

(19)



(11)

EP 2 484 494 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
08.08.2012 Patentblatt 2012/32

(51) Int Cl.:
B25B 21/00 (2006.01) B25F 5/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11009876.1**

(22) Anmeldetag: **15.12.2011**

(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**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(72) Erfinder: **Fuchs, Martin**
73240 Wendlingen (DE)

(74) Vertreter: **Bregenzer, Michael**
Patentanwälte
Magenbauer & Kollegen
Ploching Strasse 109
73730 Esslingen (DE)

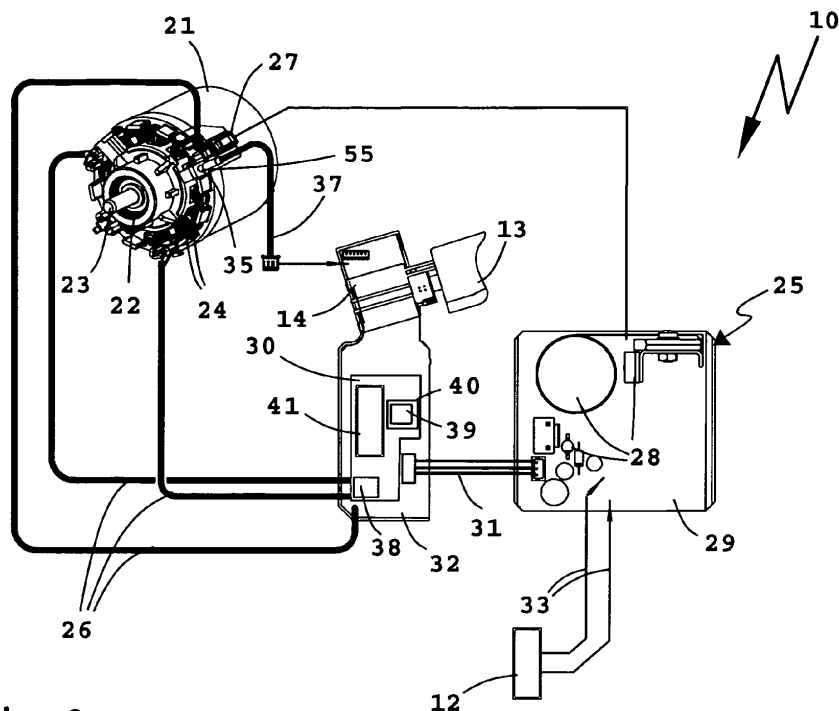
(30) Priorität: **03.02.2011 DE 102011010224**

(71) Anmelder: **Festool GmbH**
73240 Wendlingen (DE)

(54) **Hand-Werkzeugmaschine mit einem temperaturabhängigen Sensor**

(57) Die Erfindung betrifft eine Hand-Werkzeugmaschine (10), insbesondere ein elektrisches Schraubgerät (50), mit einer Steuerungseinrichtung (30) zur Steuerung eines mit einem temperaturabhängigen Sensor (35), insbesondere einem Widerstand (55), versehenen Elektromotors (15) in Abhängigkeit von durch den temperaturabhängigen Sensor (35) ermittelten Temperatur-Istwerten (Tist), wobei die Steuerungseinrichtung (30) Ab-

schaltmittel (38) zum Abschalten des Elektromotors (15) anhand eines Vergleichs des jeweiligen Temperatur-Istwerts (Tist) mit einem Temperatur-Abschaltgrenzwert (TA) aufweist. Bei der Hand-Werkzeugmaschine (10) ist vorgesehen, dass die Steuerungseinrichtung (30) zu einer Korrektur des Temperatur-Abschaltgrenzwerts (TA) in Abhängigkeit von einem Verlauf der Temperatur-Istwerte (Tist) ausgestaltet ist.

**Fig.3****EP 2 484 494 A2**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Hand-Werkzeugmaschine, insbesondere ein elektrisches Schraubgerät, mit einer Steuerungseinrichtung zur Steuerung eines mit einem temperaturabhängigen Sensor, insbesondere einem Widerstand, versehenen Elektromotors in Abhängigkeit von durch den temperaturabhängigen Sensor ermittelten Temperatur-Istwerten, wobei die Steuerungseinrichtung Abschaltmittel zum Abschalten des Elektromotors anhand eines Vergleichs des jeweiligen Temperatur-Istwerts mit einem Temperatur-Abschaltgrenzwert aufweist.

[0002] Ein elektrischer Motor einer Handwerkzeugmaschine, beispielsweise eines Schraubgerätes, aber auch ein elektrischer Motor eines sonstigen elektrischen Gerätes, beispielsweise eines Staubsaugers, soll beim Betrieb nicht überhitzen, damit es nicht zu Beschädigungen kommt. Zur Ermittlung der Motortemperatur werden in der Regel temperaturabhängige Widerstände als Sensoren verwendet. Die üblichen Sensoren, insbesondere sogenannte Kaltleiter-Widerstände (PTC), haben stark nicht lineare temperaturabhängige Kennlinien. Bei Erreichen einer bestimmten Temperatur steigt der Widerstandswert des Kaltleiters extrem an, worauf die Steuerungseinrichtung den Elektromotor abschaltet, so dass dieser abkühlen kann. In der Regel ist die Hand-Werkzeugmaschine dann für eine gewisse Zeit nicht nutzbar. Eine typische Kennlinie eines Kaltleiters ist in Figur 2a dargestellt. Bei einem Kaltleiter können in der Regel jedoch keine genauen Temperaturen gemessen werden. Der Temperatur-Abschaltgrenzwert wird empirisch anhand einiger Versuche ermittelt.

[0003] Bei einem so genannten Heißleiter-Widerstand (NTC), der auch als Sensor verwendbar ist, ist die Kennlinie zwar nicht ganz, aber doch im Wesentlichen linear, was exemplarisch in Figur 2b dargestellt ist. Wenn der Heißleiter-Widerstand am Elektromotor z.B. ungünstig eingebaut ist, repräsentieren die vom beispielsweise als Heißleiter ausgestalteten Sensor ermittelten Ist-Temperaturwerte nicht die tatsächliche, höhere Temperatur des Elektromotors, sondern eine niedrigere Temperatur, so dass die Steuerungseinrichtung den Elektromotor nicht rechtzeitig abschaltet und der Elektromotor überhitzt. Die Ist-Temperaturwerte laufen der tatsächlichen Temperatur des Elektromotors in diesem Beispiel hinterher. Wenn beispielsweise ein Schraubgerät, zum Beispiel ein Akku-Schrauber, aufgrund eines starken Widerstands blockiert, fließt ein großer Strom durch den Elektromotor, wodurch dieser sich in kurzer Zeit stark erhitzt. Der Heißleiter jedoch kann aufgrund seiner "Trägheit", eines ungünstigen Wärmefflusses zu ihm hin oder dergleichen, die hohe Temperatur nicht schnell genug erfassen, so dass die Steuerungseinrichtung den Elektromotor nicht abschaltet. Der Elektromotor kann zerstört werden.

