



(11) **EP 2 057 657 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
10.11.2010 Patentblatt 2010/45

(51) Int Cl.:
H01H 37/76 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07786247.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2007/006500

(22) Anmeldetag: **21.07.2007**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2008/025416 (06.03.2008 Gazette 2008/10)

(54) **ELEKTRISCHER STROMKREIS MIT EINER THERMISCH-MECHANISCHEN SICHERUNG**
ELECTRIC CIRCUIT COMPRISING A THERMAL-MECHANICAL FUSE
CIRCUIT ELECTRIQUE PRESENTANT UN DISJONCTEUR THERMOMECHANIQUE

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

- **PAUL, Jürgen**
76297 Stutensee (DE)
- **MERTE, Rolf**
69168 Wiesloch (DE)
- **LUPPOLD, Michael**
76706 Dettenheim (DE)

(30) Priorität: **01.09.2006 DE 102006041123**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
13.05.2009 Patentblatt 2009/20

(74) Vertreter: **Mommer, Niels**
Twelmeier Mommer & Partner
Westliche 56-58
75172 Pforzheim (DE)

(73) Patentinhaber: **BorgWarner BERU Systems GmbH**
71636 Ludwigsburg (DE)

(72) Erfinder:
• **DAUTH, Alexander**
75433 Maulbronn (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-B1- 1 390 219 DE-A1- 3 825 897
US-A- 3 827 014 US-A- 5 770 993

EP 2 057 657 B1

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).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen elektrischen Stromkreis, in welchem eine thermisch-mechanische Sicherung im Fehlerfall die Stromzufuhr zu einer Last unterbricht. Für solche Stromkreise besteht ein Bedarf in Automobilen. In Automobilen kommen elektrische Heizgeräte zum Einsatz, z. B. Ansaugluftvorwärmer und Zuheiz-

[0002] Ansaugluftvorwärmer sind Heizgeräte zum Vorwärmen der Ansaugluft für den Verbrennungsmotor. Durch Vorwärmen der vom Motor anzusaugenden kalten Luft verbessern sie das Verbrennungsverhalten und senken den Schadstoffausstoß und den Kraftstoffverbrauch.

[0003] Moderne Dieselmotoren und Ottomotoren mit direkter Kraftstoffeinspritzung haben einen hohen thermischen Wirkungsgrad. Das bedeutet, dass sie vergleichsweise wenig Abwärme erzeugen, mit denen der Fahrgastraum des Fahrzeuges erwärmt werden kann. Dem helfen elektrische Zuheiz- ab, die als Heizelemente zumeist PTC-Widerstände haben.

[0004] Ansaugluftvorwärmer sind z. B. aus der DE 195 15 533 C2 und der US 6,073,615 A bekannt. Zuheiz- sind z. B. in der EP 1 390 219 B1 und in der DE 100 49 030 A1 offenbart.

[0005] Es ist bekannt, den Laststrom zum Betrieb von Heizelementen solcher Heizgeräte mit Hilfe von Leistungshalbleitern zu steuern, z. B. durch ein Verfahren der Pulsweitenmodulation wiederholt zuzuschalten und wieder abzuschalten. Dabei werden bei der für Automobile typischen Bordnetzspannung von 12 Volt, 24 Volt oder zukünftig 42 Volt hohe Ströme mit Stromstärken bis in den dreistelligen Amperebereich hinein, also bis über 100 Ampere, geschaltet. Fehler im Betrieb der Heizgeräte und ihrer Steuerung können deshalb leicht zu einer lokalen Überhitzung führen. Dabei gilt es insbesondere Folgefehler, vor allem einen Brand des Heizgerätes bzw. des im Fahrzeug verlegten Kabelbaumes zu verhindern, der unmittelbar das Fahrzeug und seine Insassen gefährden kann. Solche Gefahrensituationen müssen unter allen Umständen verhindert werden. Es ist deshalb bekannt, die Leistungshalbleiter und ihre Betriebszustände elektronisch zu überwachen. Eine bekannte Möglichkeit der Überwachung besteht darin, den durch den Leistungshalbleiter fließenden Strom, also den Laststrom des Stromkreises, in dem das elektrische Heizelement liegt, zu erfassen, um einen Kurzschluss im Stromkreis zu entdecken. Der Kurzschluss kann nicht nur in der Last oder in einem Teil der Last, insbesondere in einem elektrischen Heizwiderstand, vorliegen, sondern auch in dem Leistungshalbleiter selbst, welcher zur Steuerung der Leistungsaufnahme verwendet wird.

[0006] Leistungshalbleiter mit integriertem Temperaturschutz sind bereits bekannt. Sie sind in der Lage, sich bei einer Übertemperatur, die durch einen Kurzschluss in einem Heizwiderstand oder in einer anderen Last hervorgerufen sein kann, selbsttätig abzuschalten. Es gibt sogar Leistungshalbleiter, die in der Lage sind, nicht nur

einen Kurzschluss, sondern auch weitere Fehlerzustände festzustellen, indem sie Strom und Spannung überwachen und mit Grenzwerten vergleichen. Erkennen sie auf diese Weise eine Unterspannung, eine Überspannung oder einen Überstrom, dann können sie sich selbsttätig deaktivieren.

[0007] Wenn jedoch auch die elektronische Überwachung der Leistungshalbleiter versagt, kann sie ihre Aufgabe, eine lokale Überhitzung und deren Folgefehler und Folgeschäden zu vermeiden, nicht erfüllen. Als eine Fehlerursache, die sich schwer in den Griff bekommen lässt, haben sich vorgeschädigte Leistungshalbleiter herausgestellt, deren Vorschädigung sich bei der ihre Produktion begleitenden Qualitätskontrolle nicht feststellen ließ. Es hat sich gezeigt, dass ein vorgeschädigter Leistungshalbleiter dadurch ausfallen kann, dass sein Halbleitermaterial durchlegiert, so dass es dauerhaft leitend wird und den Lastkreis dauerhaft kurzschließt. Geschieht das, dann ist der Lastkreis dauerhaft einem Strom ausgesetzt, der nur noch durch den elektrischen Widerstand der Last selbst begrenzt ist. Die Leistungsaufnahme kann mit einem in der Weise geschädigten Leistungshalbleiter nicht mehr gesteuert oder abgeschaltet werden, selbst wenn die ihn überwachende Elektronik eine zu hohe Leistung feststellt. Die überwachende Elektronik ist gegen die zu hohe Leistung machtlos, weil sich das Stromtor, der geschädigte Leistungshalbleiter, nicht mehr schließen lässt. Die Überhitzung des Leistungshalbleiters kann auf die Leiterplatte übergreifen, auf welcher sich der Leistungshalbleiter befindet, und kann das Leiterplattenmaterial überhitzen, so dass dieses toxische und/oder brennbare Gase bildet, welche die Fahrzeuginsassen und ihr Fahrzeug ebenfalls gefährden können. Eine weitere Folge kann ein Kabelbrand in der Laststromzuführung sein.

[0008] Externe Hochstromsicherungen, die zur Absicherung von Lastkreisen in Automobilen bekannt sind, sind zu träge oder nicht zuverlässig genug, um in einer elektrischen Heizeinrichtung der genannten Art rechtzeitig eine Unterbrechung des Laststromkreises herbeizuführen.

[0009] Aus der DE 38 25 897 C2 ist eine thermische Sicherung für eine Schichtschaltung, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, bekannt. Die bekannte Sicherung hat eine Feder in Gestalt eines U- oder V-förmigen Bügels, dessen zwei Schenkel zwei Lötstellen verbinden, die in einer stromführenden Leitung ausgebildet sind und darin eine Lücke begrenzen, die durch die Feder überbrückt wird. Die Leitung befindet sich auf einem Substrat, welches die zu überwachende Schichtschaltung trägt. Die Schichtschaltung befindet sich in einer gut wärmeleitenden Verbindung zu einer der beiden Lötstellen. Kommt es zu einer Überhitzung in der Schichtschaltung, erwärmt sich die Lötstelle. Bei geeigneter Wahl des Lotes erweicht das Lot, bevor der zu schützende Schaltungsteil durch Überhitzung Schaden nimmt. Nachteilig ist, dass die Feder unter einer andauernden Vorspannung steht, welche die Tendenz hat, die Schenkel der Feder von den

Lötstellen zu lösen. Diese Tendenz wird durch Vibrationen, Erwärmung und Korrosion verstärkt, so dass es zu einem unerwünschten Ansprechen der Sicherung oder zu einem Ansprechen bei zu niedriger Temperatur kommen kann. Eine solche Fehlauslösung kann nicht rückgängig gemacht werden. Die Schichtschaltung, welche durch die Sicherung abgesichert werden sollte, kann danach nicht mehr arbeiten, obwohl sie funktionsfähig wäre.

