

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: **88117800.8**

(51) Int. Cl.4: **F23Q 7/00**

(22) Anmeldetag: **26.10.88**

(30) Priorität: **06.11.87 DE 3737745**

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH**
Postfach 10 60 50
D-7000 Stuttgart 10(DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
10.05.89 Patentblatt 89/19

(72) Erfinder: **Bauer, Hans-Peter, Dr. Dipl.-Phys.**
Gebersheimer Weg 28
D-7257 Ditzingen-Heimerdingen(DE)
 Erfinder: **Wessel, Wolf**
Mühlstrasse 27
D-7141 Oberriexingen(DE)

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Regelung der Temperatur insbesondere von Glühkerzen.**

(57) Es wird ein Verfahren zur Regelung der Temperatur insbesondere von Glühkerzen (1) einer selbstzündenden Brennkraftmaschine vorgeschlagen, das dadurch gekennzeichnet ist, daß die Temperatur der Glühwendel (2) der Glühkerze (1) als eigene, erste Regelgröße (A) verwendet wird, wobei ein Maximalwert (T_{Wmax}) für die Wendeltemperatur vorgegeben wird. Überdies wird eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens vorgeschlagen, die zwei Regler (R1, R2), eine als Verzögerungsglied erster Ordnung ausgebildete erste Regelstrecke und eine zweite als Verzögerungsglied zweiter Ordnung ausgebildete Regelstrecke aufweist.

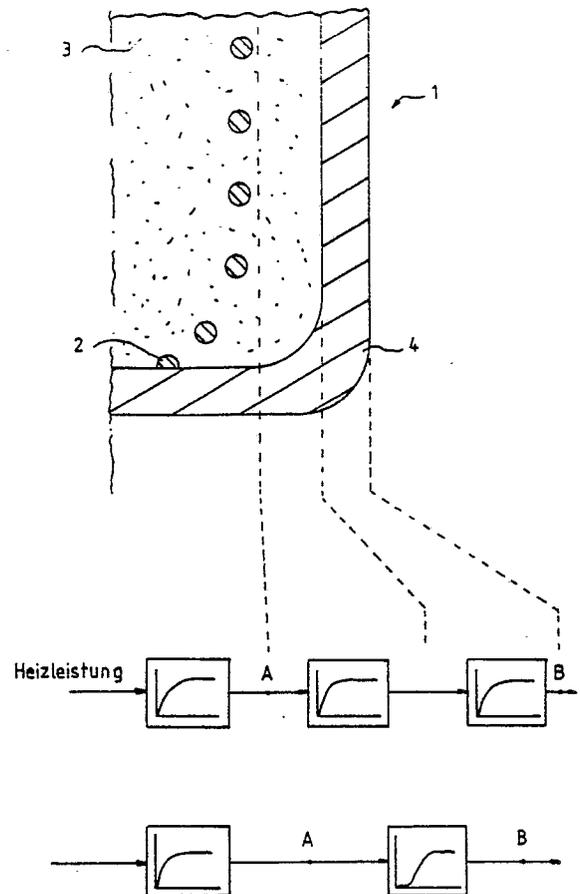


Fig 1

EP 0 315 034 A2

Verfahren und Vorrichtung zur Regelung der Temperatur insbesondere von Glühkerzen

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Regelung der Temperatur insbesondere von Glühkerzen nach der Gattung des Hauptanspruchs sowie von einer Vorrichtung nach der Gattung des Anspruchs 10.

Bei bekannten Verfahren und Vorrichtungen dieser Art werden Glühkerzen verwendet, die sowohl einen Heizwendel als auch einen Regelwendel haben. Nachteil dieser Verfahren und Vorrichtungen ist es, daß der Start einer selbstzündenden Brennkraftmaschine dadurch verzögert wird, daß die zum Start erforderliche Temperatur der Glühkerze nicht schnell genug erreicht wird.

Vorteile der Erfindung

Das Verfahren und die Vorrichtung gemäß der Erfindung mit den im Hauptanspruch bzw. Anspruch 10 genannten Merkmalen haben demgegenüber den Vorteil, daß die Glühkerzen sehr schnell auf hohe Temperaturen gebracht werden, ohne deren Heizelement unzulässig zu erwärmen und damit zu zerstören. Das Verfahren ist dadurch besonders sicher, daß die Temperatur der Heizwendel als eigene Regelgröße herangezogen wird, wobei zum Schutz der Wendel vor thermischer Überlastung ein Maximalwert der Wendeltemperatur vorgegeben wird.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform wird zusätzlich die Oberflächentemperatur der Glühkerze bei der Regelung berücksichtigt, so daß sich eine Überlagerung zweier Regelungen ergibt, nämlich die Regelung der Wendeltemperatur und die der Oberflächentemperatur.