[0004] Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine verbesserte Temperaturabschaltung eines Elektromotors bereitzustellen.

[0005] Zur Lösung der Aufgabe ist bei einer Hand-Werkzeugmaschine der eingangs genannten Art vorgesehen, dass die Steuerungseinrichtung zu einer Korrektur des Temperatur-Abschaltgrenzwerts in Abhängigkeit von einem Verlauf der Temperatur-Istwerte ausgestaltet ist.

[0006] Ein Grundgedanke der Erfindung ist es, den Temperatur-Abschaltgrenzwert dynamisch anzupassen, so dass die jeweilige maschinentypische, d.h. z.B. von weiteren Parametern abhängige, Kennlinie des Sensors Eingang in den Abschaltgrenzwert findet. Diese Kennlinie hängt nicht nur von den elektrischen Eigenschaften des Sensors, beispielsweise des Heißleiters, ab, sondern auch beispielsweise von der Einbauposition des Sensors am Elektromotor oder bezüglich des Elektromotors, dessen Bauweise und dergleichen. Obwohl der Sensor, beispielsweise der Heißleiter, eine gewisse "Erfassungsträgheit" hat, d.h. dass die von ihm ermittelten Temperatur-Istwerte nicht der tatsächlichen Temperatur des Elektromotors entsprechen, können, kann ein relativ hoher Temperatur-Abschaltgrenzwert zugelassen werden, so dass der Elektromotor und somit die Hand-Werkzeugmaschine bis zur jeweiligen Leistungsgrenze genutzt werden kann. Der Elektromotor schaltet also nicht "zu früh" ab, sondern kann seine maximale Leistung abgeben, was insbesondere bei Schraubgeräten vorteilhaft ist. Dennoch schaltet die erfindungsgemäße Steuerungseinrichtung den Elektromotor rechtzeitig ab, bevor er überhitzt.

[0007] Vorzugsweise ist vorgesehen, dass die Steuerungseinrichtung den Temperatur-Abschaltgrenzwert abhängig von einem den jeweiligen Gradienten einer Verlaufskurve der Temperatur-Istwerte repräsentierenden Ist-Gradienten verändert. Somit kann also die Steuerungseinrichtung auf die "Dynamik" der Verlaufskurve reagieren. Wenn also ein relativ geringer Temperaturanstieg (kleiner Ist-Gradient) zu beobachten ist, kann der Temperatur-Abschaltgrenzwert verhältnismäßig hoch sein. Steigt die Temperatur jedoch rasch und steil an, handelt die Steuerungseinrichtung sozusagen und senkt den Temperatur-Abschaltgrenzwert ab.

[0008] Eine Variante der Erfindung kann jedoch auch vorsehen, dass die Steuerungseinrichtung beispielsweise den Verlauf der Temperatur-Istwerte mit einer oder mehreren Kurven vergleicht, die beispielsweise bei oder in der Steuerungseinrichtung oder einem ihr zugeordneten Speicher abgespeichert sind. Der jeweiligen gespeicherten Kurve kann beispielsweise jeweils ein Temperatur-Abschaltgrenzwert zugeordnet sein, so dass die Steuerungseinrichtung selbstständig einen "idealen" Temperatur-Abschaltgrenzwert, der zu dem aktuellen Verlauf der Temperatur-Istwerte "passt", ermitteln kann.

[0009] Wenn die Steuerungseinrichtung zur Korrektur des Temperatur-Abschaltgrenzwerts anhand einer Gradientenüberwachung ausgestaltet ist, ist es vorteilhaft, wenn sie den Temperatur-Abschaltgrenzwert anhand eines Vergleichs

des Ist-Gradienten-Werts mit mindestens einem Maximal-Gradientenwert ermittelt, der einen maximal zulässigen Anstieg oder Abfall der Temperatur-Istwerte repräsentiert. Wenn also die Steigung der Temperatur-Istwerte zu- oder abnimmt, korrigiert die Steuerungseinrichtung den Temperatur-Abschaltgrenzwert.

[0010] Bevorzugt ist dabei vorgesehen, dass die Steuerungseinrichtung den Temperatur-Abschaltgrenzwert anhand eines Vergleichs des Ist-Gradienten-Werts mit mindestens einem Maximal-Gradientenwert ermittelt, der einen maximal zulässigen Anstieg und/oder Abfall der Temperatur-Istwerte repräsentiert. Das bedeutet, dass beispielsweise zwei Maximal-Gradientenwerte vorhanden sind, einer für den zulässigen Anstieg und ein weiterer für den zulässigen Abfall der Temperatur-Istwerte.

[0011] Es ist zwar, wie oben angedeutet, möglich, dass die Steuerungseinrichtung nur einen oder zwei Maximal-Gradientenwerte zum Vergleich mit dem Ist-Gradientenwert heranzieht. Es ist aber auch möglich, dass die Steuerungseinrichtung den Temperatur-Abschaltgrenzwert anhand eines Vergleichs mit mehreren Gradientenwerten vergleicht, beispielsweise mit von den Temperatur-Istwerten abhängigen Gradientenwerten. Diese Gradientenwerte können beispielsweise in einer Tabelle enthalten sein, anhand einer Formel ermittelt werden oder dergleichen. Somit wird also nicht von einem konstanten Maximal-Gradientenwert ausgegangen, sondern von einem variablen oder einer Reihe von mehreren Gradientenwerten, die als Vergleichsbasis zum Vergleich mit dem Ist-Gradientenwert dienen.

[0012] Die Steuerungseinrichtung kann den Temperatur-Abschaltgrenzwert auf vielfältige Weise erfindungsgemäß korrigieren, beispielsweise, wenn der Ist-Gradienten-Wert den oder die Maximal-Gradientenwerte überschreitet oder unterschreitet. Eine Korrektur kann beispielsweise vorsehen, dass die Steuerungseinrichtung den Temperatur-Abschaltgrenzwert anhand eines Korrekturwertes verändert. Der Korrekturwert kann ein konstanter Korrekturwert sein, aber auch ein variabler Korrekturwert. Beispielsweise kann ein variabler Korrekturwert vom Ist-Gradientenwert, von den Temperatur-Istwerten oder dergleichen abhängen. Weiterhin ist es möglich, dass die Steuerungseinrichtung den Temperatur-Abschaltgrenzwert anhand einer Formel berechnet, beispielsweise einer Formel, die den Ist-Gradientenwert enthält.