[0010] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Weg aufzuzeigen, wie ein elektrischer Stromkreis zuverlässig abgesichert werden kann, in welchem sich als Last ein oder mehrer Heizwiderstände und ein oder mehrere die Leistungsaufnahme steuernde Leistungshalbleiter befinden. Dabei soll die Absicherung vor allem für elektrische Zuheiz- und elektrische Ansaugluftvorwärmer in Automobilen geeignet sein und sich für die Absicherung von Leistungshalbleitern für den Fall ihres Durchlegierens oder für die Absicherung gegen einen Kurzschluss eines Heizelementes eignen, vorzugsweise auch für eine gemeinsame Absicherung dieser beiden Risiken. Dabei ist es wichtig, dass die Absicherung preiswert zu verwirklichen, einfach aufgebaut und leicht zu montieren ist.

[0011] Diese Aufgabe wird gelöst durch einen elektrischen Stromkreis mit den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0012] Der erfindungsgemäße elektrische Stromkreis hat

einen Anschluss für eine Stromquelle,
eine elektrische Last, welche im Fehlerfall exzessiv Wärme abgeben kann,
und eine thermisch-mechanische Sicherung, welche im Fehlerfall die Stromzufuhr zur Last unterbricht. Ein Fehlerfall liegt vor, wenn an einer Stelle im Stromkreis exzessiv Wärme erzeugt wird, z. B. an der elektrischen Last oder an einem Leistungshalbleiter. Die Stromzufuhr erfolgt über eine Zuleitung, in welcher eine Feder liegt, die zwei Enden hat, von denen wenigstens ein Ende mit einer in der Zuleitung vorgesehenen Lötstelle verlötet ist. Diese wenigstens eine Lötstelle steht unter einer von der Rückstellkraft der Feder bewirkten mechanischen Vorspannung, welche die Lötverbindung zwischen der Feder und der Lötstelle in der Zuleitung trennt, wenn das Lot schmilzt. Bei geeigneter Wahl des Lotes erweicht das Lot, bevor die zu schützende Last durch Überhitzung Schaden nehmen kann. Die vorgespannte Feder kommt von der Lötstelle frei und unterbricht dadurch die Zuleitung, in welcher der Laststrom fließt.

[0013] Erfindungsgemäß ist ein mechanisches Widerlager vorgesehen, welches wärmeleitend mit der Quelle für eine evtl. Überhitzung verbunden ist. Unter einer Quelle wird hier nicht nur ein Heizelement verstanden z. B. ein Heizwiderstand, sondern z. B. auch ein Leistungshalbleiter, an welchem durch eine Schädigung eine so hohe Verlustleistung auftreten kann, dass eine hohe, außerhalb des zulässigen Temperaturbereichs liegende

Temperatur auftritt. Das Widerlager ist so ausgebildet, dass es bei Temperaturen, die bei fehlerfreiem Betrieb am Widerlager auftreten, die Rückstellkraft der Feder aufnimmt, eine Rückstellkraft der Feder und dadurch die wenigstens eine Lötstelle entlastet, an welche die Feder gelötet ist. Das Widerlager gibt aber nach, wenn das Lot infolge einer Betriebsstörung schmilzt, so dass sich die Feder in diesem Störfall von der Lötstelle trennen kann.

[0014] Das hat wesentliche Vorteile:

- Bei fehlerfreiem Betrieb nimmt das Widerlager die Rückstellkraft oder wenigstens einen solchen Teil der Rückstellkraft der Feder auf, so dass die Feder keine Zugspannung mehr auf die wenigstens eine Lötstelle ausübt, mit welcher sie verlötet ist. Mindestens begrenzt das Widerlager die auf die Lötstelle ausgeübte Zugspannung auf einen unkritischen Wert, so dass nicht mit einem ungewollten Ansprechen der Sicherung zu rechnen ist.
- Es ist sogar möglich, mit Hilfe des Widerlagers nicht nur die Rückstellkraft der Feder aufzufangen, sondern darüber hinaus die Feder gegen die Lötstelle vorzuspannen, so dass die Feder unter der Einwirkung des Widerlagers an der Lötstelle nicht nur nicht zieht, sondern sogar Druck auf sie ausübt.
- Fehlauslösungen der Sicherung lassen sich ausschließen.
- Die Feder, die den Stromkreis absichert, führt zwar Strom, doch beruht ihre absichernde Eigenschaft allein auf ihrem mechanischen Aufbau als Feder und auf der wärmeleitenden Verbindung der Lötstelle und des Widerlagers mit der Wärmequelle, welche im Schadensfall zu einer Überhitzung führen kann. Eine elektrische Fehlfunktion kann nicht zum Versagen der Absicherung führen.
- Die Ansprechschwelle ist im wesentlichen durch den mechanischen Aufbau und die Wärmeleitfähigkeit der Feder und durch die Zusammensetzung des Lotes bestimmt und somit einstellbar.
- Da nicht irgendein elektrischer Strom, sondern der Wärmefluss, der von dem zu überwachenden elektrischen Bauteil kommt, die Absicherung auslöst, kann jedes elektrische Bauteil, welches im Schadensfall zur Überhitzung neigt, erfindungsgemäß abgesichert werden, sowohl ein Heizwiderstand als auch ein den Heizwiderstand steuernder Leistungshalbleiter.
- Das Ansprechen einer erfindungsgemäßen Sicherung ist irreversibel, so dass von dem schadhafte elektrischen Bauteil, sei es ein Heizwiderstand oder eine Gruppe von Heizwiderständen, ein Heizweig oder ein die elektrische Leistung steuernder Leistungshalbleiter, keine weitere Gefahr mehr ausgehen kann, auch nicht nach einem Neustart des Fahrzeuges.

[0015] Das Widerlager gibt der Rückstellkraft der Fe-

der spätestens dann nach, wenn an dem Widerlager selbst die Schmelztemperatur des Lotes der wenigstens einen Lötstelle oder eine Temperatur im Bereich der Schmelztemperatur des Lotes auftritt. Je nach der Richtung des Wärmeflusses und nach der Wärmeleitfähigkeit des Widerlagers verglichen mit der Wärmeleitfähigkeit der Feder und der Lötstelle kann es sein, dass die Temperatur des Widerlagers hinter der Temperatur der Lötstelle zurückbleibt. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass Lotlegierungen häufig nicht einen Schmelzpunkt, sondern ein Schmelzintervall haben, so dass es unzumutbar ist, für die Temperatur, bei welcher das Widerlager der Rückstellkraft der Feder nachgibt, so dass diese sich von der Lötstelle lösen kann, eine zu enge Beziehung zur Schmelztemperatur des Lotes anzugeben. Darüber hinaus ist es vorteilhaft, wenn das Widerlager bereits nachgiebig wird, kurz bevor die Rückstellkraft der Feder in Abwesenheit des Widerlagers ausreichen würde, die Feder von der sich erhaltenden Lötstelle abzulösen. Der Vorteil liegt darin, dass dann, wenn die Lötstelle eine Temperatur erreicht hat, bei welcher das Lot so weich oder flüssig ist, dass die Rückstellkraft der Feder die Feder von der Lötstelle trennen könnte, diese Trennung tatsächlich rasch erfolgt und nicht mehr durch einen mechanischen Widerstand von Seiten des Widerlagers verzögert wird.