Besonders bevorzugt wird eine Ausführungsform, bei welcher der Motorbetriebszustand für die Regelung der Glühkerzentemperatur nach dem Start, also während des Motor-Selbstlaufs, als Störgröße aufgeschaltet wird. Dadurch ist es möglich, das Verfahren und die Vorrichtung gemäß der Erfindung auch beim Nach- und Zwischenglühen einzusetzen.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Verbesserungen des im Hauptanspruchs angegebenen Verfahrens sowie der Vorrichtung gemäß Anspruch 10 möglich. Besonders vorteilhaft ist es, daß das Verfahren davon unabhängig ist, ob die Wendeltemperatur und die Oberflächentemperatur direkt ermittelt oder aus Modellbetrachtungen gewonnen wird.

Als besonders vorteilhaft hat es sich erwiesen,

daß bei dem Verfahren bzw. der Vorrichtung gemäß der Erfindung die Verwendung von Glühkerzen möglich ist, die keinen Regelwendel aufweisen, und deren Heizwendel beispielsweise als Metalldraht-Wendel ausgelegt ist, dessen Betriebsspannung mit 5 V weit unter der üblichen Versorgungs- bzw. Bordnetzspannung von 12 V liegt. Dadurch kann eine besonders schnelle Aufheizung der Glühkerze auch unter ungünstigen Bedingungen, beispielsweise bei Kälte und schwacher Bordnetzspannung, erwirkt werden. Aufgrund des Verfahrens bzw. der Vorrichtung ist dabei eine thermische Überlastung des Heizwendels ausgeschlossen.

Zeichnung

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine skizzenhafte Darstellung eines Ausschnitts einer Glühkerze mit einer regeltechnischen Darstellung des Temperaturverhaltens;

Figur 2 ein erstes Regelverfahren zur Regelung der Glühwendel- und der Oberflächentemperatur einer Glühkerze;

Figur 3 ein zweites Regelverfahren zur Regelung der Glühwendel- und der Oberflächentemperatur einer Glühkerze;

Figur 4 ein drittes Regelverfahren zur Regelung der Glühwendel- und der Oberflächentemperatur einer Glühkerze;

Figur 5 eine Darstellung einer Möglichkeit der Aufschaltung einer dem Motorbetriebszustand entsprechenden Störgröße und

Figur 6 eine Darstellung einer weiteren Möglichkeit der Aufschaltung einer dem Motorbetriebszustand entsprechenden Störgröße.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Das Verfahren und die Vorrichtung der genannten Art eignen sich zur Regelung der Temperatur elektrisch geheizter Elemente. Sie sollen hier am Beispiel der Regelung der Temperatur einer Glühkerze einer selbstzündenden Brennkraftmaschine beschrieben werden.

In Figur 1 ist ein Teil einer Glühkerze 1 im Schnitt schematisiert dargestellt. Es sind der als Heizelement dienende Glühwendel 2, die aus Isolationsmaterial 3, z.B. aus Keramik bestehende Füllung der Glühkerze sowie deren Mantel 4 wiedergegeben. In dem Glühwendel 2 wird die eingespei-

ste elektrische Energie in Wärme umgesetzt. Von der Oberfläche der Glühwendel fließt die Wärme durch das Isolationsmaterial 3 zur Innenseite des als Glühröhr ausgelegten Mantels 4 und von dort nach außen zur Oberfläche der Glühkerze, wo sich dann durch das Gleichgewicht zwischen von innen zugeführter Wärme und nach außen abgestrahlter Wärme die Oberflächentemperatur der Glühkerze ergibt.

Regelungstechnisch läßt sich die Glühkerze dynamisch durch die Hintereinanderschaltung von Verzögerungsstrecken vereinfacht darstellen: Der Glühwendel 2 mit dem Kern, das Isolationsmaterial 3 zwischen Glühwendel und Mantel 4 sowie der Mantel stellen dabei Verzögerungsstrecken erster Ordnung dar. In Figur 1 sind die Verzögerungsstrecken, die den Wärmetransport durch das Isolationsmaterial und den Mantel darstellen, zusammengefaßt zu einem Verzögerungsglied zweiter Ordnung, so daß sich zwei Blocks ergeben. Die Ausgangsgröße A des ersten Blocks stellt die Glühwendeltemperatur dar, die Ausgangsgröße B des zweiten Blocks die Oberflächentemperatur der Glühkerze.