[0013] Die Formel kann beispielsweise lauten:

$$T_{Aneu} = T_{Aakt} - (G_{Rist} * Korr) \quad \text{---(1)---}$$

wobei:

- T_{Aneu} der neue (zu berechnende) Temperatur-Abschaltgrenzwert,
- T_{Aakt} der aktuelle (noch nicht korrigierte) Temperatur-Abschaltgrenzwert,
- G_{Rist} der Ist-Gradientenwert und
- $Korr$ ein Korrekturwert sind.

[0014] Die Korrektur des Temperatur-Abschaltgrenzwerts kann von der Steuerungseinrichtung beispielsweise aufgrund zeitlicher Bedingungen, anhand eines Steuerbefehles oder dergleichen, vorgenommen werden. Beispielsweise kann die Hand-Werkzeugmaschine und/oder die Steuerungseinrichtung einen Schalteingang haben, über den die Steuerungseinrichtung zur Korrektur des Temperatur-Abschaltgrenzwerts angesteuert werden kann. Über diesen Schalteingang kann beispielsweise ein Lernmodus der Steuerungseinrichtung aktiviert werden, in dessen Rahmen die Steuerungseinrichtung den Temperatur-Abschaltgrenzwert korrigiert. Beispielsweise kann der Benutzer den Steuerungseingang bei einem Fall hoher Belastung der Hand-Werkzeugmaschine aktivieren, so dass sich die Steuerungseinrichtung auf diesen Fall einstellen kann, d.h. den Temperatur-Abschaltgrenzwert so einstellt, dass bei maximaler Last keine Überhitzung auftritt, zugleich aber eine hohe Leistung der Hand-Werkzeugmaschine abgerufen werden kann.

[0015] Bevorzugt sind jedoch zeitliche Bedingungen für die Korrektur des Temperatur-Abschaltgrenzwerts und/oder ein "automatisches Korrigieren":

Die Steuerungseinrichtung kann den Verlauf der Temperatur-Istwerte beispielsweise zyklisch überprüfen, um den Temperatur-Abschaltgrenzwert zu korrigieren. Der Zyklus kann ein fester Zyklus sein. Beispielsweise ist es möglich, dass die Steuerungseinrichtung nach der Erfassung einer bestimmten Anzahl von Temperatur-Istwerten, zum Beispiel 100 Temperatur-Istwerten, den Temperatur-Abschaltgrenzwert (wenn nötig) korrigiert. Wenn die Erfassung der Temperatur-Istwerte im Takt von beispielsweise 1 ms erfolgt, wird der Temperatur-Abschaltgrenzwert alle 100 ms überprüft, gegebenenfalls korrigiert.

[0016] Möglich ist es auch, dass die Steuerungseinrichtung eine Zykluszeit zur zyklischen Korrektur des Temperatur-Abschaltgrenzwerts abhängig von dem jeweiligen Ist-Gradientenwert und/oder abhängig vom jeweiligen Temperatur-

Istwert ändert. Es ist beispielsweise möglich, dass die Steuerungseinrichtung bei einem relativ hohen Anstieg (oder Abfall) der Temperatur-Istwerte den Temperatur-Abschaltgrenzwert häufiger überprüft und gegebenenfalls korrigiert als bei kleineren Ist-Gradientenwerten. Es ist auch möglich, dass bei relativ hohen Temperaturen eine häufigere Korrektur des Temperatur-Abschaltgrenzwerts erfolgt als bei niedrigeren, für den Elektromotor unkritischeren Temperatur-Istwerten.

[0017] Weiterhin ist es zweckmäßig, wenn die Steuerungseinrichtung einen Filter zur Filterung und oder Glättung des Verlaufs der Temperatur-Istwerte oder des Ist-Gradientenwerts aufweist. Somit werden beispielsweise "Ausreißer" bei diesen Werten eliminiert.

[0018] Der temperaturabhängige Sensor ist zweckmäßigerweise ein NTC-Widerstand, also ein so genannter Heißleiter. Jedenfalls ist es vorteilhaft, wenn der Sensor ein temperaturabhängiger Widerstand ist. Dies bedeutet, dass beispielsweise auch ein so genannter Kaltleiter (PTC-Widerstand) zum Einsatz kommen könnte.

[0019] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine Seitenansicht einer erfindungsgemäßen Hand-Werkzeugmaschine,

Figur 2a einen Temperaturverlauf eines bei der Hand-Werkzeugmaschine nicht verwendeten Kaltleiters (PTC-Widerstands),

Figur 2b einen Temperaturverlauf eines Sensors in Gestalt eines so genannten Heißleiters (NTC-Widerstands) der bei der Hand-Werkzeugmaschine gemäß Figur 1 eingebaut ist,

Figur 3 ein Schaltbild der Hand-Werkzeugmaschine gemäß Figur 1 mit einer erfindungsgemäßen Steuerungseinrichtung,

Figur 4 einen Verlauf eines von der Steuerungseinrichtung gemäß Figur 3 korrigierten Temperatur-Abschaltgrenzwerts, und

Figur 5 ein Ablaufdiagramm, gemäß dem die Steuerungseinrichtung gemäß Figur 3 beispielsweise arbeitet.

[0020] Eine Hand-Werkzeugmaschine 10 ist als ein Schraubgerät 50 ausgestaltet, beispielsweise als ein Akku-Schraubgerät oder netzbetriebenes Schraubgerät. Beispielsweise ist ein Netzstecker 11 zum Anschluss an ein nicht dargestelltes Stromnetz und oder ein elektrischer Energiespeicher 12, zum Beispiel ein Akkupack, bei der Hand-Werkzeugmaschine 10 vorhanden.

[0021] Mit einem zum Beispiel über einen Drucktaster 13 betätigbaren Schalter 14 kann ein Elektromotor 15 ein- und ausgeschaltet werden. Ferner kann mit dem Schalter 14 die Drehzahl des Elektromotors 15 eingestellt werden. Der Elektromotor 15 treibt beispielsweise über ein nicht dargestelltes Getriebe oder direkt eine Werkzeugaufnahme 16 an, in die beispielsweise ein Schrauberbit 67 eingesteckt werden kann. Selbstverständlich können an der Werkzeugaufnahme 16 auch andere Werkzeuge eingebracht werden, zum Beispiel ein Bohrfutter 17.