[0016] Damit sich die Feder von der wenigstens einen Lötstelle trennt, muss das Lot nicht unbedingt schmelzen. Bei Annäherung an das Schmelzintervall des Lotes kommt es bereits zu einer fortschreitenden Erweichung des Lotes, so dass schon in dieser Erweichungsphase eine Trennung der Feder von der Lötstelle erfolgen kann. Das ist im Sinne einer zuverlässigen Absicherung im Überhitzungsfall von Vorteil, weswegen bevorzugt wird, dass das Widerlager der Rückstellkraft der Feder schon dann nachgibt, wenn das Lot erweicht, spätestens dann, wenn am Widerlager selbst eine Temperatur auftritt, bei welcher das Lot erweicht.

[0017] Zur Erzielung eines raschen Ansprechens der Sicherung ist es vorteilhaft, wenn das Widerlager unmittelbar auf die Feder einwirkt, und zwar vorzugsweise möglichst nahe bei der wenigstens einen Lötstelle, damit die Temperatur des Widerlagers der Temperatur der Lötstelle mit möglichst geringer Verzögerung folgen kann.

[0018] Für die Ausbildung des Widerlagers gibt es eine ganze Reihe von Möglichkeiten. Eine erste Möglichkeit besteht darin, das Widerlager aus oder unter Verwendung eines Werkstoffes zu bilden, welcher bei der Temperatur, bei welcher das Widerlager der Rückstellkraft der Feder nachgeben soll, schmilzt. Zu diesem Zweck kann das Widerlager aus einer Legierung mit entsprechend niedrigem Schmelzpunkt bestehen, der vorzugsweise etwas niedriger liegt als das Schmelzintervall des verwendeten Lotes. Z. B. kann das Widerlager aus oder unter Verwendung einer Lotlegierung gebildet sein; diese Lotlegierung könnte eine ähnliche Zusammensetzung haben wie die an der Lötstelle verwendete Lotlegierung; vorzugsweise ist ihre Zusammensetzung so gewählt,

dass ihre Schmelztemperatur bzw. ihr Schmelzintervall etwas niedriger liegt als bei dem Lot an der wenigstens einen Lötstelle.

[0019] Für das Widerlager kann auch eine solche niedrig schmelzende Legierung verwendet werden, welche bei der gewünschten Temperatur zwar noch nicht schmilzt, aber doch schon so weich wird, so dass sie unter der Rückstellkraft der Feder verformt wird und bereits dadurch das Ablösen der Feder von der Lötstelle ermöglicht.

[0020] Denkbar ist auch die Bildung des Widerlagers unter Verwendung eines Werkstoffes, welcher bei der gewünschten Temperatur sublimiert oder sich zersetzt, wenn diese Vorgänge hinreichend rasch erfolgen. Werkstoffe, die sich bei Erwärmung rasch zersetzen, sind bekannt, insbesondere organische Werkstoffe. Für das Widerlager kommen somit Kunststoffe infrage, z. B. Duroplaste, die sich im gewünschten Temperaturbereich zersetzen, thermoplastische Schmelzharze und besonders Thermoplaste, die im gewünschten Temperaturbereich erweichen oder schmelzen, z. B. Polyamide wie das Polyamid 6, Polypropylen oder wachsartiges Polyethylen mit einem Schmelzpunkt von ca. 140°C. Möglich ist auch ein Widerlager, welches aus oder unter Verwendung eines Waxes oder Paraffins gebildet ist, welches im gewünschten Temperaturbereich hinreichend erweicht oder sich sogar verflüssigt, bei normaler Betriebstemperatur aber hinreichend hart ist um die Rückstellkraft der Feder auffangen zu können. Es kommen mit Wachs oder Paraffin getränkte Materialien infrage.

[0021] Eine weitere Möglichkeit besteht darin, das Widerlager aus oder unter Verwendung eines Werkstoffes zu machen, der bei Erwärmung aus sich heraus oder unter der Einwirkung der Rückstellkraft der Feder schrumpft, z. B. ein Hartschaumstoff.

[0022] Das Widerlager muss nicht vollständig aus einem Werkstoff bestehen, welcher bei der Temperatur, die das Widerlager im fehlerfreien Betrieb annimmt, der Rückstellkraft der Feder widersteht, der Rückstellkraft aber nachgibt, wenn das Lot an der wenigstens einen Lötstelle erweicht oder schmilzt. Es kann vielmehr auch ein zusammengesetztes Widerlager zur Anwendung kommen, welches aus einem ersten Widerlager besteht, welches in der Lage ist, nachzugeben, wenn das Lot an der Lötstelle erweicht oder schmilzt, und aus einem zweiten Widerlager, welches das erste Widerlager stützt und der Rückstellkraft der Feder bis zu einer höheren Temperatur widerstehen kann als das erste Widerlager. Eine solche Weiterbildung der Erfindung ist dann besonders vorteilhaft, wenn das zweite Widerlager unter Einbeziehen des zweiten Endes der Feder gebildet ist. Mit anderen Worten: In diesem Fall ist das Widerlager - vorzugsweise unmittelbar - zwischen zwei einander gegenüberliegenden Schenkeln der Feder eingespannt, welche entgegen der Rückstellkraft der Feder durch das Widerlager auf Abstand gehalten werden. Jeder der zwei Schenkel der Feder ist in Verbindung mit einer ihm zugeordneten Lötstelle zugleich ein Widerlager für den ge-

genüberliegenden Schenkel derselben Feder. Am einfachsten verwirklicht man eine solche Weiterbildung der Erfindung mit einer Feder, die so gebogen ist, dass sie, wenn das Widerlager zwischen Schenkel eingefügt ist, eine U-förmige oder V-förmige Gestalt hat. Entfernt man das Widerlager aus einer solchen Feder, nähern sich die beiden Schenkel der Feder einander an und können auch federnd zusammentreffen, so dass die Feder selbst dann noch vorgespannt ist.

[0023] Die Feder kann aus einem Federdraht gebogen sein. Vorzugsweise besteht sie jedoch aus einem Streifen eines Federblechs. Das ist für die Herstellung der Feder und das Fixieren des Widerlagers zwischen zwei Schenkeln der Feder günstig.

[0024] Eine Feder, bei welcher zwischen zwei Schenkeln ein Widerlager eingespannt ist, ist besonders gut geeignet, um gleichzeitig zwei getrennte elektrische Bauteile oder Baugruppen abzusichern, von denen die eine, z. B. ein Heizwiderstand, einer ersten Lötstelle und das andere Bauteil, z. B. ein Leistungshalbleiter, einer zweiten Lötstelle zugeordnet ist. Die Ansprechgeschwindigkeit ist um so kürzer, je näher das jeweilige Bauteil bzw. die jeweilige Baugruppe, die im Fehlerfall überhitzen kann, der ihr zugeordneten Lötstelle liegt und je besser die Wärmeleitfähigkeit auf dem Verbindungsweg dorthin ist. Vorzugsweise liegt die Feder mit ihrer wenigstens einen Lötstelle unmittelbar in einer Laststrom führenden Zuleitung zwischen zwei solchen Bauteilen oder Baugruppen, insbesondere zwischen einem Leistungshalbleiter und einem von ihm gesteuerten elektrischen Heizer. Es besteht sogar die Möglichkeit, für die beiden Lötstellen unterschiedliche Lotlegierungen zu wählen, so dass die Lötstellen bei unterschiedlichen Temperaturen ansprechen. Das ist allerdings nur dann empfehlenswert, wenn der Unterschied zwischen den Ansprechtemperaturen nicht so groß ist, dass nur die Lötstelle mit der niedrigeren Ansprechtemperatur anspricht, gleichgültig, von welcher Seite der Feder der Wärmestrom kommt.