Um eine lineare Behandlung der Regelvorgänge zu erreichen, wird die Heizleistung als Eingangsgröße definiert und nicht die an die Glühkerze gelegte Bordnetzspannung, der eingespeiste Strom oder ein bei der Ansteuerung der Glühkerze gewähltes Tastverhältnis.

Für das Verfahren und die Vorrichtung spielt es keine Rolle, ob die Wendel- oder Oberflächentemperatur gemessen oder aus Modellbetrachtungen gewonnen werden. Als Heizwendel kann also ein temperaturabhängiges Material gewählt werden, so daß die als Regelgröße A definierte Wendeltemperatur direkt über die Ermittlung des Wendelwiderstands gewonnen werden kann. Die als Regelgröße B definierte Oberflächentemperatur der Glühkerze kann ebenfalls direkt über an der Oberfläche des Mantels vorgesehene Temperaturfühler gemessen werden. Beide Größen können jedoch anhand von Modellen oder durch Rechenprogramme ermittelt werden, so daß für den Heizwendel auch temperaturunabhängige Materialien verwendet werden können und auf die Temperaturfühler zur Ermittlung der Oberflächentemperatur verzichtet werden kann.

Figur 2 zeigt ein erstes Regelverfahren, bei dem die gewünschten Regeleigenschaften durch Vorgabe der Wendeltemperatur als Sollwert T_{soll} erreicht werden. Es sind zwei Regler R1 und R2 vorhanden, von denen der erste Regler R1 übergeordnet die Oberflächentemperatur B auf den Sollwert T_{soll} regelt. Der zweite Regler R2 kann P-, I- und/oder D-Anteile aufweisen oder digital ausgelegt sein, also eine Regelung nach Algorithmen durchführen. Er wird für die Regelung der Wendeltemperatur A eingesetzt.

Der dem Regler R2 vorgegebene Sollwert wird durch eine Minimalwert-Auswahl in einer Minimalwert-Auswahlschaltung 5 ermittelt, wobei zwischen der fest vorgegebenen Maximaltemperatur T_{Wmax} der Wendeltemperatur und der Stellgröße des Reglers R1 der kleinere Wert ausgewählt wird.

Die Funktion dieser Regelung wird im folgenden erläutert:

Beim Einschalten der Glühkerze während der Startphase wird der Regler R1 wegen der kalten Oberfläche der Glühkerze ein schnelles Aufheizen erzwingen wollen und eine größtmögliche Stellgröße erzeugen. Gibt diese Stellgröße einen größeren Wert als die maximal zulässige Wendeltemperatur vor, so erhält der Regler R2 wegen der Minimalwert-Auswahl dennoch nur den Sollwert T_{Wmax} , welcher der maximalen Wendeltemperatur entspricht. Der Regler R2 regelt also in diesem Fall die maximale Wendeltemperatur ein und sorgt somit für eine möglichst schnelle Aufheizung der Glühkerze, ohne daß eine thermische Überlastung des Heizwendels möglich ist.

Nach Erreichen der Sollwerttemperatur T_{soll} , also im Stationärbetrieb, wird der erste Regler R1 die Stellgröße an seinem Ausgang reduzieren und auf einen Wert unterhalb der maximal zulässigen Wendeltemperatur einstellen, um die gewünschte Oberflächentemperatur der Glühkerze einzuregeln.

Bei einer zweiten Ausführungsform gemäß Figur 3 sind ebenfalls zwei Regler R1 und R2 vorgesehen. Sie sind jedoch gleichberechtigt. Jeder der Regler versucht den ihm zugeordneten Sollwert einzuregeln, der erste Regler R1 die Oberflächentemperatur B, der zweite Regler R2 die Glühwendeltemperatur A. Die Stellgrößen beider Regler werden additiv überlagert. Der Stellgrößen Ausgang der Regler R1, R2 ist auf einen definierten oberen Maximalanschlag begrenzt. Der Sollwert des ersten Reglers R1 wird durch Vorgabe der gewünschten Oberflächentemperatur T_{soll} erreicht, wobei die aktuelle Oberflächentemperatur vom Sollwert abgezogen wird. Ähnlich wird der Sollwert des zweiten Reglers R2 durch die aktuelle Wendeltemperatur eingestellt, von der die maximale Wendeltemperatur T_{Wmax} abgezogen wird.