[0022] Die an einem Abtrieb 60 vorgesehene Werkzeugaufnahme dreht z.B. um eine Drehachse 61.

[0023] Der Drucktaster 13 befindet sich an einem Handgriffabschnitt 18 eines Gehäuses 19 der Hand-Werkzeugmaschine 10, der der Elektromotor 15 in einem Antriebsabschnitt 20 des Gehäuses 19.

[0024] Der Elektromotor 15 weist einen Stator 21 sowie einen Rotor 22 auf, der am oder im Stator 21 drehbar gelagert ist. Eine Abtriebswelle 23 ist mit der Werkzeugaufnahme 16 bewegungsgekoppelt, zum Beispiel über ein Getriebe.

[0025] Am Stator 21 sind Erregerwicklungen 24 vorhanden, die von einer Bestromungseinrichtung 25 über Leitungen 26 mit elektrischem Strom versorgt (bestromt) werden. Die Bestromungseinrichtung 25 ist über Leitungen 33 mit einer Energiequelle (zum Beispiel dem Stromnetz) oder dem Energiespeicher 12 verbunden. Zweckmäßigerweise ist die Bestromungseinrichtung 25 mit einem am Elektromotor 15 angeordneten Drehwinkelsensor 27 verbunden. Die Bestromungseinrichtung 25 weist elektrische Komponenten 28 auf, zum Beispiel ein Kondensator, Leistungstristoren, Logikelemente und dergleichen, die auf einer Platine 29 angeordnet sind.

[0026] Zur Steuerung der Hand-Werkzeugmaschine 10, insbesondere deren Elektromotor 15, ist eine Steuerungseinrichtung 30, vorgesehen. Die Steuerungseinrichtung 30 ist über Leitungen 31 mit der Bestromungseinrichtung 25 verbunden. Die Steuerungseinrichtung 30 ist zusammen mit dem Schalter 14 auf einer Platine 32 angeordnet, wobei dies nur exemplarisch zu verstehen ist, da beispielsweise die Steuerungseinrichtung 30 mit der Bestromungseinrichtung 25 auch eine Baueinheit bilden könnte.

[0027] Der Elektromotor 15 ist beispielsweise ein elektronisch kommutierter Elektromotor, wobei das später noch beschriebene erfindungsgemäße Prinzip selbstverständlich auch bei anderen Motortypen ohne weiteres eingesetzt werden kann.

[0028] Die Steuerungseinrichtung 30 überwacht bei der Ansteuerung des Elektromotors 15 auch dessen jeweilige

Temperatur, um eine möglichst hohe, optimale Leistung des Elektromotor 15 abzurufen, so dass beispielsweise Schrauben mit großem Drehmoment eingeschraubt werden können, dennoch aber keine Überhitzung des Elektromotors 15 auftritt.

[0029] Im Bereich der Erregerwicklungen 24 ist beim Elektromotor 15 ein temperaturabhängiger Sensor 35 angeordnet. Bei dem Sensor 35 handelt es sich z.B. um einen temperaturabhängigen Widerstand 55, beispielsweise einen sogenannten Heißleiter, also um einen NTC-Widerstand, dessen Kennlinie in Figur 2b angedeutet ist. Beispielsweise hat der Sensor 35 bei einer Temperatur von -20°C einen Widerstand im Bereich von 1 Kilo-Ohm. Im Bereich von 0°C beträgt der Widerstand noch etwa 400 Ohm und nimmt dann kontinuierlich weiter ab auf ca. 100 Ohm bezogen auf 40°C. Diese beispielhafte Temperatur-Kennlinie 36 des Sensors 35 ist also im Wesentlichen linear im Vergleich zu beispielsweise einer in Figur 2a dargestellten Kennlinie 34 eines Kaltleiters (PTC-Widerstand), die im Bereich von etwa -30 °C bis ca. 95 °C niedrig ist und sich unterhalb eines Widerstandswerts von etwa 10 Kilo-Ohm befindet, dann aber sprunghaft bis zu einem Wert von etwa 80 Kilo-Ohm bei etwa 150 °C ansteigt.

[0030] Der Sensor 35 ist über eine Leitung 37 mit der Steuerungseinrichtung 30 verbunden, über die der Sensor 35 Temperatur-Istwerte Tist an die Steuerungseinrichtung 30 übermittelt. Bei den Temperatur-Istwerten Tist handelt es sich beispielsweise um Widerstandswerte. Ein beispielhafter Verlauf der Widerstandswerte bzw. der Temperatur-Istwerte Tist ist in Figur 2b dargestellt.

[0031] Abschaltmittel 38 der Steuerungseinrichtung 30 vergleichen einen jeweiligen Temperatur-Istwert Tist mit einem Temperatur-Abschaltgrenzwert TA. Wenn der Temperatur-Abschaltgrenzwert TA erreicht ist, schalten die Abschaltmittel 38 den Elektromotor 15 ab, d.h. die Erregerwicklungen 24 werden nicht mehr bestromt. Dadurch wird ein Überhitzen des Elektromotors 15 verhindert.

[0032] Der Funktionsablauf der Steuerungseinrichtung 30 verläuft also beispielsweise wie in Figur 5 dargestellt:

In einem Schritt S1 empfängt die Steuerungseinrichtung 30 einen jeweiligen Temperatur-Istwert Tist und trägt diesen in einem Schritt S2 beispielsweise in eine zweckmäßigerweise in einem Speicher 40 gespeicherten Tabelle 39 ein.

In einem Schritt S3 vergleicht die Steuerungseinrichtung 30 den Temperatur-Istwert Tist mit einem im Speicher 40 abgelegten Temperatur-Abschaltgrenzwert TA. Wenn der Temperatur-Istwert Tist kleiner als der Temperatur-Abschaltgrenzwert TA ist, kehrt die Steuerungseinrichtung 30 wieder zum Ablaufschritt S1 zurück und wartet auf den nächsten Temperatur-Istwert Tist, ruft diesen ab, oder dergleichen.

[0033] Wenn der Temperatur-Istwert Tist jedoch größer oder gleich dem Temperatur-Abschaltgrenzwert TA ist, verzweigt die Steuerungseinrichtung 30 zu einem Schritt S4 und schaltet den Elektromotor 15 für eine feste oder zweckmäßigerweise einstellbare Wartezeit TW ab. Nach Ablauf der Wartezeit TW ist der Elektromotor 15 etwas abgekühlt, so dass die Steuerungseinrichtung 30 mit dem Schritt S5 oder S1 weitermachen kann.