[0025] Für die Feder empfiehlt sich ein Werkstoff aus einer Legierung, welche die gewünschte Federeigenschaft mit guter Benetzbarkeit für das Lot und hoher elektrischer Leitfähigkeit kombiniert. Ein besonders geeignetes Beispiel ist die Legierung CuNi1Co1Si, also eine Legierung aus 1 Gew.-% Nickel, 1 Gew.-% Kobalt, weniger als 1 Gew.-% Silizium und zum Rest aus Kupfer. Mit ihrer hohen elektrischen Leitfähigkeit hat sie zugleich eine hohe Wärmeleitfähigkeit.

[0026] Das Widerlager wird vorzugsweise als Strebe ausgebildet, insbesondere als Stab oder Stift, und nimmt die Rückstellkraft der Feder in seiner Längsrichtung auf. Das Widerlager wird erst nach dem Anlöten der Feder an seine wenigstens eine Lötstelle eingesetzt. Um es zu halten, ist in wenigstens einem Schenkel der Feder eine Vertiefung eingeprägt oder ein Loch vorgesehen, um das jeweilige Ende des Widerlagers federnd zu fixieren.

[0027] Als Lot, mit welchem die Feder mit ihrer jeweiligen Lötstelle verlötet wird, eignet sich ein Weichlot. Es kommen sowohl bleihaltige als auch bleifreie Weichlote

in Frage. Besonders geeignet ist ein Lot aus der Gruppe S-Sn60Pb38Cu2 mit einer Schmelztemperatur zwischen 183°C und 190°C, S-Sn96Ag4 mit einer Schmelztemperatur von ca. 221 °C und S-Sn97Ag3 mit einer Schmelztemperatur von 221°C bis 230°C.

[0028] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den beigefügten Zeichnungen dargestellt. Gleiche oder einander entsprechende Teile sind in den Ausführungsbeispielen mit übereinstimmenden Bezugszahlen bezeichnet.

Figur 1 zeigt eine elektrische Heizeinrichtung zum Vorwärmen der Luft in einem Ansaugkanal eines Verbrennungsmotors in einer Seitenansicht mit einer erfindungsgemäß ausgebildeten thermisch-mechanischen Sicherung,

Figur 2 zeigt die Heizeinrichtung aus Figur 1 nach dem Ansprechen der Sicherung,

Figur 3 zeigt eine Heizeinrichtung wie in Figur 1, jedoch mit einer anderen Einbaulage der Sicherung,

Figur 4 zeigt die Heizeinrichtung aus Figur 3 in einer Draufsicht,

Figur 5 zeigt die Heizeinrichtung aus Figur 3 nach dem Ansprechen der Sicherung, und

Figur 6 zeigt den elektrischen Schaltplan der beiden Heizeinrichtungen.

[0029] Die in Figur 1 dargestellte Heizeinrichtung hat einen massiven Rahmen 1, welcher ein Fenster 2 umschließt, in welchem ein bandförmiger Heizleiter 3 aus Metall angeordnet ist. Der Heizleiter 3 verläuft mäanderförmig. Die Kehren 4 des Mäanders sind lediglich gestrichelt dargestellt, da sie in einem Formteil 5 liegen, in welchem sich keramische Stützkörper befinden, die den Heizleiter 3 an seinen Kehren 4 stützen. Zwei solche Formteile 5 sind in zwei einander gegenüberliegenden Ausschnitten 6 und 7 des Rahmens 1 angeordnet.

[0030] Das eine Ende 3a des Heizleiters 3 ist mit dem Rahmen 1 verbunden und liegt auf Massepotential. Das andere Ende 3b des Heizleiters 3 ist an einer Schraubklemme 9 befestigt, welche elektrisch isoliert am Rahmen 1 angebracht ist. Die Schraubklemme 9 besteht aus einer Schraube 10, welche durch den Rahmen 1 hindurchgeführt ist, aus einer auf die Schraube 10 gedrehten Mutter 11, aus einer Isolierung 12 und zwei Unterlegscheiben 13. Auf der Außenseite des Rahmens 1 ist an der Klemme 9 eine abgewinkelte Stromschiene 14 befestigt. Die Stromschiene 14 ist ein Teil der Zuleitung zum Heizleiter 3.

[0031] Seitlich am Rahmen 1 ist ein Gehäuse 15 vorgesehen, dessen Wand teilweise weggebrochen ist. In dem Gehäuse 15 befindet sich eine Steuerschaltung zur

Steuerung der Heizleistung des Heizleiters 3. Die Steuerung weist eine Leiterplatte 16 auf, welche mit einem Leistungshalbleiter 17 bestückt ist, der seine Abwärme an einen Kühlkörper 18 abgibt, welcher mit dem Rahmen 1 verschraubt ist. Dazu dient eine Schraube 19, welche Bestandteil einer zweiten, durch einen Isolator 20 elektrisch isoliert am Rahmen 1 angebrachten Schraubklemme 8 ist. Die Schraubklemme 8 dient zugleich als Anschlussklemme für eine weitere abgewinkelte Stromschiene 21, welche ebenfalls ein Bestandteil der zum Heizleiter 3 führenden Zuleitung ist. Die Stromschiene 21 wird vom Leistungshalbleiter 17 mit dem Laststrom versorgt. Zu diesem Zweck ist die Schraube 19 mittels eines den Laststrom führenden Anschlussflansches 27 mit dem Laststromausgang des Leistungshalbleiters 17 auf der Leiterplatte 16 verbunden.

[0032] Die beiden Stromschienen 14 und 21 haben jeweils ein abgekröpftes Ende 22, 23, welche einander parallel gegenüberliegen und Lötstellen für eine zu einem U-förmigen Bügel gebogene Feder 24 haben. Die Feder 24 ist aus einem Federblechstreifen gebildet. Die Enden der beiden Schenkel 24a, 24b der Feder 24 sind unter mechanischer Vorspannung mit den Lötstellen 22 und 23 verbunden. Auf diese Weise überbrückt die Feder 24 die Lücke zwischen den Stromschienen 14 und 21. Die Vorspannung 22 ist so gerichtet, dass die Schenkel 24a und 24b der Feder 24 versuchen, sich aufeinander zuzubewegen, so dass auf die Lötstellen 22 und 23 ein Zug ausgeübt wird. Die Rückstellkraft der Feder 24, welche den Zug auf die Lötstellen 22 und 23 ausübt, wird durch ein stiftförmiges Widerlager 25 aufgefangen, welches neben den Lötstellen 22 und 23 zwischen den Schenkeln 24a und 24b der Feder 24 eingespannt ist. An den Einspannstellen hat die Feder 24 zwei einander gegenüberliegende Löcher 26, welche in die beiden Schenkel der Feder 24 gebohrt oder gestanzt sind. In diesen Löchern 26 findet das stiftförmige Widerlager 25 mit konisch oder ballig ausgebildeten Enden federnd Halt.

[0033] Zur Montage der Feder 25 wird diese gespreizt zwischen die Lötstellen 22 und 23 eingeführt und verlötet. Die Spreizung wird bis zum Erkalten des Lotes aufrechterhalten. Ist die Feder 24 hinreichend abgekühlt, wird das stiftförmige Widerlager 25 eingeführt, dessen korrekter Sitz am Einrasten in die Löcher 26 leicht erkennbar ist. Nach dem Einsetzen des Widerlagers 25 wird das Werkzeug, mit welchem die Feder 24 gespreizt gehalten wurde, entfernt.

[0034] Tritt am Heizleiter 3 eine Überhitzung auf, dann pflanzt sich diese über die Schraubklemme 9 und die Stromschiene 14 zur Lötstelle 22 fort und erwärmt diese. Über die Lötstelle 22 fließt die Wärme durch die Feder 24 zum Widerlager 25. Damit eine Überhitzung rasch erkannt wird, bestehen die Schraubklemme 9, die Stromschiene 14 und die Feder 24 aus einem gut wärmeleitfähigen Werkstoff, insbesondere aus Kupfer bzw. Kupferbasislegierungen. Die Temperatur des Widerlagers 25 folgt der Temperatur der Lötstelle 22. Wenn das Lot an der Lötstelle 22 erweicht oder schmilzt, ist auch die Tem-

peratur des Widerlagers 25 soweit angestiegen, dass es der Rückstellkraft der Feder 24, deren einer Schenkel 24a durch die Lötstelle 22 nicht mehr festgehalten ist, nicht mehr widerstehen kann, weil das Widerlager 25 schmilzt, kollabiert oder auf andere Weise nachgibt. Vorzugsweise verliert das Widerlager 25 seine Widerstandsfähigkeit und entsichert die Feder 24 schon, bevor die Temperatur der Lötstelle 22 für eine Trennung der Feder 24 von der Lötstelle 22 ausreicht. Wird diese Temperatur danach erreicht, findet die Trennung ohne weitere Verzögerung statt. Der Zustand nach der Trennung ist in Figur 2 dargestellt. Der Schenkel 24a der Feder 24 hat sich von der Lötstelle 22 getrennt, der Laststrom vom Leistungshalbleiter 17 zum Heizwiderstand 3 ist dauerhaft unterbrochen.

