

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK
AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

PATENTSCHRIFT 149 829

**Patentbibliothek
des AfEP**

Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

Int. Cl.³

(11) 149 829 (44) 29.07.81 3(51) H 01 C 17/00
(21) WP H 01 C / 219 448 (22) 05.03.80

(71) siehe (72)

(72) Fillinger, Joachim; Neukirchner, Wilhelm; Werner, Volkmar,
Dipl.-Ing.; Walther, Volkmar, Dr.-Ing., DD

(73) siehe (72)

(74) VEB Robotron, Zentrum für Forschung und Technik,
Patentabteilung, 8012 Dresden, Leningrader Straße 15, PSF 330

(54) Verfahren und Vorrichtung zum Tempern von Widerständen

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und Vorrichtung zur Stabilisierung und zum Abgleich durch Temperung mit Joulscher Wärme von Widerstandselementen, insbesondere von Schichtwiderstandsbahnen für Thermodruckköpfe. Ziel ist es, dafür kurze technologische Zeiten zu erreichen und den notwendigen Aufwand an Einrichtungen zu senken und dadurch selbst eine Zerstörung der Widerstandselemente zu verhindern. Das Wesen besteht darin, daß in das Widerstandselement ein vom Widerstandswert des Elementes abhängiger Konstantstrom bis zur zulässigen Grenzleistung eingespeist wird (steuernder Parameter ist die Elementespannung), und danach eine zunächst die gleiche Leistung erzielende Konstantspannung über das Widerstandselement angelegt wird (steuernder Parameter ist der Elementestrom). Bei Erreichung des Zielstromes wird der Tempervorgang unterbrochen. - Fig.2 -

Verfahren und Vorrichtung zum Tempern von Widerständen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Stabilisierung und zum Abgleich durch Temperung mit Joulscher Wärme von elektrischen Widerstandselementen, die aus einem Material bestehen, das unter Zuführung eines gasförmigen Mediums oder unter normaler Atmosphäre ab einer bestimmten Temperatur an seiner Oberflächenschicht reagiert und damit eine Widerstandserhöhung und/oder ein Schutz der Grundschicht eintritt.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Bisher bekannte Verfahren zur Stabilisierung und zum Abgleich von Dünnschichtwiderständen durch thermische Oxydation nach DE-AS 1465 701, DE-AS 1765 567 und DE-AS 1953 070 bestehen aus mehreren Verfahrensschritten, bei denen die auf nichtleitende Träger aufgebrachte Widerstandsschichten bei verschiedenen Drücken einer Schutzgas- bzw. Sauerstoffatmosphäre ausgesetzt werden. Die dabei erforderlichen Temperaturen der Widerstandsschichten werden teils durch externe Heizer, teils durch einen impulsartigen Stromfluß durch das Widerstandselement erzeugt.

Nachteilig an den bekannten Verfahren sind einmal die von der Normalatmosphäre abweichenden Drücke, welche besondere aufwendige Einrichtungen, sowie technologisch lange Zeiten

für den Abgleich erfordern. Diese Zeiten resultieren daraus, daß einerseits ein bestimmtes Leistungsminimum für den Beginn des Abgleiches erforderlich ist, andererseits ab einer bestimmten Leistung eine Zerstörung des Widerstandselementes erfolgt.

Ziel der Erfindung

Zweck der Erfindung ist es, Widerstandselemente durch Tempe-
rung so zu stabilisieren und abzugleichen, daß kurze techno-
logische Zeiten erreicht werden und der dazu notwendige Auf-
wand an Einrichtungen gesenkt wird.