[0034] Die vorgenannten Schritte führt die Steuerungseinrichtung 30 regelmäßig durch, so dass die Temperatur des Elektromotors 15 nicht über ein zulässiges Maß ansteigt. Allerdings ist der Sensor 35 nicht unmittelbar im Innenbereich oder Kernbereich des Elektromotors 15 angeordnet, sondern relativ wartungsfreundlich und/oder montagefreundlich beispielsweise im Bereich von Wickelköpfen der Erregerwicklungen 24. Dadurch ist es möglich, dass der Elektromotor 15 in seinem Kernbereich schon relativ heiß wird, bevor dies sich in höheren Temperaturen im Bereich des Sensors 35 niederschlägt. Insbesondere treten rasche Temperaturanstiege dann auf, wenn der Elektromotor 15 im kurzen Zeit stark belastet wird. Wenn der Elektromotor 15 beispielsweise zunächst kalt ist und bereits dann stark belastet wird, beispielsweise weil eine zu schraubende Schraube blockiert, die zweckmäßigerweise vorhandene Drehmomentabschaltung jedoch noch nicht reagiert, kann dies zu einem sehr hohen, schnellen Temperaturanstieg des Elektromotors 15 führen. Hier schafft die Erfindung wie folgt Abhilfe:

Nach jedem Zyklus oder nach einer Reihe von Zyklen, in deren Rahmen die Schritte S1 bis S3 oder S4 durchlaufen werden, beispielsweise 100-300 Zyklen, die jeweils jede Millisekunde durchlaufen werden (beispielsweise können bei den Schritten S3 oder S4 jeweils noch Wartezeiten vorgesehen sein oder es der jeweilige Zyklus von einem Prozessor 41 der Steuerungseinrichtung 30 nur jede Millisekunde aufgerufen werden), korrigiert die Steuerungseinrichtung 30 den Temperatur-Abschaltgrenzwert TA, falls erforderlich.

[0035] Die Steuerungseinrichtung 30 inkrementiert beispielsweise nach dem Schritt S3 oder S4 oder in einem Schritt S5 einen Zykluszähler Z. Wenn der Zykluszähler Z einen vorbestimmten Wert Zmax hat, beispielsweise 100 oder 300, wenn 100 oder 300 Zyklen S1 bis S3 bzw. S1 bis S4 durchlaufen sind, ruft die Steuerungseinrichtung nach dem entsprechenden Prüfschritt S6 nicht den Schritt S1, sondern die nachfolgend beschriebene Korrekturroutine auf.

[0036] In einem Schritt S7 ermittelt die Steuerungseinrichtung 30 einen Ist-Gradientenwert GRist, der die aktuelle Steigung der Temperatur-Istwerte repräsentiert. Beispielsweise ermittelt die Steuerungseinrichtung 30 den Ist-Gradientenwert GRist anhand der Tabelle 39. Beispielsweise ist es möglich, dass die Steuerungseinrichtung 30 den Ist-Gradientenwert GRist anhand des aktuellen Temperatur-Istwerts und des diesem vorhergehenden Temperatur-Istwerts er-

mittelt. Dann wäre es ausreichend, nur den jeweils letzten Temperatur-Istwert Tist zu speichern, d.h. dass die Tabelle 39 beispielsweise nur eine einzige Zeile hätte.

[0037] Es ist aber auch möglich, dass die Steuerungseinrichtung 30 mehrere Temperatur-Istwerte Tist, die in der Tabelle 39 gespeichert sind, zur Bildung des Ist-Gradientenwerts GRist heranzieht, beispielsweise 2 oder mehrere. Dabei ist es vorteilhaft, wenn die Steuerungseinrichtung 30 beispielsweise eine Mittelwert-Bildung, eine Glättung oder eine Filterung der Temperatur-Istwerte durchführt, um "Ausreißer" der Temperatur-Istwerte zu eliminieren. Dann ist die Tabelle 39, die mehrere Temperatur-Istwerte enthält, vorteilhaft.

[0038] In einem Schritt S8 überprüft die Steuerungseinrichtung 30, ob der Ist-Gradientenwert GRist, der in Schritt S7 ermittelt worden ist, größer ist als ein Maximal-Gradientenwert GRmax, der zum Beispiel im Speicher 40 gespeichert ist.

[0039] Wenn dies nicht der Fall ist, verzweigt die Steuerungseinrichtung 30 zum Schritt S9 und setzt den Zykluszähler Z wieder auf Null zurück. Vom Schritt S9 kehrt die Steuerungseinrichtung 30 dann wieder zum Schritt S1 zurück.

[0040] Wenn jedoch der Ist-Gradientenwert größer oder gleich dem Maximal-Gradientenwert ist, verzweigt die Steuerungseinrichtung 30 vom Schritt S8 zu einem Schritt S10, in dem sie den Temperatur-Abschaltgrenzwert TA korrigiert. Beispielsweise wendet die Steuerungseinrichtung 30 dabei die Formel (1) an.

[0041] Wenn zum Beispiel zu einem Zeitpunkt t1 der Einstieg der Ist-Temperatur besonders groß war, d.h. der Ist-Gradientenwert dT1/s hoch ist, korrigiert die Steuerungseinrichtung 30 den Temperatur-Abschaltgrenzwert TA relativ stark nach unten, so dass sichergestellt ist, dass die Abschaltmittel 38 den Elektromotor 15 rechtzeitig vor einer möglichen Überhitzung abschalten.

[0042] Der weitere Temperaturanstieg ist jedoch etwas moderater, so dass die Steuerungseinrichtung 30 ab einem Zeitpunkt t2 einen kleineren Ist-Gradientenwert dT2/s ermittelt, der jedoch nach wie vor größer als der Maximal-Gradientenwert ist. Daher setzt die Steuerungseinrichtung 30 im jeweiligen Schritt S10 den Temperatur-Abschaltgrenzwert TA zwar herab, jedoch nur noch nur noch in einem geringeren Maß (Verlauf 70).

[0043] Es versteht sich, dass die Steuerungseinrichtung 30 den Temperatur-Abschaltgrenzwert TA nicht mehr herabsetzt, wenn der Ist-Gradientenwert nicht mehr größer als der Maximal-Gradientenwert ist. Ein solcher Verlauf 71 des Temperatur-Abschaltgrenzwerts TA ist in Figur 4 gestrichelt angedeutet.