[0035] Bei einem Versagen des Leistungshalbleiters 17, z. B. infolge eines Durchlegierens des Leistungshalbleiters 17, würde dieser vermehrt Abwärme erzeugen, welche vor allem über den Kühlkörper 18 zur Schraube 19 und weiter über die Stromschiene 21 zur Lötstelle 23 gelangt. Die Schraube 19 und die Stromschiene 21 bestehen ebenfalls vorzugsweise aus Kupfer oder einer Kupferbasislegierung. Die Lötstelle 23 wird erhitzt, die Temperatur des stiftförmigen Widerlagers 24 folgt der Temperatur der Lötstelle 23 und es kommt schließlich zu einem Kollabieren des Widerlagers 24 und in weiterer Folge durch Erweichen oder Schmelzen des Lotes an der Lötstelle 23 zu einer Trennung des Schenkels 24b der Feder 24 von der Lötstelle 23. Die thermisch-mechanische Sicherung, die durch die Feder 24 in Verbindung mit dem stiftförmigen Widerlager 25 gebildet ist, schützt demnach die Heizeinrichtung zweifach, nämlich gegen eine Überhitzung, die vom Heizleiter 3 ausgeht, ebenso wie gegen eine Überhitzung, die vom schadhafte Leistungshalbleiter 17 ausgeht.

[0036] Das in den Figuren 3 bis 5 dargestellte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem in den Figuren 1 und 2 dargestellten Ausführungsbeispiel lediglich darin, dass die Feder in einer um 90° veränderten Lage eingebaut ist. Das bedingt eine andere Gestalt der Stromschienen 14 und 21. Im übrigen sind Aufbau und Funktion in der Heizeinrichtung und ihrer Sicherung unverändert.

[0037] Die in den gezeichneten Beispielen dargestellte Sicherung kann auch in einem Zuheizer eingesetzt werden, vorzugsweise als Unterbrecher einer von einem Leistungshalbleiter zu PTC-Heizelementen führenden Zuleitung.

[0038] Bei den Leistungshalbleitern kann es sich z. B. um MOSFET-Legierungshalbleiter handeln.

[0039] Figur 6 zeigt den Schaltplan der beiden vorstehend beschriebenen Beispiele einer Heizeinrichtung. Der Stromlauf geht von einer Batterieklemme mit dem Potential + U_B durch einen Leistungshalbleiter 17, durch die Feder 24 mit ihren beiden Lötstellen 23 und 22 und durch die Last 3 - der Heizwiderstand - zu einer Masseklemme.

Bezugszahlenliste:**[0040]**

1. Rahmen
2. Fenster
3. Heizleiter, Last
- 3a. Ende
- 3b. Ende
4. Kehren
5. Formteil
6. Ausschnitt
7. Ausschnitt
8. Schraubklemme
9. Schraubklemme
10. Schraube
11. Mutter
12. Isolierung
13. Unterlegscheibe
14. Stromschiene, Teil einer Zuleitung zur Last
15. Gehäuse
16. Leiterplatte
17. Leistungshalbleiter
18. Kühlkörper
19. Schraube
20. Isolator
21. Stromschiene, Teil einer Zuleitung zur Last
22. Lötstelle
23. Lötstelle
24. Feder
- 24a. Schenkel der Feder, zweites Widerlager

24b. Schenkel der Feder, zweites Widerlager

25. Widerlager

5 26. Löcher

27. Anschlußflansch

10 Patentansprüche**1. Elektrischer Stromkreis**

- 15 - mit einem Anschluss für eine Stromquelle,
- mit einer elektrischen Last (3),
- und mit einer thermisch-mechanischen Sicherung (24, 25), welche im Fehlerfall, bei exzessiver Wärmeabgabe, die Stromzufuhr zur Last (3) unterbricht, welche über eine Zuleitung (14, 21) erfolgt, in welcher eine Feder (24) liegt, die zwei Enden hat, von denen wenigstens eines mit einer in der Zuleitung (14, 21) vorgesehenen Lötstelle (22, 23) verlötet ist;
- 20 - die wenigstens eine Lötstelle (22, 23) steht unter einer von der Rückstellkraft der Feder (24) bewirkten mechanischen Vorspannung, welche die Lötverbindung zwischen der Feder (24) und der wenigstens einen Lötstelle (22, 23) in der Zuleitung (14, 21) trennt, wenn an der Lötstelle (22, 23) das Lot schmilzt,
- 25
- 30

dadurch gekennzeichnet, dass ein mechanisches Widerlager (25) vorgesehen ist, welches wärmeleitend mit der im Fehlerfall exzessiv Wärme abgebenden Wärmequelle (3, 17) verbunden ist und bei Temperaturen, die bei fehlerfreiem Betrieb des Stromkreises am Widerlager (25) auftreten, einer Rückstellkraft der Feder (24) widersteht, aber der Rückstellkraft der Feder (24) nachgibt, wenn das Lot an der Lötstelle (22, 23) schmilzt, so dass sich die Feder (24) in diesem Fall von der wenigstens einen Lötstelle (22, 23) trennt.

- 45 **2. Stromkreis nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass** das Widerlager (25) der Rückstellkraft der Feder (24) nachgibt, wenn an ihm eine Temperatur auftritt, bei der das Lot an der wenigstens einen Lötstelle (22, 23) schmilzt.

- 50 **3. Stromkreis nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass** das Widerlager (25) schon dann nachgibt und die Rückstellkraft der Feder (24) die Lötverbindung trennt, wenn das Lot an der wenigstens einen Lötstelle (22, 23) erweicht.

- 55 **4. Stromkreis nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass** das Widerlager (25) der Rückstellkraft der Feder (24) bereits

nachgibt, wenn an ihm eine Temperatur auftritt, bei welcher das Lot an der wenigstens einen Lötstelle (22, 23) erweicht.

5. Stromkreis nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Widerlager (25) aus oder unter Verwendung eines Werkstoffs gebildet ist, welcher nachgibt, indem er schmilzt, erweicht, sublimiert, sich zersetzt, schrumpft oder sich verformt. 5
6. Stromkreis nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Widerlager (25) aus oder unter Verwendung eines Kunststoffes wie z. B. Polyethylen, Polyamid, insbesondere Polyamid 6, Polypropylen oder unter Verwendung eines Wachses gebildet ist, z. B. in Gestalt eines Wachs oder Paraffin enthaltenden Formteils. 10
7. Stromkreis nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Widerlager (25) eine Strebe ist, insbesondere ein Stab oder Stift. 15
8. Stromkreis nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich das Widerlager (25) an einem zweiten Widerlager (24a, 24b) abstützt, welches die Rückstellkraft der Feder (24) bis zu einer höheren Temperatur aufnehmen kann als das erste Widerlager (25). 20
9. Stromkreis nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich das zweite Widerlager (24a, 24b) am zweiten Ende der Feder (24) befindet, welches an einer zweiten Lötstelle (22, 23) mit der Zuleitung (14, 21) verlötet ist. 25
10. Stromkreis nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Feder (24) U-förmig oder V-förmig gebogen ist. 30
11. Stromkreis nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Feder (24) aus einem streifenförmigen Federblech besteht. 35
12. Stromkreis nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Feder (24) aus CuNi1CoSi besteht. 40
13. Stromkreis nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Lot ein Weichlot ist, insbesondere ein Weichlot aus der Gruppe S-Sn60Pb38Cu2 mit einer Schmelztemperatur zwischen 183°C und 190°C, S-Sn96Ag4 mit einer Schmelztemperatur von ca. 221 °C und S-Sn97Ag3 mit einer Schmelztemperatur zwischen 221 °C und 230°C. 45