Wesen der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrich-
tung zu schaffen, mit denen eine Stabilisierung und ein Ab-
gleich von Widerstandselementen erfolgt und dadurch selbst
eine Zerstörung der Widerstandselemente verhindert wird.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch das Verfahren dadurch
gelöst, daß in das Widerstandselement ein vom Widerstandswert
des Elementes abhängiger Konstantstrom bis zur zulässigen
Grenzleistung eingespeist wird, daß danach eine zunächst die
gleiche Leistung erzielende Konstantspannung über dem Wider-
standselement angelegt wird, daß der die Leistung steuernde
charakteristische Parameter des Widerstandselementes vor Um-
schalten auf Konstantspannung die Elementespannung U_{EL} ist,
mit der bei Überschreiten eines Grenzwertes die Umschaltung
auf Konstantspannung erfolgt und nach Umschalten auf Kon-
stantspannung der Elementestrom I_{EL} ist und daß bei Erreichen
des Zielstromes der Tempervorgang unterbrochen wird. Dadurch
wird der erfindungsgemäße Selbstschutz gegen Zerstörung er-
reicht.

Eine weitere Ausgestaltung des Verfahrens besteht darin, daß
der Übergang von Konstantstrom auf Konstantspannung stetig
aber innerhalb eines begrenzten Zeitraumes erfolgt und daß der

Tempervorgang erst nach Verlassen dieses Übergangszeitintervalls bei Erreichen des Zielstromes abgebrochen wird.

Eine weitere Ausgestaltung des Verfahrens besteht darin, daß mindestens eine Gruppe von Widerstandselementen ausgemessen wird, für diese Gruppe ein mittlerer charakteristischer Parameter, vorzugsweise die mittlere Widerstandsgröße ermittelt wird, von deren Größe abhängig das weitere gemeinsame Temperregime aller Elemente pro Gruppe vorgenommen wird, daß damit zugleich ein den Totalausfall des Widerstandselementes durch Überhitzung zeitlich vorher anzeigender Parameter, z.B. der Elementespannung, überwacht wird und derselben das Temperregime unterhalb der kritischen Parameterwerte, die den Totalausfall definieren, führt, daß der Elementewiderstand überwacht und bei Erreichung des Zielwertes in warmen Zustand der Tempervorgang unterbrochen und zwecks Temperung nun auf das nächste Widerstandselement der Gruppe weitergeschaltet wird, daß nach Temperung der gesamten Gruppe die erzielte Größe des charakteristischen Parameters im abgekühlten Zustand schrittweise für alle Elemente gemessen wird und eine Gut-/Schlecht-Auswahl anhand zulässiger Grenzen der charakteristischen Parameterwerte vorgenommen wird.

Dieser Verfahrensschritt läßt sich vorteilhaft für Schichtwiderstandsbahnen bei einem Thermodruckkopf, aufgebracht auf ein gemeinsames Substrat, anwenden. Von der Widerstandsgröße abhängig wird das weitere Temperregime (Verläufe von Elementestrom, Elementespannung oberhalb der den Tempervorgang ermöglichenden Schwelleistung und Elementeleistung) vorgenommen.

Die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, bestehend aus den Funktionsgruppen Spannungsquelle, Treiber, bei dem ein Transistor mit einem Emitterwiderstand in bekannter Weise in Reihe geschaltet sind, Stromvorwahlnetzwerk, sowie weiterhin bestehend aus Spannungsvorwahlnetzwerk, Umschalt-

netzwerk, Abschaltnetzwerk und einem Schutzwiderstand, ist dadurch gekennzeichnet, daß das durch Temperung nach höheren Widerstandswerten zuverändernde, zunächst niederohmige, Widerstandselement in Reihe mit Schutzwiderstand, dem Schalter und dem zunächst eine innere Stromquelle darstellenden Treiber geschaltet ist, ein die Eingangsgrößen Elementesollwiderstand R_{ELsoll} und die zulässige Grenzleistung P_{Grenz} verknüpfendes Spannungsvorwahlnetzwerk der zunächst die Referenzspannungsquelle darstellenden Spannungsquelle vorgeschaltet ist; der Steuerausgang A eines die Eingangsgrößen P_{Grenz} , t_{soll} und U_S verknüpfendes Stromvorwahlnetzwerkes mit dem Steuereingang E des Treibers über einen Schalter verbunden ist; das Stromvorwahlnetzwerk parallel zur Spannungsquelle und der Serienschaltung bestehend aus dem Widerstandselement, dem Schutzwiderstand, dem Schalter und dem Treiber geschaltet ist; dem Schalter ein, die Eingangsgröße I_{ELsoll} diskriminierendes, Abschaltnetzwerk zugeordnet ist; dem Schalter ein, das Weiterschaltssignal W verarbeitendes, Umschaltnetzwerk zugeordnet ist, und das Abschaltnetzwerk und das Umschaltnetzwerk miteinander verbunden sind; das durch Temperung nunmehr hochohmige Widerstandselement in Reihe mit dem Schutzwiderstand, dem Schalter und dem nunmehr einen vollleitenden Schalter darstellenden Treiber und einer nunmehr die Konstantspannungsquelle darstellenden Spannungsquelle geschaltet ist.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nun an einem Ausführungsbeispiel anhand der Zeichnungen näher erläutert werden. Dabei zeigen:

Fig. 1: den zeitlichen Verlauf der einzelnen verfahrensbestimmender Parameter

Fig. 2: eine Schaltungsanordnung für eine Gruppe von Widerstandselementen

Fig. 3: den Verlauf der Temperleistung in Abhängigkeit vom Elementewiderstand R_{EL}

Bei dem ersten Verfahrensschritt wird in das Widerstandselement ein vom Widerstandswert des Elementes abhängiger Konstantstrom eingespeist. Dieser Strom ist in seinem Wert so bemessen, daß in dem Widerstandselement eine Leistung, die oberhalb der Schwellleistung bei der der Tempervorgang möglich ist, umgesetzt wird. Mit der Widerstandserhöhung des Widerstandselementes steigt zunächst auch die umgesetzte Leistung im Widerstandselement an und beschleunigt den Tempervorgang.

Mit Erreichen der zulässigen Grenzleistung P_{Grenz} im Widerstandselement, oberhalb der eine schädliche Temperaturerhöhung den Ausfall des Widerstandselementes herbeiführen würde, (Durchoxidieren der Schicht, Schichtabhebungen, Verlust der Haftfähigkeit für nach dem Tempervorgang aufzubringende weitere Schichten), setzt der zweite Verfahrensschritt ein. Er besteht darin, daß statt Konstantstrom durch das Widerstandselement eine, zunächst die gleiche Leistung bewirkende Konstantspannung über dem Widerstandselement angelegt wird. Mit der weiteren Erhöhung des Widerstandswertes des Widerstandselementes wird dadurch die im Widerstandselement umgesetzte Elementeleistung P_{EL} (Temperatur) begrenzt oder verringert. Den Verlauf von Elementestrom I_{EL} , Elementespannung U_{EL} , Elementeleistung P_{EL} und des Innenwiderstandes R_i , des Transistors einer Treiberschaltung zeigt dabei Fig. 1.

Während des ersten Verfahrensschrittes ist die Elementespannung U_{EL} , der die Leistung steuernde Parameter des Widerstandselementes, welcher bei Erreichen eines vorgegebenen Grenzwertes über ein Netzwerk die Umschaltung auf Konstantspannung bewirkt. Nach dieser Umschaltung ist der Elementestrom I_{EL} oder steuernde Parameter, der bei Erreichen eines Zielstromes und somit eines vorgegebenen Widerstandswertes des Widerstandselementes über das Netzwerk eine Abschaltung

bewirkt. Damit ist der angestrebte Selbstschutz gegen Zerstörung erreicht. In Fig. 2 ist eine Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens dargestellt.

Die durch eine Temperung in ihrem Widerstandswert im allgemeinen nach höheren Werten zu verändernden Widerstandselemente 8, z. B. für einen Thermodruckkopf, wo sie meist in Gruppen auf einem gemeinsamen Substrat aufgebracht sind, sind in Reihe mit einem als Vorwiderstand angeordneten Schutzwiderstand 7 und einem aus einem Transistor und einem Emitterwiderstand bestehenden Treiber 3, der als innere Konstantstromquelle wirkt, geschaltet. Die Größe des Emitterwiderstandes beträgt $1/5 \dots 1/10$ des Elementewiderstandes. Diese Anordnung wird von einer einstellbaren Spannungsquelle 1 gespeist, der ein Spannungsvorwählnetzwerk 2 vorgeschaltet ist. Die Größe der Speisespannung U_S wird in Abhängigkeit vom zu erreichenden Elementewiderstand R_{EL} und der für das jeweilige Widerstandselement typischen Grenzleistung P_{Grenz} gewählt. Typische Grenzleistungen liegen im Bereich von $0,4 \dots 0,55$ W sind aber vom Schichtaufbau und der Geometrie der Widerstandselemente abhängig. Beim vorliegenden Anwendungsfall und Ausgangswerten von ca. 50Ω liegen die zu erreichenden Endwerte R_{Esoll} im Bereich von $70 \dots 80 \Omega$.