[0044] Weiterhin ist es auch möglich, dass die Steuerungseinrichtung 30 den Temperatur-Abschaltgrenzwert TA auch wieder anhebt, wenn der Ist-Gradientenwert beispielsweise deutlich kleiner als der Maximal-Gradientenwert ist, insbesondere für eine bestimmte Zeitdauer. Diese Zeitdauer ist vorzugsweise durch eine Parametrisierung festlegbar oder fest programmiert. Somit kann beispielsweise zum Zeitpunkt t1 eine relativ starke Korrektur des Temperatur-Abschaltgrenzwert TA erfolgen, um eine gewisse Sicherheit zu schaffen, dass der Elektromotor 15 rechtzeitig vor einer möglichen Überhitzung abgeschaltet wird. Wenn sich dann jedoch im weiteren Verlauf bzw. Betrieb des Elektromotors 15 herausstellt, dass der Ist-Gradientenwert GRist für eine längere Zeit unterhalb der kritischen Schwelle, dem Maximal-Gradientenwert GRmax bleibt, kann die Steuerungseinrichtung 30 dementsprechend den Temperatur-Abschaltgrenzwert TA wieder anheben (Verlauf 72).

[0045] Die Steuerungseinrichtung 30 lernt also beim Betrieb des Elektromotors 15 dazu.

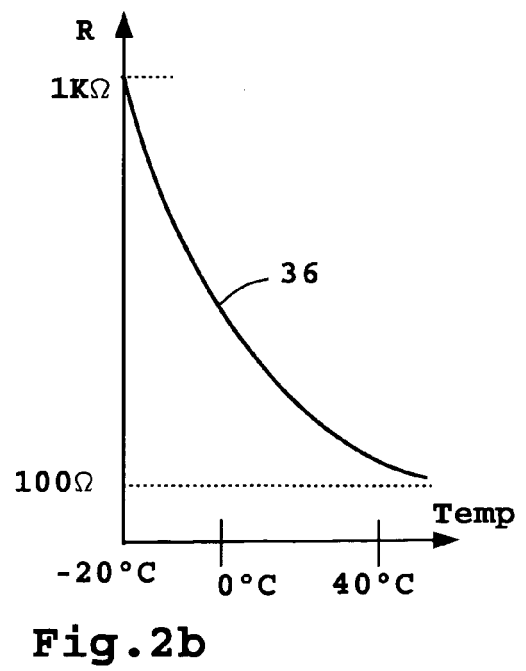
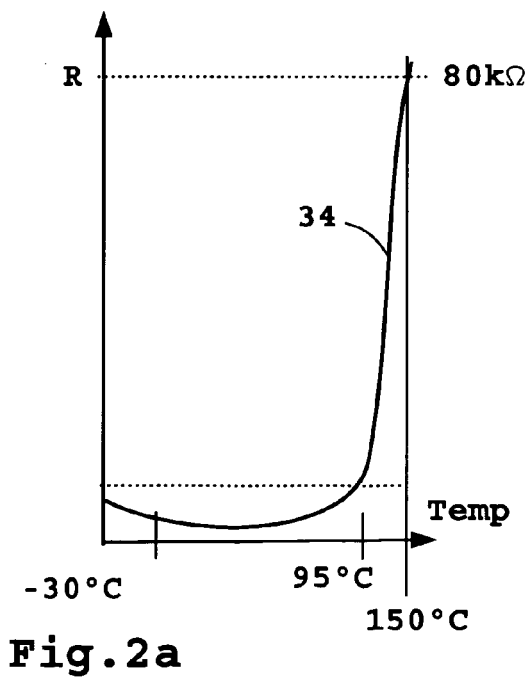
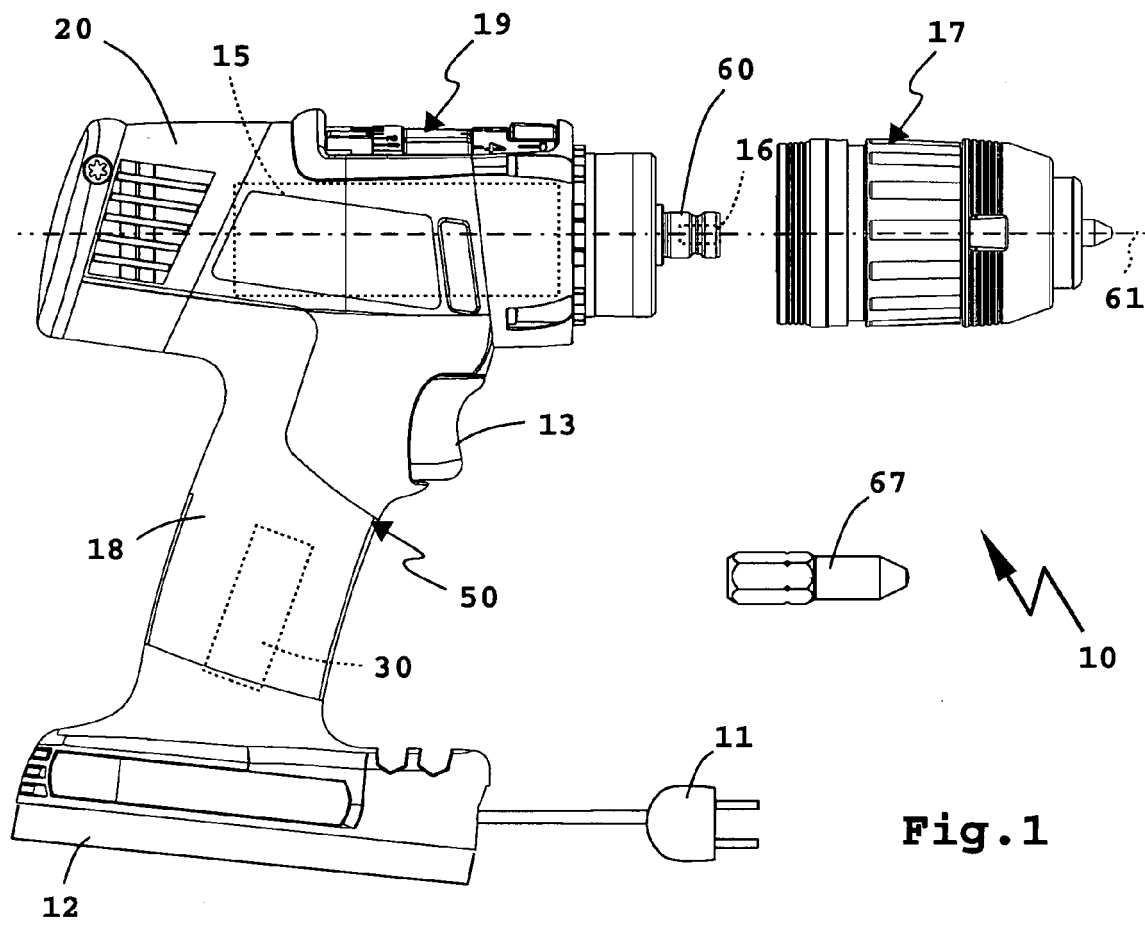
[0046] Vom Schritt S10 geht die Steuerungseinrichtung 30 wieder zum Schritt S1 zurück.