14. Stromkreis nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** er zum Steuern der Leistungsaufnahme der Last (3) einen Leistungshalbleiter (17) aufweist und dass die Feder (24) bezüglich des Stromlaufes zwischen dem Leistungshalbleiter (17) und der Last (3) liegt. 5

15. Stromkreis nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Feder (24) auch räumlich zwischen dem Leistungshalbleiter (17) und der Last (3) liegt. 10

16. Stromkreis nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Last (3) ein Heizwiderstand ist. 15

17. Stromkreis nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** er Bestandteil einer elektrischen Heizeinrichtung zum Erwärmen der Innenraumluft eines Fahrzeugs ist. 20

18. Stromkreis nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** er Bestandteil einer elektrischen Heizeinrichtung zum Vorwärmen der Luft in einem Ansaugkanal eines Verbrennungsmotors ist. 25

19. Stromkreis nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** er Bestandteil einer elektrischen Heizeinrichtung zum Vorwärmen von Heizöl, Dieselöl oder Schweröl ist. 30

Claims

1. An electric circuit

- with a connection for a current source
- with an electric load (3)
- and with a thermal-mechanical fuse (24, 25) that in the case of failure, at an excessive heat emission, interrupts the current feed to the load (3) that is effected via a feeder (14, 21) in which is arranged a spring (24) having two ends, of which at least one is soldered to a solder point (22, 23) provided in the feeder (14, 21);
- at least one of the solder points (22, 23) is under mechanical pretension brought about by the restoring force of the spring (24), which pretension separates the soldered joint between the spring (24) and the at least one solder point (22, 23) in the feeder (14, 21) when the solder melts at the solder point (23, 24),

characterized by a mechanical support (25) which is connected in a heat-conducting manner with the heat source (3, 17), which in the case of failure is emitting excessive heat, and withstands a restoring force of the spring (24) at temperatures that occur

- at the support (25) during faultless operation of the electric circuit, but yields to the restoring force of the spring (24) when the solder at the solder point (22, 23) melts so that, in such a case, the spring (24) separates from at least one of the solder points (22, 23).
2. An electric circuit according to claim 1, **characterized in that** the support (25) yields to the restoring force of the spring (24) when it is subjected to a temperature at which the solder melts at the at least one solder point (22, 23).
 3. An electric circuit according to claim 1, **characterized in that** the support (25) already yields at the moment when the solder softens at the at least one solder point (22, 23) and the restoring force of the spring (24) separates the solder joint.
 4. An electric circuit according to any of above claims, **characterized in that** the support (25) already yields to the restoring force of the spring (24) at the moment at which it is subjected to a temperature at which the solder softens at the at least one solder point (22, 23).
 5. An electric circuit according to any of above claims, **characterized in that** the support (25) is made out of a material, or by using such a material, that yields insofar as it melts, softens, sublimates, decomposes, shrinks, or deforms.
 6. An electric circuit according to any of above claims, **characterized in that** the support (25) is made out of or by the use of a synthetic material such as, e.g., polyethylene, polyamide, especially polyamide 6, polypropylene, or by using a wax, e.g., as a formed part containing wax or paraffin.
 7. An electric circuit according to any of above claims, **characterized in that** the support (25) is a strut, in particular a rod or a pin.
 8. An electric circuit according to any of above claims, **characterized in that** the support (25) is supported by a second support (24a, 24b) that can absorb the restoring force of the spring (24) up to a higher temperature than the first support (25).
 9. An electric circuit according to claim 8, **characterized in that** the second support (24a, 24b) is positioned at the second end of the spring (24), which end is soldered to the feeder (14, 21) at a second solder point (22, 23).
 10. An electric circuit according to any of above claims, **characterized in that** the spring (24) is bent in a U- or V-shaped manner.
 11. An electric circuit according to any of above claims, **characterized in that** the spring (24) is made out of a strip-shaped spring steel sheet.
 12. An electric circuit according to any of above claims, **characterized in that** the spring is made out of CuNi1Co1 Si.
 13. An electric circuit according to any of above claims, **characterized in that** the solder is a soft solder, especially a soft solder of the group S-Sn60Pb38Cu2 having a melting temperature between 183°C and 190°C, S-Sn96Ag4 having a melting temperature of approx. 221° C and S-Sn97Ag3 having a melting temperature between 221°C to 230°C.
 14. An electric circuit according to any of above claims, **characterized in that** it comprises a power semiconductor (17) for controlling of the power input of the load (3) and that the spring (24) concerning the path of the current is arranged between the power semiconductor (17) and the load (3).
 15. An electric circuit according to claim 14, **characterized in that** the spring (24) is positioned also spatially between the power semiconductor (17) and the load (3).
 16. An electric circuit according to any of above claims, **characterized in that** the load (3) is a heating resistance.
 17. An electric circuit according to claim 16, **characterized in that** it is a component of an electric heating system for the heating of the inside air of a motor vehicle.
 18. An electric circuit according to claim 16, **characterized in that** it is a component of an electric heating system for the preheating of the air in an intake port of an internal combustion engine.
 19. An electric circuit according to claim 16, **characterized in that** it is a component of an electric heating system for the preheating of fuel oil, diesel oil or heavy oil.

Revendications

1. Circuit électrique

- avec un raccordement pour une source de courant,
- avec une charge électrique (3),
- et avec un coupe-circuit thermomécanique (24, 25) interrompant, en cas de défaillance, lors d'un dégagement de chaleur excessif, l'alimentation

en courant vers la charge (3) réalisée par une ligne d'alimentation (14, 21), dans lequel se trouve un ressort (24) possédant deux extrémités, parmi lesquelles au moins l'une est soudée avec un point de soudure (22, 23) prévu dans la ligne d'alimentation (14, 21) ;

- l'au moins un point de soudure (22, 23) est précontraint de façon mécanique, par une force de rappel du ressort (24), séparant la l'assemblage par brasage entre le ressort (24) et l'au moins un point de soudure (22, 23), lorsque le métal d'apport fond sur le point de soudure (22, 23),

caractérisé en ce qu'il est prévu un contre-appui mécanique (25), relié par conduction de chaleur à la source de chaleur (3, 17) dégageant une chaleur excessive en cas de défaillance, et résistant à la force de rappel du ressort (24) avec des températures apparaissant sur le contre-appui (25) lors d'un fonctionnement correct du circuit électrique, mais cédant à la force de rappel du ressort (24) lorsque le métal d'apport sur la soudure (22, 23) fond, de sorte que dans ce cas, le ressort (24) se sépare de l'au moins un point de soudure (22, 23).

2. Circuit électrique selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le contre-appui (25) cède à la force de rappel du ressort (24) lorsqu'il est soumis à une température faisant fondre le métal d'apport de l'au moins un point de soudure (22, 23).
3. Circuit électrique selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le contre-appui (25) cède déjà et la force de rappel du ressort (24) sépare l'assemblage par brasage lorsque le métal d'apport se ramollit sur l'au moins un point de soudure (22, 23).
4. Circuit électrique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le contre-appui (25) cède déjà à la force de rappel du ressort (24) lorsqu'il est soumis à une température faisant se ramollir le métal d'apport sur l'au moins un point de soudure (22, 23).
5. Circuit électrique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le contre-appui (25) est constitué d'un matériau ou à base d'un matériau susceptible de céder en fondant, en se ramollissant, en sublimant, en se décomposant, en rétrécissant ou en se déformant.
6. Circuit électrique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le contre-appui (25) est constitué d'une matière plastique ou à base de matière plastique, telle que par exemple du polyéthylène, du polyamide, en particulier du polyamide 6, du polypropylène ou à base de cire, par exem-

ple sous le forme d'une pièce moulée contenant de la cire ou de la paraffine.