Dem zunächst als innere Stromquelle wirkenden Treiber 3 ist ein Stromvorwählnetzwerk 4, das im Ausführungsbeispiel aus einem Spannungsteiler besteht, über einen Schalter 9 vorgeschaltet. Dieses gewinnt die Referenzspannung für den zunächst als Stromquelle arbeitenden Treiber 3 aus der ihr vorgeschalteten Spannungsquelle 1. Es wird dimensioniert nach der Beziehung

$$(I) \quad W_2 = \frac{W_1}{\frac{U_S}{U_E} - 1},$$

wobei W_2 einen verstellbaren Widerstand darstellt.

Das dem Schalter 9 zugeordnete Abschaltnetzwerk 6 besteht im ausgeführten Beispiel aus einer Triggerstufe, die den Elementesollstrom I_{ELsoll} als Eingangsgröße hat und ist mit dem Umschaltnetzwerk 5 verbunden.

Mit Ansteigen des Elementewiderstandes verändert sich in einem Übergangsbereich die Funktion des Treibers 3 derart, daß der Transistor anschließend einen volleitenden Schalter darstellt und das Widerstandselement 8 nunmehr in Reihe mit dem Schutzwiderstand 7, dem Schalter 10 an der eine Konstantspannungsquelle darstellenden Spannungsquelle 1 liegt. Nachfolgend soll die Funktion erläutert werden.

Der Beginn des Temperverfahrens zur Stabilisierung und zum Abgleich von elektrischen Widerstandselementen mittels Joulscher Wärme setzt voraus, daß der Ausgangswert des Widerstandes des Elementes bekannt ist. Dieser muß also zunächst gemessen und bei einer Anordnung von Widerstandselementen in Gruppen der Mittelwert bestimmt werden. Dabei wird davon ausgegangen, daß die Elemente einer Gruppe in gemeinsamen technologischen Schritten hergestellt werden und nur eine geringe Abweichung des Ausgangswertes vorliegt.

In Fig. 3 ist die im Widerstandselement 8 umgesetzte Leistung über dem Elementenwiderstand aufgetragen. Dabei stellt das schraffierte Band den möglichen Bereich des Temperns dar. Die untere Begrenzung gibt die Mindestleistung an, bei welcher eine Reaktion der Oberfläche des Widerstandselementes 8 und damit eine Widerstandserhöhung eintritt, die obere Begrenzung die Leistung, oberhalb welcher eine Zerstörung des Widerstandselementes 8 durch Durchoxidierung der Schicht, Schichtabhebung, partielle Verdampfung des Schichtmaterials und damit Unterbrechungen oder Veränderungen der Geometrie des Elementes, eintritt. Die dargestellten Grenzen sind abhängig vom Schichtmaterial, Schichtaufbau sowie der Geometrie des Elementes.

Mit den nunmehr bekannten Parametern $R_{EL\text{Ausg.}}$ und $R_{EL\text{soll}}$ wird aus Fig. 3 so ein Temperverlauf und damit I_{EL} und U_A ausgewählt, daß der Tempervorgang mit Sicherheit anläuft, eine Zerstörung des Elementes aber bis zum Erreichen des Zielwertes nicht erfolgen kann. Eine mögliche Arbeitskurve ist in Fig. 3 verstärkt dargestellt. Dieser in Fig. 3 dargestellte Ablauf ergibt sich bei Anwendung der in Fig. 2 angegebenen Schaltung.