Bei einer kalten Glühkerze während des Starts geht die Stellgröße des ersten Reglers R1 an den oberen Maximalanschlag. Die Stellgröße des zweiten Reglers R2 nimmt dann einen solchen Wert an, daß die maximale Wendeltemperatur T_{Wmax} nicht überschritten wird.

Im Stationär-Regelfall, bei dem die Wendeltemperatur unterhalb der maximalen Wendeltemperatur liegt, erreicht die Stellgröße des zweiten Reglers R2 ihren oberen definierten Maximalanschlag, von dem der erste Regler R1 einen solchen Wert abziehen kann, daß die gewünschte Oberflächentemperatur B erreicht wird.

Eine dritte Ausführungsform ist in Figur 4 dargestellt. Sie entspricht insofern der zweiten Ausführungsform gemäß Figur 3, als auch hier zwei gleichberechtigte Regler R1 und R2 vorgesehen sind. Die Sollwerte der Regler werden wie bei dem anhand von Figur 3 beschriebenen Regelverfahren vorgegeben. Die Regelgrößen der beiden Regler werden hier jedoch einer Minimalwert-Auswahl unterworfen, bei der die kleinere der Stellgrößen zur Regelung der Wendeltemperatur A sowie der Oberflächentemperatur B ausgewählt wird.

Bei einer kalten Kerze während der Startphase wird bei der Minimalwert-Auswahl die Stellgröße des zweiten Reglers R2 ausgewählt, der ein Überschreiten der zulässigen Höchsttemperatur des Wendels verhindert. Im Stationärfall wird bei der Minimalwert-Auswahl die Stellgröße des ersten Reglers R1 bevorzugt, der für die gewünschte Oberflächentemperatur eine Wendeltemperatur unterhalb der maximalen Höchsttemperatur T_{Wmax} einregelt. Es zeigt sich also, daß aufgrund der Minimalwert-Auswahl die Vorgabe von definierten oberen Maximalanschlüssen für die Stellgrößen der Regler nicht erforderlich ist.

Für die Praxis wird eine der drei beschriebenen Ausführungsformen ausgewählt, je nachdem, welche Regeldynamik bzw. welches Störverhalten gewünscht wird.

Bei allen drei Verfahren ist zur Linearisierung des Temperatur-Regelvorgangs den die Glühkerzen repräsentierenden Regelsrecken in den Figuren 2 bis 6 ein Ansteuerblock P/E vorgeschaltet, der die quadratischen Auswirkungen von Spannung bzw. Strom berücksichtigt. Aus der linearen Stellgröße "Leistung" P wird die "elektrische Ansteuergröße" E gewonnen. Wird die Glühkerze z.B. mit einer Pulslänge t und einer Periodendauer T_p getaktet angesteuert und ändert sich die Bordnetzspannung, so wird entsprechend dem Zusammenhang $p \sim U^2$ die Pulslänge t bzw. das Tastverhältnis $t/T_p \sim 1/U^2$ geändert, um eine konstante Heizleistung zu erzielen. Diese Änderung erfolgt rechnerisch oder mit Hilfe einer Schaltung in dem Ansteuerblock P/E.

Die in den Figuren 2 bis 4 beschriebenen Ausführungsformen erlauben nur für den Startfall, in dem der Motor nicht selbständig läuft, eine Regelung der Kerzentemperatur.

Wenn auch bei Selbstlauf der Brennkraftmaschine eine vorgegebene Temperatur der Glühkerze eingeregelt werden soll, so ist zu berücksichtigen, daß der Kerze in Abhängigkeit vom Motor-Betriebszustand zusätzliche Wärme entzogen oder zugeführt wird: Bei niedriger Kraftstoff-Einspritzmenge wird Wärme entzogen, bei hoher Einspritzmenge bzw. bei hohen Drehzahlen wird Wärme zugeführt.

Der Betriebszustand der Brennkraftmaschine

kann bei allen Regelverfahren, dadurch berücksichtigt werden, daß aus bekannten Motordaten, z.B. aus der Einspritzmenge bzw. der Drehzahl ein dem Betriebszustand entsprechendes elektrisches Signal und an geeigneter Stelle als Störgröße S eingegeben wird.

In den Figuren 5 und 6 sind zwei Möglichkeiten der Aufschaltung der Störgröße S wiedergegeben. Diese beiden Möglichkeiten sind für alle drei Ausführungsformen der Regelung möglich.

In Figur 5 wird die Störgröße S am Ausgang des zweiten Blocks aufgeschaltet und in Figur 6 als zusätzlicher Sollwert dem ersten Block eingegeben.