7. Circuit électrique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le contre-appui (25) est une barre, en particulier une tige ou un goujon.
8. Circuit électrique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le contre-appui (25) s'appuie sur un deuxième contre-appui (24a, 24b), capable de recevoir la force de rappel du ressort (24) jusqu'à une température plus élevée que le premier contre-appui (25).
9. Circuit électrique selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** le deuxième contre-appui (24a, 24b) se trouve à la deuxième extrémité du ressort (24), qui est soudée avec la ligne d'alimentation (14, 21) en un deuxième point de soudure (22, 23).
10. Circuit électrique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le ressort (24) est courbé en forme de U ou de V.
11. Circuit électrique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le ressort (24) est constitué d'une tôle élastique en forme de bande.
12. Circuit électrique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le ressort (24) est constitué de CuNi1CoSi.
13. Circuit électrique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le métal d'apport est un métal d'apport tendre, en particulier un métal d'apport tendre du groupe comprenant le S-Sn60Pb38Cu2, avec une température de fusion entre 183°C et 190°C, le S-Sn96Ag4, avec une température de fusion d'environ 221°C, et le S-Sn97Ag3, avec une température de fusion entre 221°C et 230°C.
14. Circuit électrique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comporte un semi-conducteur de puissance, pour la commande de la puissance d'alimentation de la charge (3), et **en ce que** le ressort (24) se trouve entre le semi-conducteur de puissance (17) et la charge (3) par rapport au sens du courant.
15. Circuit électrique selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** le ressort (24) se trouve spatialement également entre le semi-conducteur de puissance (17) et la charge (3).
16. Circuit électrique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la charge (3) est

une résistance chauffante.

17. Circuit électrique selon la revendication 16, **carac-**
térisé en ce qu'il fait partie d'un dispositif de chauf- 5
fage électrique, destiné au chauffage de l'air à l'in-
térieur d'un véhicule.
18. Circuit électrique selon la revendication 16, **carac-**
térisé en ce qu'il fait partie d'un dispositif de chauf- 10
fage électrique pour le préchauffage de l'air dans un
canal d'aspiration d'un moteur à combustion.
19. Circuit électrique selon la revendication 16, **carac-**
térisé en ce qu'il fait partie d'un dispositif de chauf- 15
fage électrique pour le préchauffage de fioul, de ga-
zole ou de fioul lourd.

20

25

30

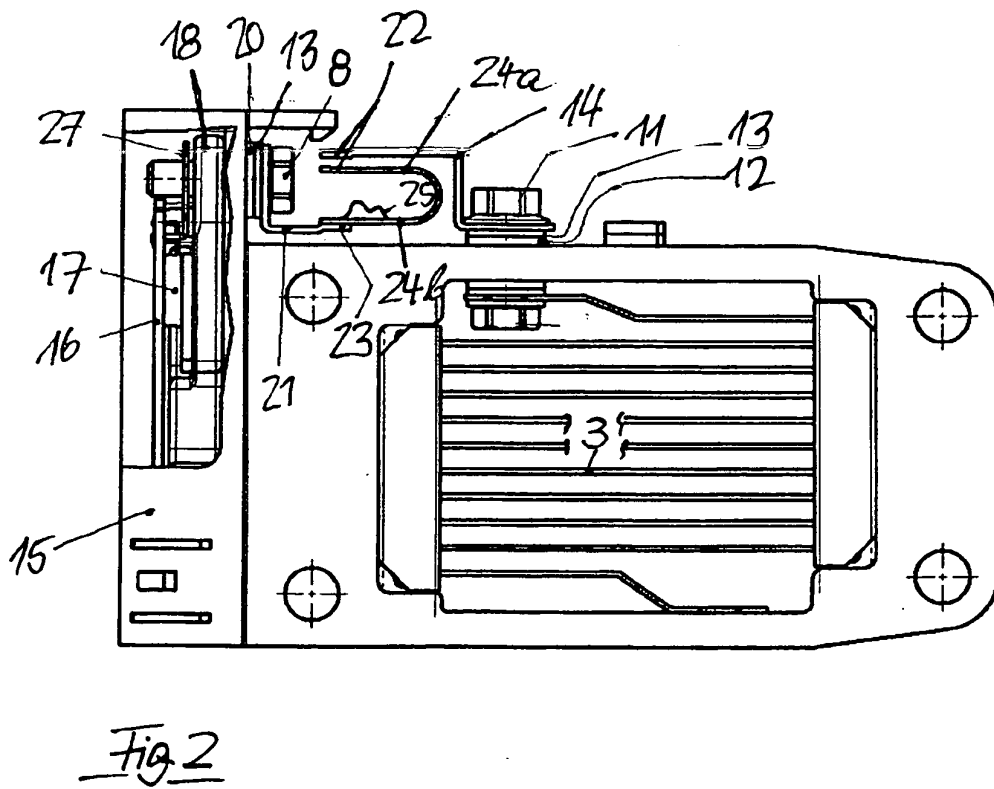
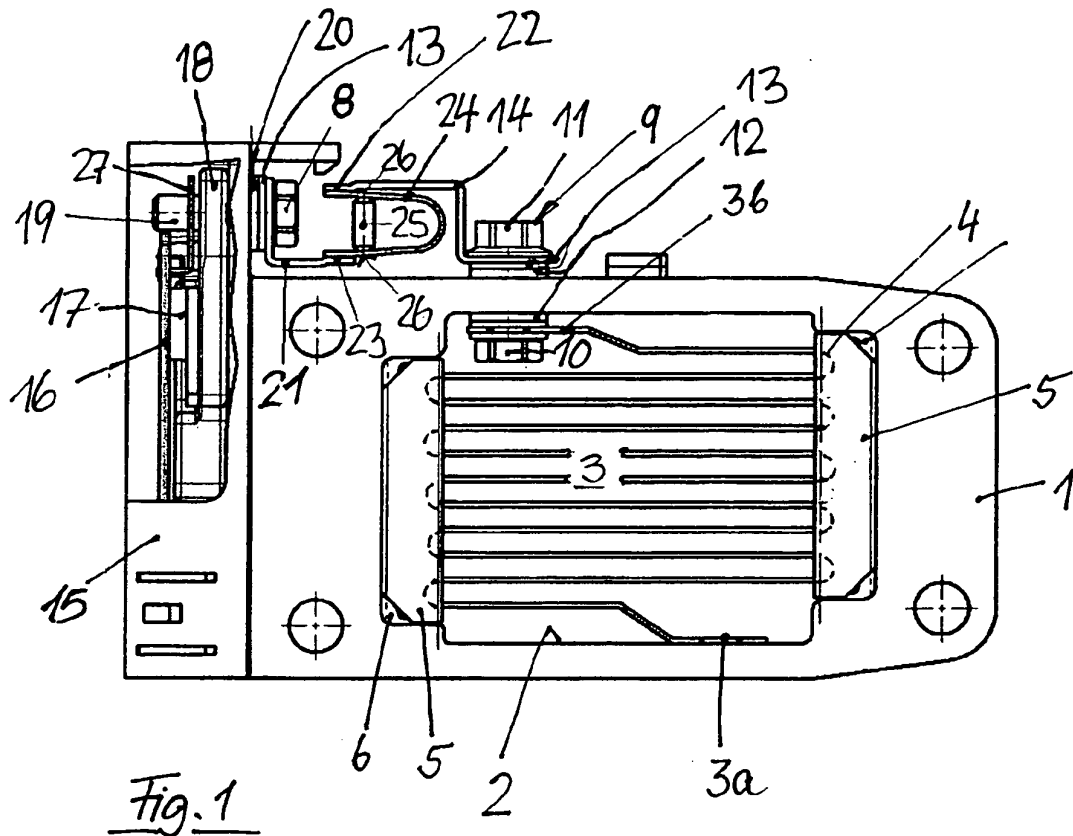
35