Patentansprüche

1. Hand-Werkzeugmaschine, insbesondere elektrisches Schraubgerät (50), mit einer Steuerungseinrichtung (30) zur Steuerung eines mit einem temperaturabhängigen Sensor (35), insbesondere einem Widerstand (55), versehenen Elektromotors (15) in Abhängigkeit von durch den temperaturabhängigen Sensor (35) ermittelten Temperatur-Istwerten (Tist), wobei die Steuerungseinrichtung (30) Abschaltmittel (38) zum Abschalten des Elektromotors (15) anhand eines Vergleichs des jeweiligen Temperatur-Istwerts (Tist) mit einem Temperatur-Abschaltgrenzwert (TA) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerungseinrichtung (30) zu einer Korrektur des Temperatur-Abschaltgrenzwerts (TA) in Abhängigkeit von einem Verlauf der Temperatur-Istwerte (Tist) ausgestaltet ist.
2. Hand-Werkzeugmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerungseinrichtung (30) zur Veränderung des Temperatur-Abschaltgrenzwerts (TA) abhängig von einem den jeweiligen Gradienten einer Verlaufskurve der Temperatur-Istwerte (Tist) repräsentierenden Ist-Gradientenwert (GRist) ausgestaltet ist.
3. Hand-Werkzeugmaschine nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerungseinrichtung (30) den Temperatur-Abschaltgrenzwert (TA) anhand eines Vergleichs des Ist-Gradientenwerts (GRist) mit mindestens einem Maximal-Gradientenwert (GRmax) ermittelt, der einen maximal zulässigen Anstieg und/oder Abfall der Temperatur-Istwerte (Tist) repräsentiert.
4. Hand-Werkzeugmaschine nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerungseinrichtung

(30) den Temperatur-Abschaltgrenzwert (TA) anhand eines Vergleichs des Ist-Gradientenwerts (GRist) mit von den Temperatur-Istwerten (Tist) abhängigen Gradientenwerten ermittelt.

- 5 5. Hand-Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerungseinrichtung (30) den Temperatur-Abschaltgrenzwert (TA) insbesondere bei einem Überschreiten des mindestens einen Maximal-Gradientenwerts (GRmax) durch den Ist-Gradientenwert (GRist) um einen den Gradientenwert enthaltenden Korrekturwert verändert und/oder anhand einer den Ist-Gradientenwert (GRist) enthaltenden Formel berechnet.
- 10 6. Hand-Werkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerungseinrichtung (30) den Verlauf der Temperatur-Istwerte (Tist) zur Korrektur des Temperatur-Abschaltgrenzwerts (TA) zyklisch überprüft.
- 15 7. Hand-Werkzeugmaschine nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerungseinrichtung (30) eine Zykluszeit zur zyklischen Korrektur des Temperatur-Abschaltgrenzwerts (TA) abhängig von einem oder dem jeweiligen Ist-Gradientenwert (GRist) und/oder abhängig von dem jeweiligen Temperatur-Istwert (Tist) verändert.
- 20 8. Hand-Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerungseinrichtung (30) einen Filter zur Filterung und/oder Glättung des Verlaufs der Temperatur-Istwerte (Tist) und/oder des Ist-Gradientenwerts (GRist) aufweist.
- 25 9. Hand-Werkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der temperaturabhängige Sensor (35) einen Widerstand (55), insbesondere einen NTC-Widerstand (55), bildet oder umfasst.
- 30 10. Steuerungseinrichtung (30) für eine Hand-Werkzeugmaschine (10) oder ein Sauggerät zur Steuerung eines mit einem temperaturabhängigen Sensor (35), insbesondere einem Widerstand (55), versehenen Elektromotors (15) in Abhängigkeit von durch den temperaturabhängigen Sensor (35) ermittelten Temperatur-Istwerten (Tist), wobei die Steuerungseinrichtung (30) Abschaltmittel (38) zum Abschalten des Elektromotors (15) anhand eines Vergleichs des jeweiligen Temperatur-Istwerts (Tist) mit einem Temperatur-Abschaltgrenzwert (TA) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerungseinrichtung (30) zu einer Korrektur des Temperatur-Abschaltgrenzwerts (TA) in Abhängigkeit von einem Verlauf der Temperatur-Istwerte (Tist) ausgestaltet ist.