Ansprüche

1. Verfahren zur Regelung der Temperatur insbesondere von Glühkerzen einer selbstzündenden Brennkraftmaschine, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur der Glühwendel (2) der Glühkerze (1) als eigene, erste Regelgröße (A) verwendet wird, wobei ein Maximalwert (T_{Wmax}) für die Wendeltemperatur vorgegeben wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich die Oberflächentemperatur als zweite Regelgröße (B) verwendet wird, wobei die Regelung der ersten Regelgröße (A) und die der zweiten Regelgröße (B) zusammenwirken.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung der ersten Regelgröße (A) und die der zweiten Regelgröße (B) überlagert werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein erster, übergeordneter Regler (R1) und ein zweiter, untergeordneter Regler (R2) verwendet werden, daß die Stellgröße (T_{soll}) des ersten Reglers (R1) mit einem vorgegebenen Maximalwert (T_{Wmax}) der Regelgröße (A) verglichen, eine Minimalwert-Auswahl durchgeführt und der Minimalwert dem zweiten Regler (R2) eingegeben wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß zwei gleichberechtigte Regler (R1, R2) verwendet werden, deren Stellgrößen additiv überlagert werden, wobei den Stellgrößen beider Regler ein definierter, oberer Maximalwert vorgegeben ist.

6. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß zwei gleichberechtigte Regler (R1, R2) verwendet die Stellgrößen der Regler verglichen und einer Minimalwert-Auswahl unterzogen werden, wobei der kleinere Wert für die Regelung der Wendeltemperatur und der Oberflächentemperatur verwendet wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Motorbetriebszustand als Störgröße (S) eingegeben wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, daß die Störgröße (S) am Ausgang des zweiten Reglers (R2) eingegeben wird. 5

9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Störgröße (S) als zusätzlicher Sollwert dem ersten Regler (R1) eingegeben wird. 10

10. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9, gekennzeichnet durch zwei Regler (R1, R2), eine erste, als Verzögerungsglied erster Ordnung ausgebildete Regelstrecke und eine zweite, als Verzögerungsglied zweiter Ordnung ausgebildete Regelstrecke. 15

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, gekennzeichnet durch einen, den Regelstrecken vorgeschalteten Ansteuerblock (P/E) zur Linearisierung des Regelvorgangs. 20

12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, gekennzeichnet durch eine zwischen dem ersten Regler (R1) und dem zweiten Regler (R2) angeordnete Minimalwert-Auswahlschaltung (5) zum Vergleich der Stellgröße des ersten Reglers mit einem vorgegebenen Maximalwert (T_{Wmax}) der Wendeltemperatur. 25

13. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, gekennzeichnet durch eine Minimalwert-Auswahlschaltung (5), der die Stellgrößen der beiden Regler (R1, R2) eingebar sind. 30

14. Verwendung einer Glühkerze bei einem selbstzündenden Motor, deren einzige Wendel ausschließlich als Heizelement ausgelegt ist, dessen Betriebsspannung niedriger ist als die vorhandene Versorgungsspannung, bei einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 und/oder bei einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13. 35

