffantes.

2. Dispositif selon la revendication 1 doté d'une résistance (18), en particulier une résistance de mesure, qui est reliée à une ligne (20) par laquelle le ou les courants ($I_{\text{Somme_chauffage}}$) de l'au moins une résistance chauffante (10, 30, 40) peuvent être conduits, dans lequel le circuit de mesure (21) est conçu comme un circuit de mesure de courant de valeur moyenne qui est relié aux deux bornes de la résistance (18).
3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, dans lequel ledit au moins un circuit de commande PWM (14, 32, 42) est conçu pour réaliser une commande à basse fréquence inférieure à 100 Hz, par exemple 33,3 Hz ou 66,6 Hz, ou une commande à haute fréquence de préférence supérieure à 1 kHz, facultativement 3 kHz ou facultativement plus de 3 kHz.
4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, qui présente au moins deux résistances chauffantes (10, 30, 40), facultativement commandables indépendamment les unes des autres, et au moins deux circuits de commande PWM (14, 32, 42).

5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes comprenant une mémoire dans laquelle est enregistrée au moins une courbe de référence parmi plusieurs valeurs de référence, qui comprend des plages de valeurs pour plusieurs valeurs de réglage possibles pendant le fonctionnement, dans lequel de préférence plusieurs courbes de référence sont enregistrées pour différentes conditions de réglage pouvant être sélectionnées par un utilisateur.
6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, qui est conçu pour désactiver une évaluation pendant une certaine période ou pour sélectionner une courbe de référence modifiée en cas de diminution d'une demande de puissance de chauffage.
7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant une ligne (20) connectée en commun à des sorties des commandes PWM (14, 32, 42) et du circuit de mesure (21).
8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant un interrupteur (16) pour la mise en marche et l'arrêt statique de ladite au moins une résistance chauffante (10, 30, 40).
9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le circuit d'évaluation (24) est réalisé sous la forme d'un microcontrôleur μC .
10. Utilisation du dispositif électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes comme dispositif de chauffage, en particulier pour un véhicule automobile.
11. Procédé de commande d'un dispositif électrique selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel au moins une résistance chauffante (10, 30, 40) est actionnée,

une valeur moyenne ($I_{\text{Moyenne_somme_chauffage}}$) est formée à partir du courant de chauffage ou de la somme des courants de chauffage apparaissant simultanément ($I_{\text{Somme_Chauffage}}$),

une tension (U_{HV}) appliquée à la au moins une résistance chauffante (10, 30, 40) ou une valeur de tension qui en dépend est détectée, et

une grandeur de calcul (Z) est formée à partir de la valeur moyenne ($I_{\text{Moyenne_Somme_Chauffage}}$) et de la tension (U_{HV}) et est comparée à une valeur de référence ($Z_{\text{Réf}}$),

caractérisé en ce que

la grandeur de calcul (Z) est

$$Z = \frac{R_{RHK} T}{n} \left[\frac{1}{vT + \frac{\tau}{1 - e^{-\frac{T}{\tau}}} \left(e^{\frac{T}{\tau}} - e^{\frac{vT}{\tau}} - e^{\frac{T-vT}{\tau}} + 1 \right)} \right]$$

déterminée selon l'équation, dans lequel :

T = durée de la période PWM

v = rapport cyclique PWM

$\tau = L_{RHK} / R_{RHK}$

n = nombre de branches chauffantes.

12. Procédé selon la revendication 11, dans lequel plusieurs courbes de référence sont déterminées et enregistrées pour plusieurs valeurs de référence en fonction de conditions de fonctionnement, par exemple de valeurs de puissance sélectionnées.