Die Spannungsquelle 1 wird mit Hilfe des Vorwahlnetzwerkes 2 auf die aus Fig. 3 abgelesene Spannung U_S , und der abgelesene Elementestrom I_{EL} mit Hilfe des Reglers W_2 am Stromvorwahlnetzwerk 4, eingestellt. Der Schalter 9 ist geschlossen. Zusammen mit der angelegten konstanten Spannung U_E die die Referenzspannung darstellt, wirkt der Treiber 3 als Konstantstromquelle. Der Schalter 10 verbindet das erste Widerstandselement 8 der Gruppe mit dem Stromkreis. Dieser Konstantstrom $I_{EL} = \text{const.}$ setzt in dem zunächst kalten Widerstandselement eine Leistung ein die oberhalb der erforderlichen Mindestleistung liegt. Diese Leistung steigt nach der Beziehung

$$(II) P_{EL} = I_{EL}^2 \cdot R_{EL}$$

mit der Widerstandserhöhung des Widerstandselementes an und beschleunigt damit den Tempervorgang. Die Spannung über dem Widerstandselement steigt dabei ständig an. Mit der weiteren Erhöhung des Widerstandes des Widerstandselementes nähert sich die Elementespannung U_{EL} immer mehr der Spannung der Spannungsquelle 1, wodurch der Transistor des Treibers 3 in Sättigung geht und die Kollektor-Emitterstrecke niederohmig wird. Damit stellt der Treiber 3 nunmehr einen voll leitenden Schalter dar und die beschriebene Stromquelle existiert nicht mehr. Am Widerstandselement 8 liegt somit näherungsweise die Konstantspannung U_S der Spannungsquelle 1 unter der ver-

einfachten Annahme, daß der Schutzwiderstand 7, und der Emitterwiderstand des Treibers 3 vernachlässigbar sind. Der weitere Tempervorgang verläuft nach der Beziehung

$$(III) P_{EL} = \frac{U_{EL}^2}{R_{EL}} \quad \text{was bedeutet,}$$

daß mit weiterem Ansteigen des Elementenwiderstandes die im Element umgesetzte Leistung begrenzt bzw. abgesenkt und der erfindungsgemäß angestrebte Selbstschutz gegen Zerstörung erreicht ist.

Der nunmehr durch das Widerstandselement 8 fließende Strom I_{EL} ist der charakteristische Parameter für den Widerstandswert des Elementes und bewirkt bei Erreichen des Endwertes R_{ELsoll} über das Abschaltnetzwerk 6 und den Schalter 9, daß der Tempervorgang unterbrochen wird.

Erfindungsanspruch

1. Verfahren zum Tempern von Widerständen, die aus einem Material bestehen, das unter Zuführung eines gasförmigen oder unter normaler Atmosphäre ab einer bestimmten Temperatur an seiner Oberflächenschicht reagiert und damit eine Widerstandserhöhung und/oder ein Schutz der Grundsicht eintritt, dadurch gekennzeichnet, daß in das Widerstandselement ein vom Widerstandswert des Elementes abhängiger Konstantstrom bis zur zulässigen Grenzleistung eingespeist wird, daß danach eine zunächst die gleiche Leistung erzielende Konstantspannung über dem Widerstandselement angelegt wird, daß der die Leistung steuernde charakteristische Parameter des Widerstandselementes vor Umschalten auf Konstantspannung die Elementespannung U_{EL} ist, mit der bei Überschreiten eines Grenzwertes die Umschaltung auf Konstantspannung erfolgt und nach Umschalten auf Konstantspannung der Elementestrom I_{EL} ist und daß bei Erreichen des Zielstromes der Tempervorgang unterbrochen wird.
2. Verfahren nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Übergang von Konstantstrom auf Konstantspannung stetig aber innerhalb eines begrenzten Zeitraumes erfolgt und daß der Tempervorgang erst nach Verlassen dieses Übergangszeitintervalls bei Erreichen des Zielstromes abgebrochen wird.
3. Verfahren nach Punkt 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Gruppe von Widerstandselementen ausgemessen wird, für diese Gruppe ein mittlerer charakteristischer Parameter, vorzugsweise die mittlere Widerstandsgröße ermittelt wird, von deren Größe abhängig das weitere gemeinsame Temperregime aller Elemente pro Gruppe vorgenommen wird, daß damit zugleich ein den den Totalausfall des Widerstandselementes durch Überhitzung zeitlich vorher anzeigender Parameter, z. B. der Elementespannung, überwacht wird und derselbe das Temperregime unterhalb der kritischen Parameterwerte, die den Totalausfall definie-