40

45

50

55



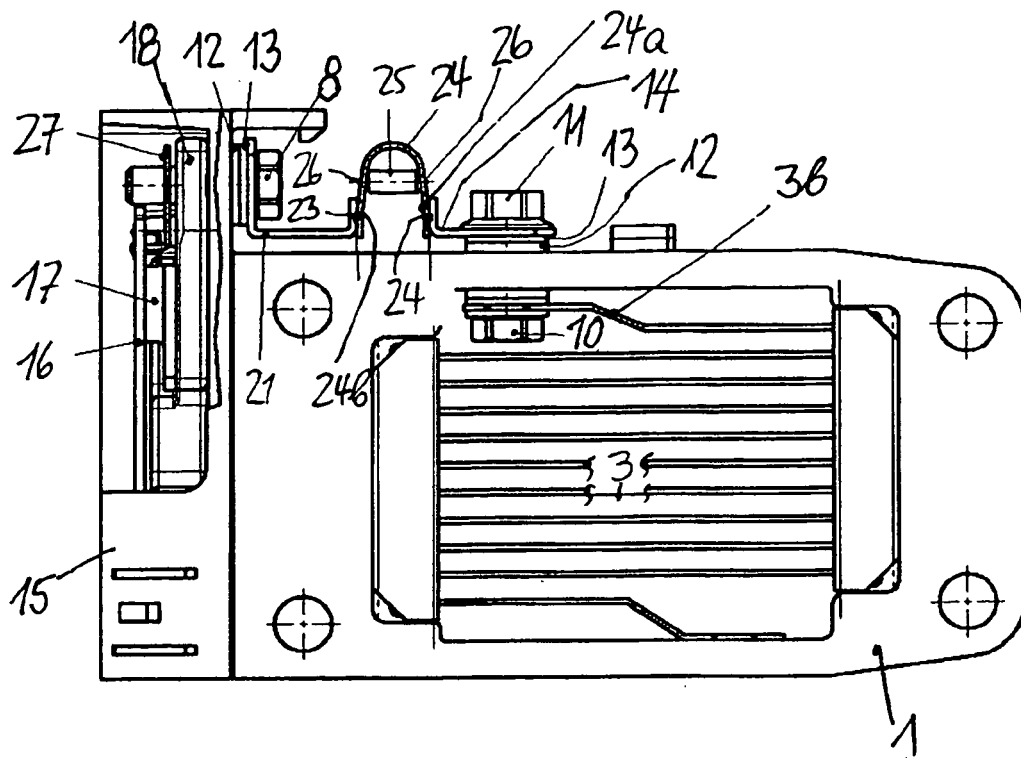


Fig. 3

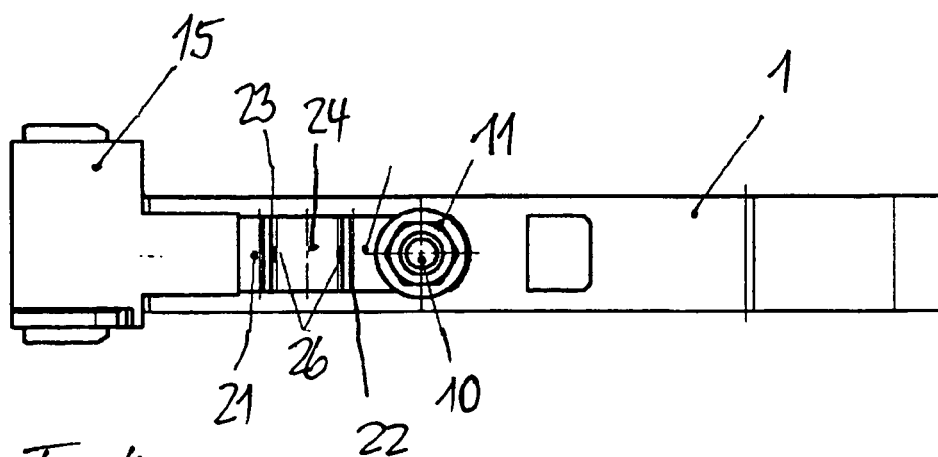


Fig. 4

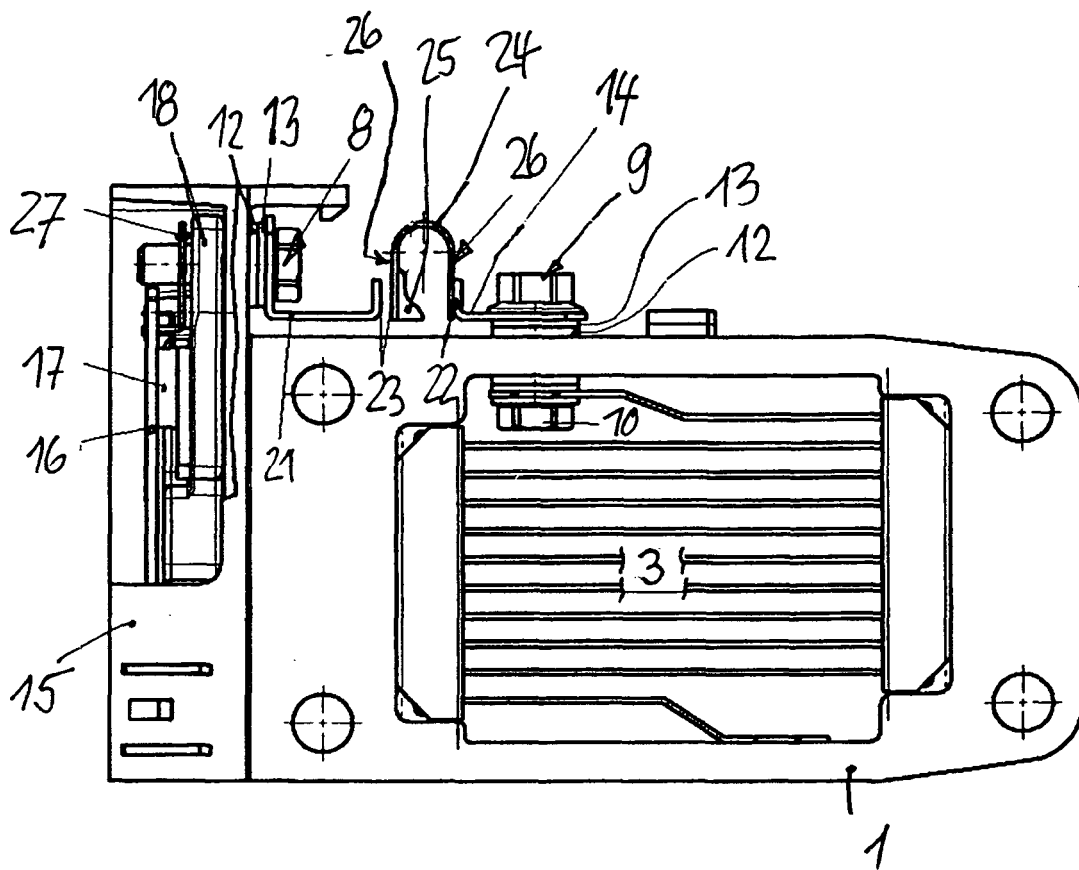


Fig. 5

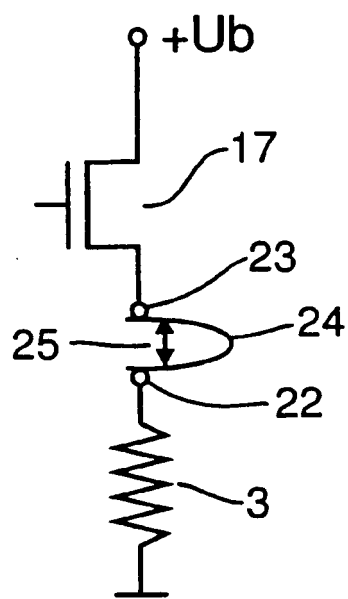


Fig. 6

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 19515533 C2 [0004]
- US 6073615 A [0004]
- EP 1390219 B1 [0004]
- DE 10049030 A1 [0004]
- DE 3825897 C2 [0009]