40

45

50

55

5

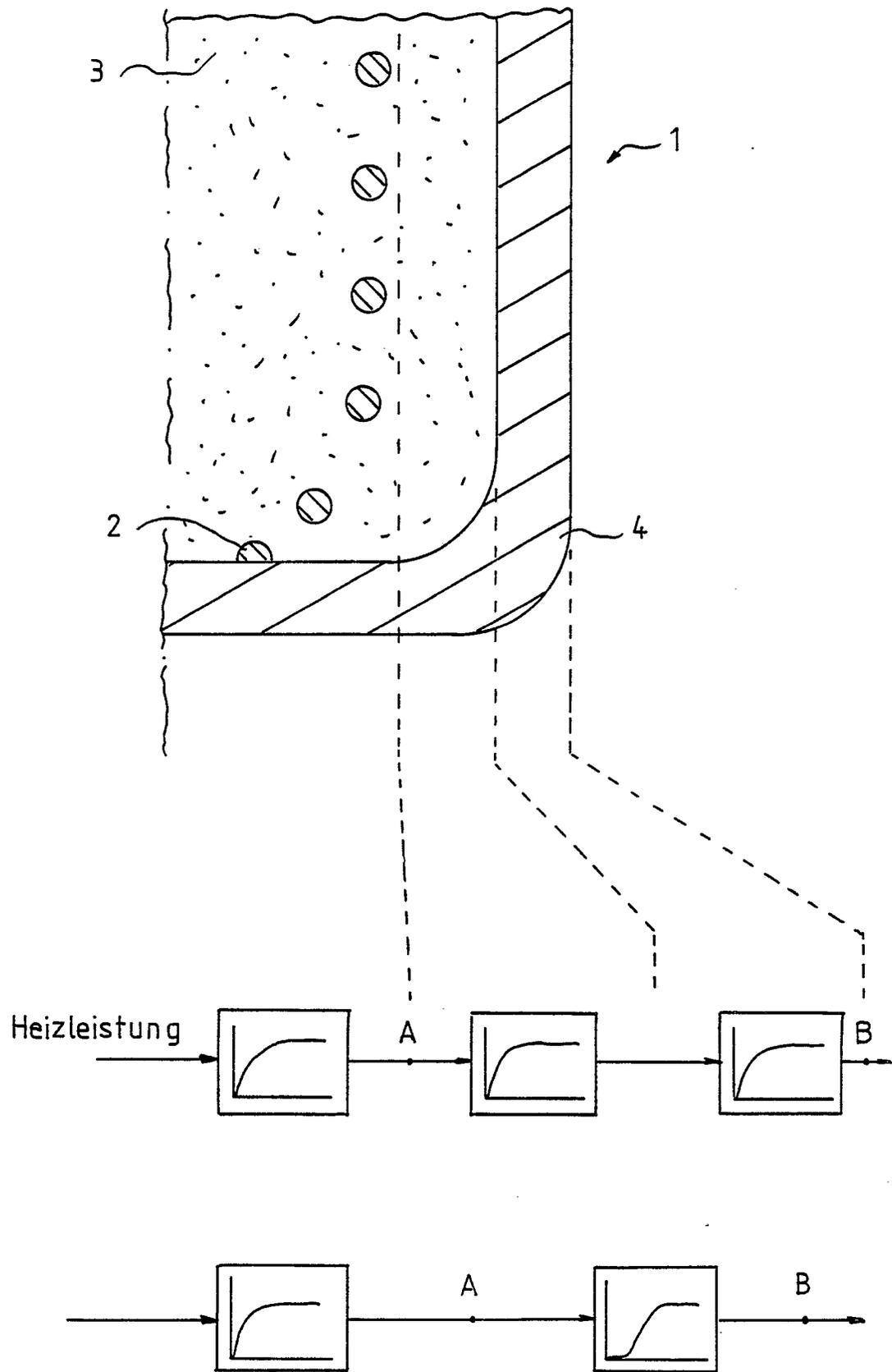


Fig. 1

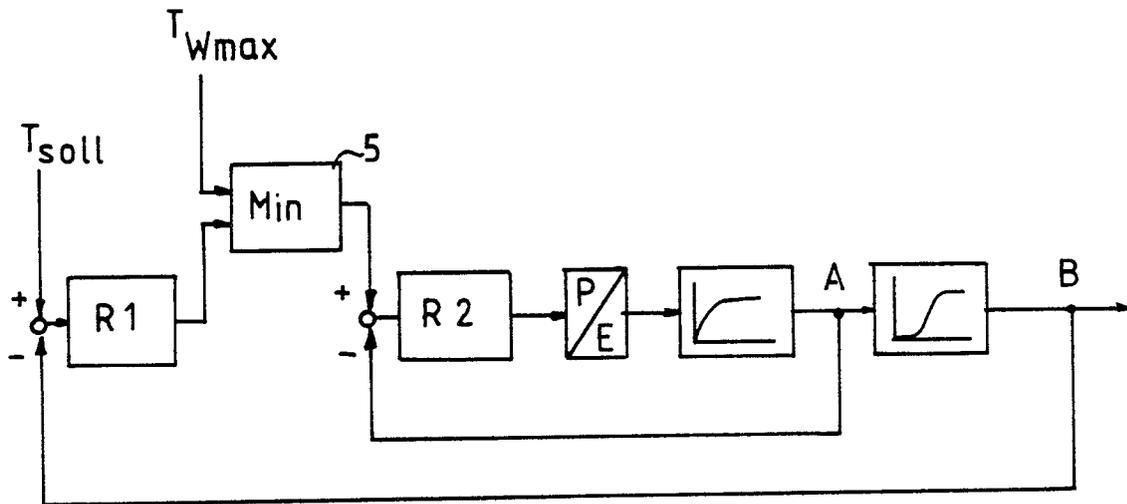