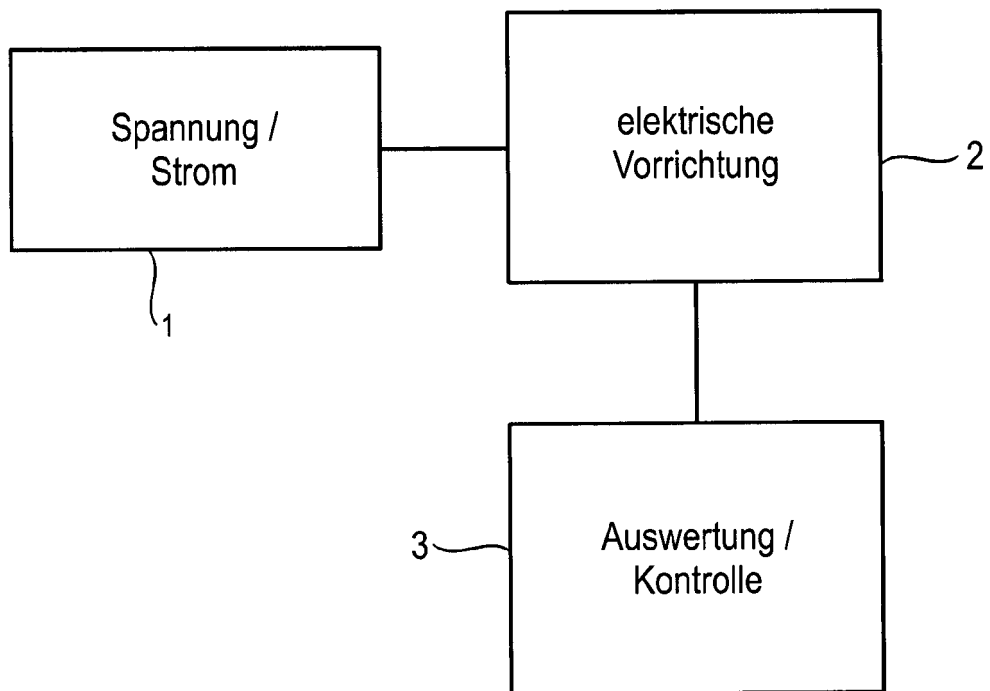


Fig. 1

ERSATZBLATT (REGEL 26)

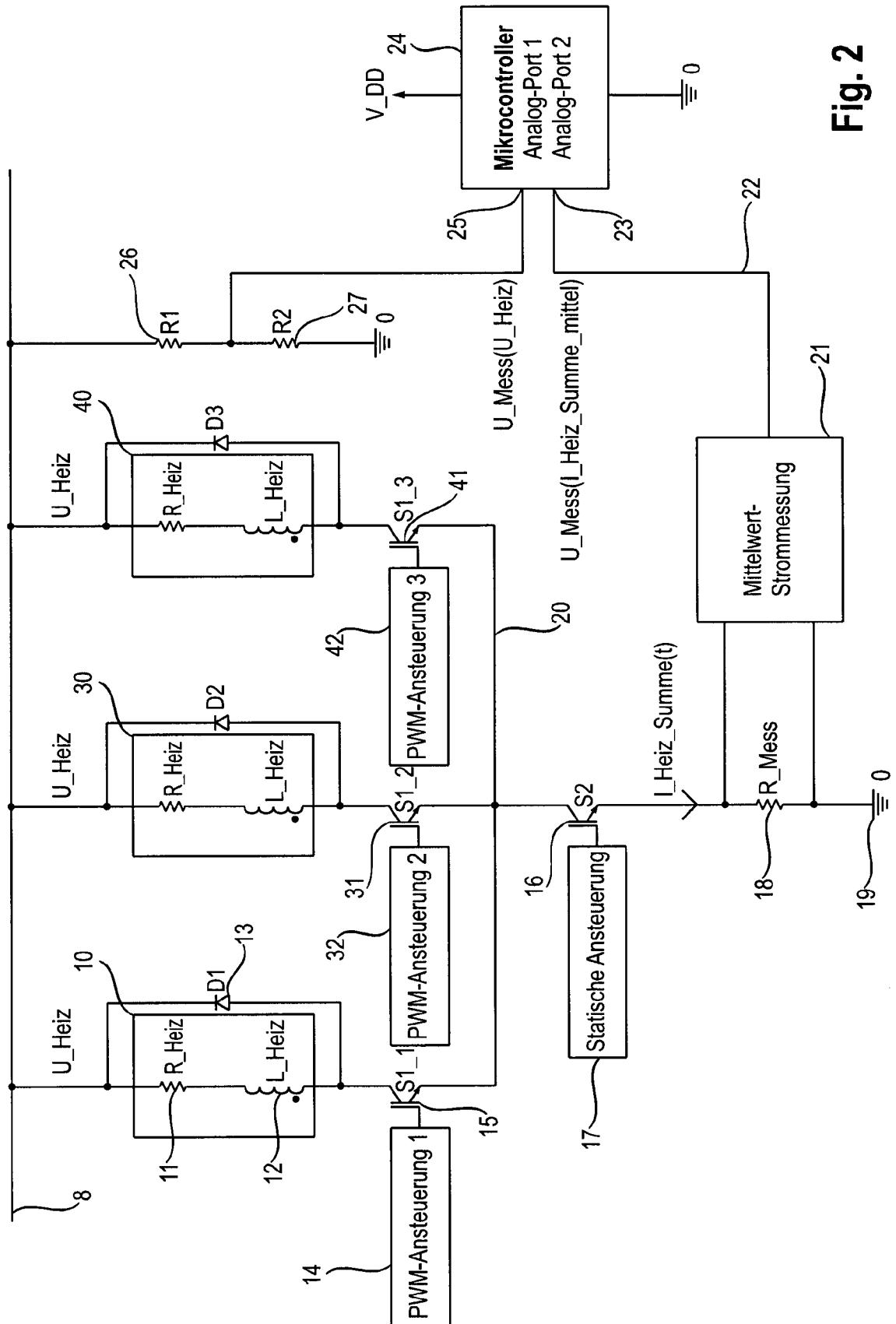


Fig. 2

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 102013103433 A1 [0002]
- EP 2768276 A1 [0003]
- WO 2012078097 A1 [0007] [0008]