ren, führt, daß der Elementewiderstand überwacht und bei Erreichung des Zielwertes in warmen Zustand der Tempervorgang unterbrochen und zwecks Temperung nun auf das nächste Widerstandselement der Gruppe weitergeschaltet wird, daß nach Temperung der gesamten Gruppe die erzielte Größe des charakteristischen Parameters im abgekühlten Zustand schrittweise für alle Elemente gemessen wird und eine Gut-/Schlecht-Auswahl anhand zulässiger Grenzen der charakteristischen Parameterwerte vorgenommen wird.

4. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Punkt 1 bestehend aus den Funktionsgruppen Spannungsquelle, Treiber, bei dem ein Transistor mit einem Emitterwiderstand in bekannter Weise in Reihe geschaltet ist, Stromvorwahlnetzwerk, sowie weiterhin bestehend aus Spannungsvorwahlnetzwerk, Umschaltnetzwerk, Abschaltnetzwerk und einem Schutzwiderstand dadurch gekennzeichnet, daß das durch Temperung nach höheren Widerstandswerten zuverändernde, zunächst niederohmige, Widerstandselement (8) in Reihe mit Schutzwiderstand (7), dem Schalter (10) und dem zunächst eine innere Stromquelle darstellenden Treiber (3) geschaltet ist; ein die Eingangsgrößen Elementesollwiderstand R_{ELsoll} und die zulässige Grenzleistung P_{Grenz} verknüpfendes Spannungsvorwahlnetzwerk (2) der zunächst die Referenzspannungsquelle darstellenden Spannungsquelle (1) vorgeschaltet ist; der Steuerausgang A eines die Eingangsgrößen P_{Grenz} , t_{soll} und U_S verknüpfendes Stromvorwahlnetzwerkes (4) mit dem Steuereingang E des Treibers (3) über einen Schalter (9) verbunden ist, das Stromvorwahlnetzwerk (4) parallel zur Spannungsquelle (1) und der Serienschaltung bestehend aus dem Widerstandselement (8), dem Schutzwiderstand (7), dem Schalter (10) und dem Treiber (3) geschaltet ist; dem Schalter (9) ein, die Eingangsgröße I_{ELsoll} diskriminierendes Abschaltnetzwerk (6) zugeordnet ist; dem Schalter (10) ein, das Weiterschaltssignal W verarbeitendes, Umschaltnetzwerk (5) zugeordnet ist; und das Abschaltnetzwerk (6) und das Umschaltnetzwerk (5) miteinander verbunden sind; das durch Temperung nunmehr hochohmige Widerstandsele-

ment (8) in Reihe mit dem Schutzwiderstand (7), dem Schalter (10) und dem nunmehr einen volleitenden Schalter darstellenden Treiber (3) und einer nunmehr die Konstantspannungsquelle darstellenden Spannungsquelle (1) geschaltet ist.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