Fig. 2

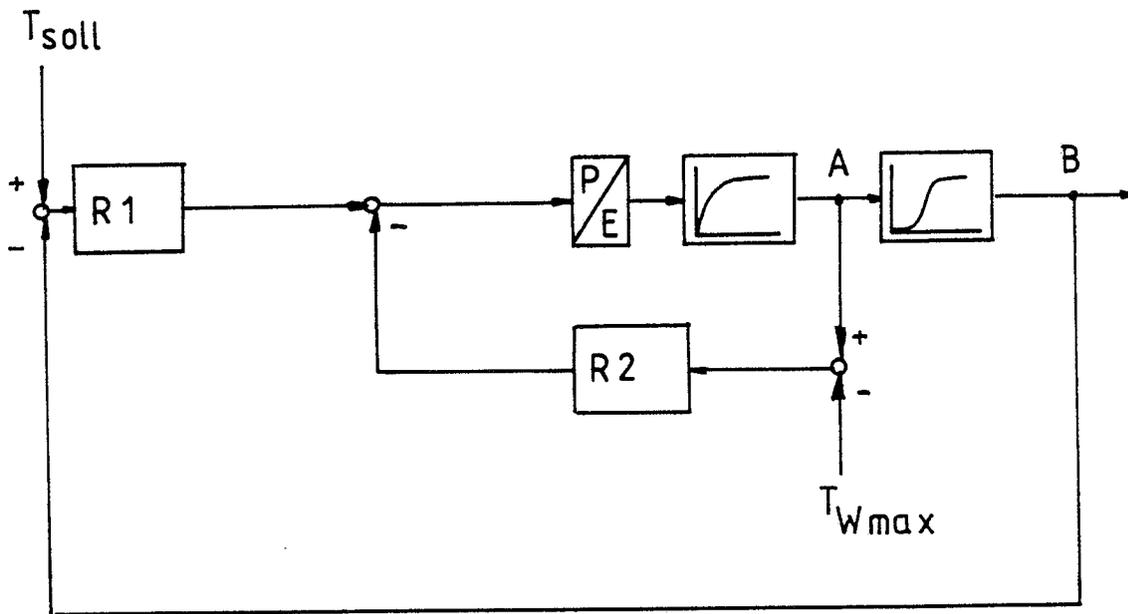


Fig. 3

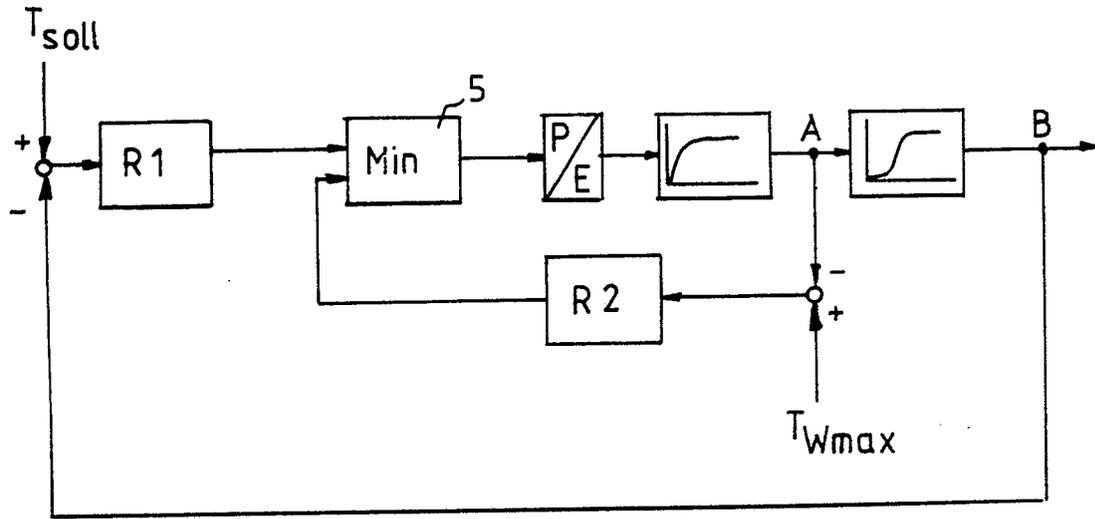