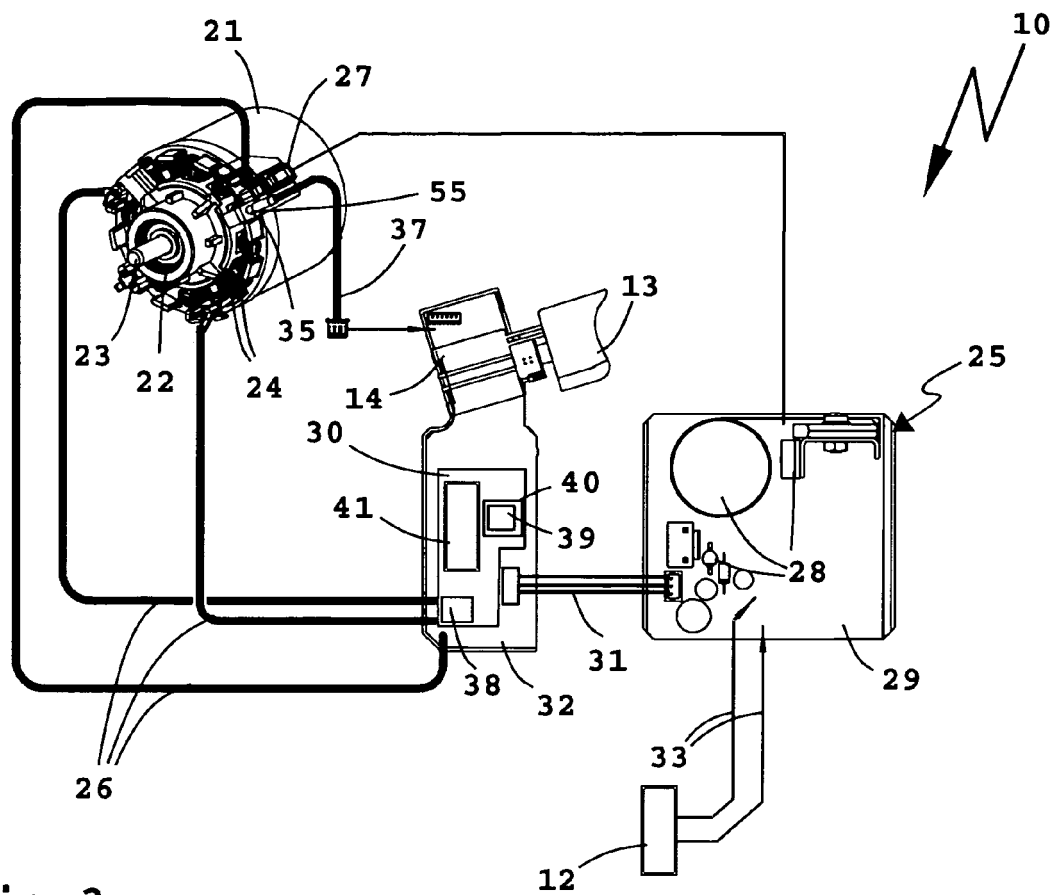


Fig. 3

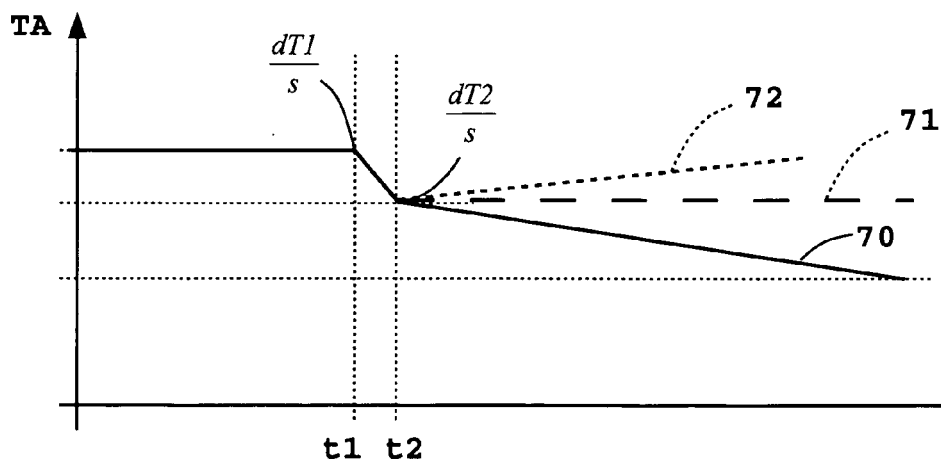
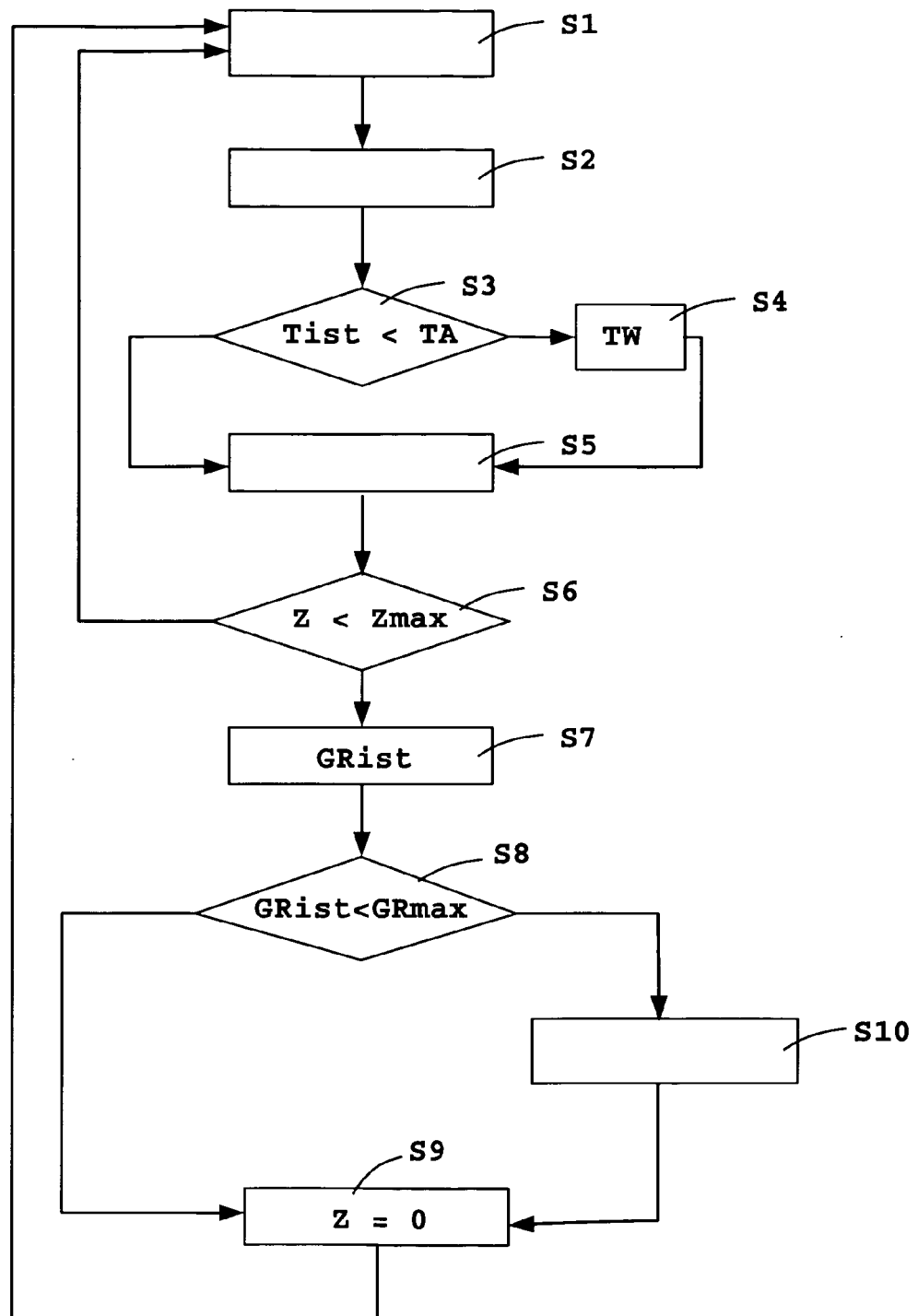


Fig. 4

**Fig.5**