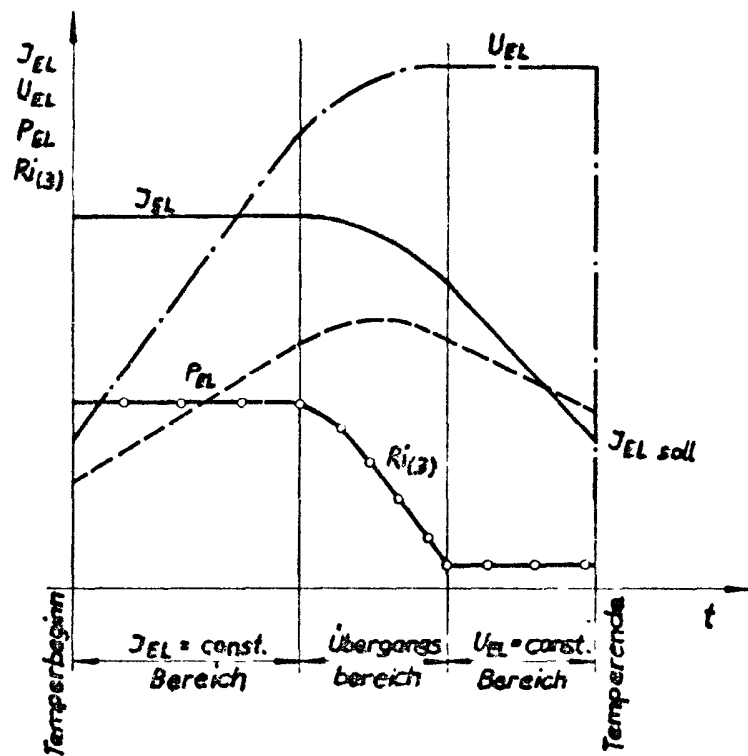


Fig. 1

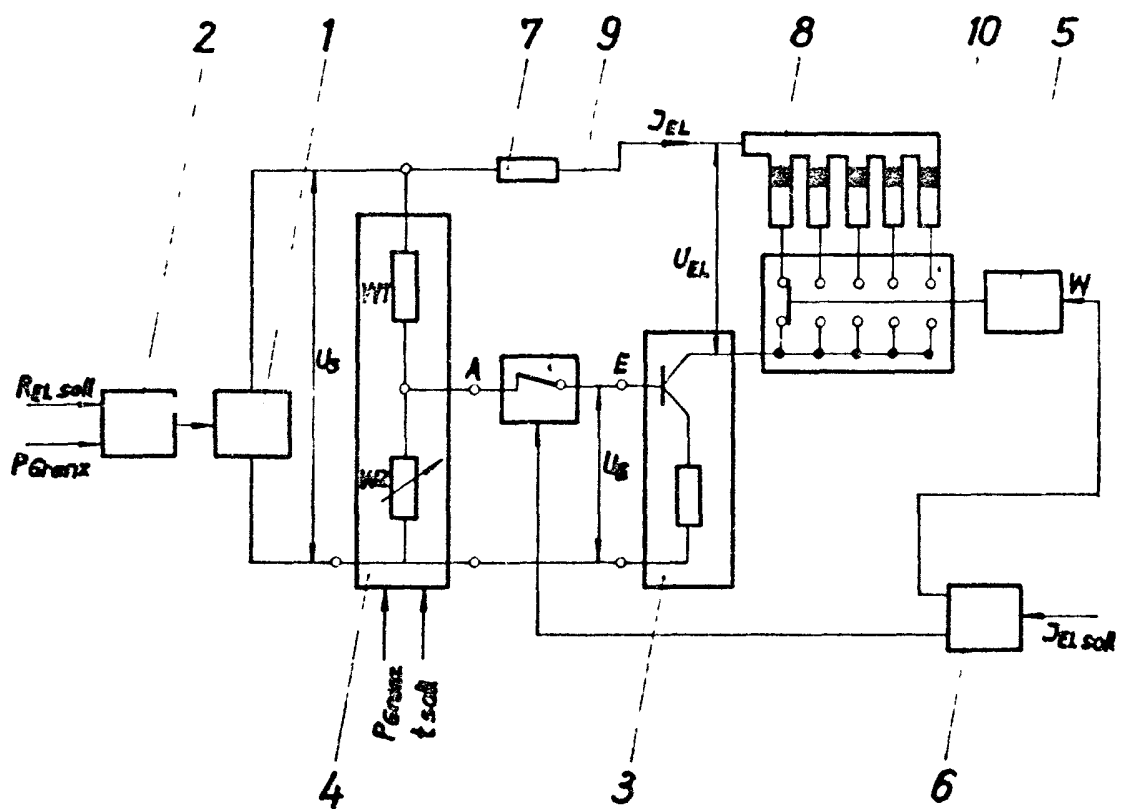