Fig. 4

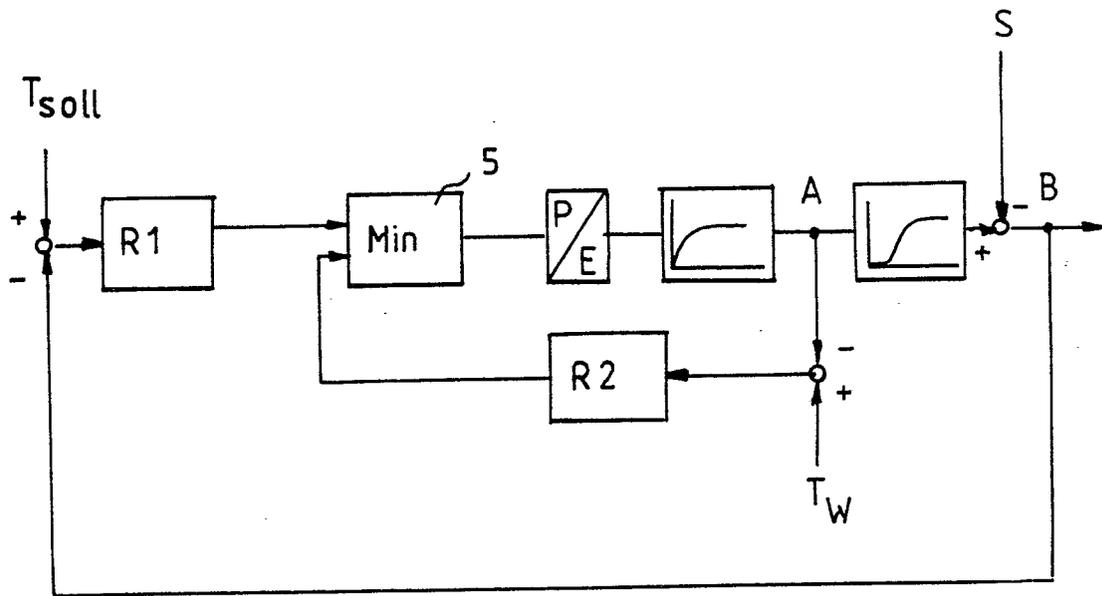


Fig. 5

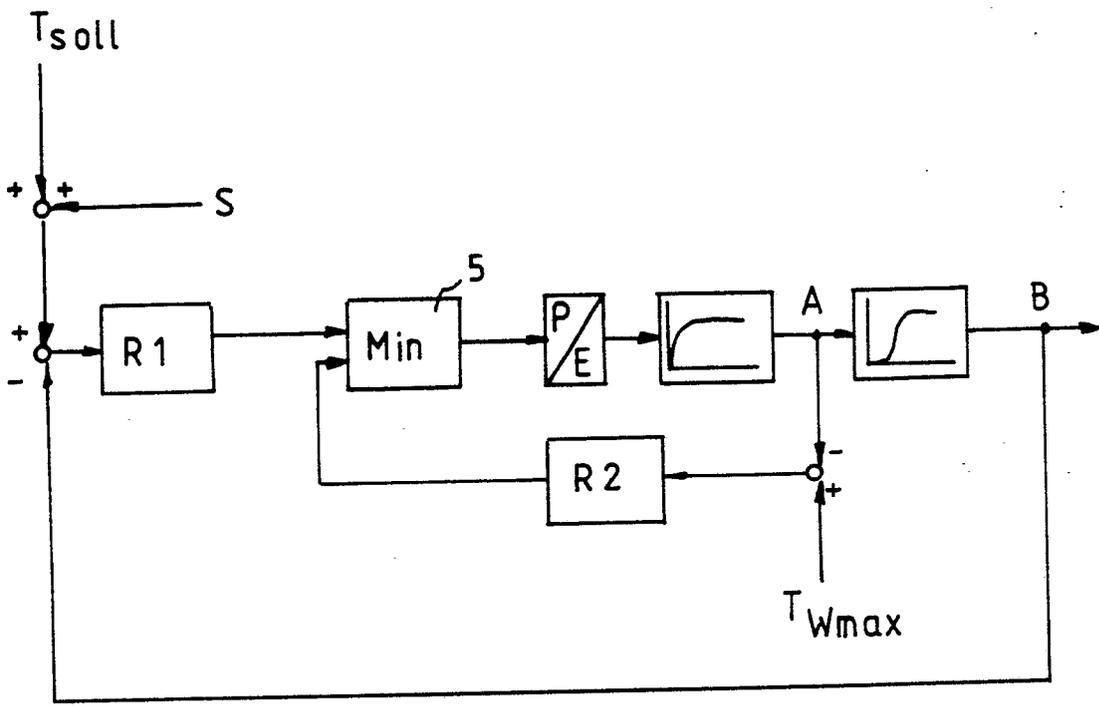


Fig. 6