Fig. 2

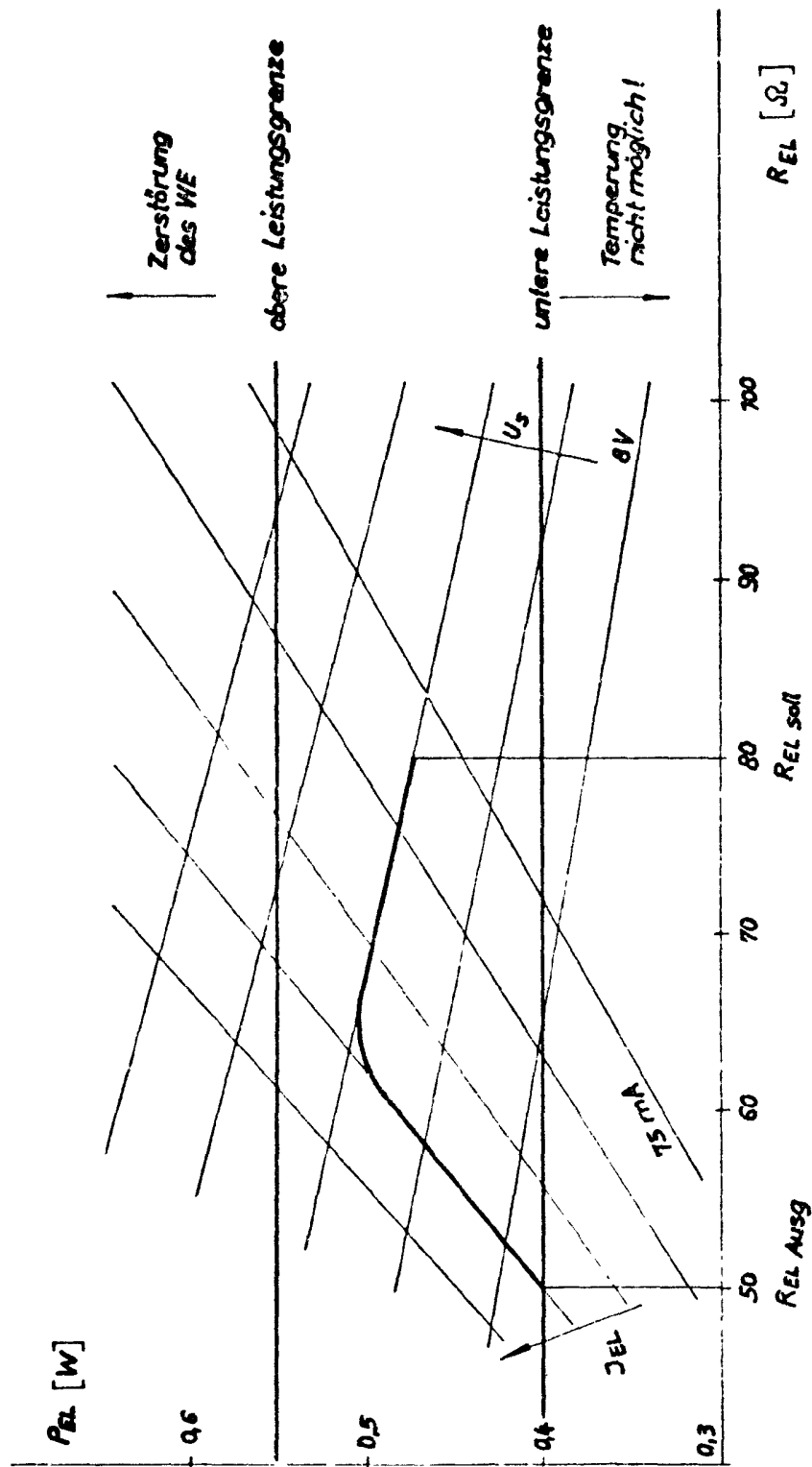


Fig. 3