(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 684 366 B1

(12) EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
07.01.1998 Patentblatt 1998/02

(51) Int Cl.[6]: **F01K 13/02**

(21) Anmeldenummer: **95107786.6**

(22) Anmeldetag: **22.05.1995**

(54) Verfahren und Einrichtung zur Steuerung und Regelung der Leistung eines Dampfkraftwerksblocks

Process and system for the control and regulation of the power of a steam power plant

Procédé et système pour la commande et la régulation de la puissance d'une centrale à vapeur

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(30) Priorität: **26.05.1994 DE 4418298**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
29.11.1995 Patentblatt 1995/48

(73) Patentinhaber: **ABB PATENT GmbH**
68309 Mannheim (DE)

(72) Erfinder:
- **Sindelar, Rudolf**
  D-69493 Hirschberg (DE)
- **Vogelbacher, Lothar**
  D-68775 Ketsch (DE)
- **Kneidl, Ralph**
  D-69198 Schriesheim (DE)

(74) Vertreter: **Rupprecht, Klaus, Dipl.-Ing. et al**
c/o ABB Patent GmbH,
Postfach 10 03 51
68128 Mannheim (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 100 532
DE-A- 3 541 148
DE-A- 3 632 041

- **VGB KRAFTWERKSTECHNIK, Bd. 71, Nr. 1, Januar 1991 ESSEN DE, Seiten 4-13, XP 000178871 R. SINDELAR 'Gewährleistung der Sekundendynamik eines Dampfkraftwerksblockes'**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 0 684 366 B1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur modellgestützten Steuerung und Regelung der Leistung eines Dampfkraftwerksblocks gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Außerdem bezieht sich die Erfindung auf eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Ein solches Verfahren ist aus DE 36 32 041 C2 bekannt. Dieses Verfahren, einschließlich einer Ergänzung, die sich auf ein Verfahren zur Wiederherstellung der Turbinenstellreserve nach dem Ausregeln einer Leistungs-Sollwertänderung bezieht, ist außerdem aus DE 41 24 678 C2 bekannt. Das bekannte Verfahren ist insbesondere geeignet zur Frequenzregelung mittels Leistungs-Sollwertänderung in einem Dampfkraftwerksblock, beispielsweise aufgrund eines Netzfrequenzeinbruchs, und zwar unter Einhaltung von Anforderungen an die Leistungs-Dynamik, die von der Deutschen Verbundgesellschaft eV, Heidelberg, (DVG) in der Druckschrift "Das versorgungsgerechte Verhalten der thermischen Kraftwerke", DVG, Oktober 1991, veröffentlicht sind. Den DVG Anforderungen, insbesondere der definierten Dynamik bei einer Leistungsänderung soll auch das erfindungsgemäße Verfahren genügen.

Beim bekannten Verfahren wird mit einem Prozeßmodell gearbeitet, das Signale für einen steuernden Eingriff in die Dampferzeugung und Turbineneinlaßventil-Stellung liefert, so daß nur kleinere Abweichungen vom Leistungsregler auszuregeln sind. Das Verfahren stellt im Fall einer vorgegebenen sprungförmigen Leistungserhöhung einen streng monotonen oder zumindest monotonen Übergang auf das neue Leistungsniveau sicher.

Die in DE 41 24 678 C2 beschriebene Abwandlung und Ergänzung des Verfahrens gemäß DE 36 32 041 C2 bewirkt, daß in den gesamten Regelvorgang auch die modellgestützte Wiederherstellung der Androsselung der Turbineneinlaßventile einbezogen wird.

Die aus den genannten Druckschriften bekannten Verfahren lassen sowohl die Betriebsarten "Kessel führt, Turbine folgt", als auch "Turbine führt, Kessel folgt" zu.

Allerdings arbeiten die aus den genannten Druckschriften bekannten Verfahren allein im Gleitdruckbetrieb, sind also nicht für Festdruckbetrieb geeignet.

Außerdem besteht Bedarf an einer weiteren Verbesserung bezüglich Geschwindigkeit und Stabilität der Ausregelung von Heizstörungen, die insbesondere bei Braunkohle-befeuerten Kesseln aufgrund der Kohlebeschaffenheit auftreten.

Aus EP-A2-0100 532 ist ein Verfahren zur Regelung der Leistung eines Dampfkraftwerksblocks mit einem Zwangsdurchlauf-Dampferzeuger bekannt. Die Brennstoffzufuhr zum Dampferzeuger wird durch einen Leistungsregler geregelt; eine zur Regelung parallele Steuerung der Brennstoffzufuhr erfolgt nicht. Auch nicht eine direkte oder indirekte Steuerung der Turbineneinlaßventile.

Das Verfahren arbeitet mit einer Vordruck-Regelung. Dabei wird der vorgegebene Drucksollwert von einem Druck-Korrektursignal beeinflußt. Die Turbineneinlaßventile werden damit so verfahren, daß je nach Bedarf Dampf aus- oder eingespeichert wird. Das Korrektursignal wird mit einer modellmäßigen elektrischen Nachbildung des Dampferzeugerverhaltens gebildet. Der Nachbildung ist als Eingangssignal das Stellsignal des Leistungsreglers zugeführt. Damit ist jedoch nur ein geringer Grad der Koordination von Drucksollwert und Brennstoffzufuhr zu erreichen. Das dynamische Verhalten des Leistungsregler-Ausgangssignals ist nämlich nicht nur von dem Leistungsverhalten der Regelstrecke abhängig, sondern auch von den Parametern des Leistungsreglers.

Die in der EP-A2-0100 532 verwendete elektrische Nachbildung des Dampferzeugers und deren Verwendung ist nicht gleichzusetzen mit dem Prozeßmodell des Verfahrens gemäß DE 36 32 041 C2 oder DE 41 24 678 C2. Ein Regelverhalten im Sinne der eingangs genannten DVG-Anforderungen kann mit dem Verfahren nach EP-A2-0100 532 nicht vollständig erreicht werden, weil eine auszuspeichernde Leistungskomponente nicht explizit vorliegt. Es ist keine klare Trennung in der Erfassung der Wirkungen der Brennstoffzufuhr und der Turbinenregelventilstellung möglich. Das zur Bildung des Druckkorrektursignals benutzte Ausgangssignal des Leistungsreglers wird nämlich von der Regelabweichung "Leistung" beeinflußt, ist also von der elektrischen Leistung abhängig und somit von der Summe der brennstoff- und der ventilstellungsabhängigen Leistungskomponenten, deren Größe jedoch nicht bekannt ist. Eine zur Erfüllung der eingangs beschriebenen Anforderungen exakte gezielte Ansteuerung des Drucksollwertes ist daher nicht möglich.

Der Erfindung liegt ausgehend von dem Verfahren gemäß DE 36 32 041 C2 die Aufgabe zugrunde, eine Weiterentwicklung anzugeben, die eine schnellere Ausregelung von Heizstörungen ermöglicht und auch eine Variante für Festdruckbetrieb zuläßt. Eine Einhaltung der DVG-Anforderungen einschließlich eines mindestens monotonen Übergangs auf ein neues Leistungsniveau soll ebenso weiterhin gegeben sein wie auch ein vorwiegend gesteuerter Eingriff in den Prozeß. Außerdem soll eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens angegeben werden.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren zur Steuerung und Regelung der Leistung eines Dampfkraftwerksblocks nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 durch dessen kennzeichnende Merkmale gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und geeignete Steuer- und Regel-Einrichtungen sind in weiteren Ansprüchen angegeben.

Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens bestehen unter anderem darin, daß durch den Einbezug der Vordruckregelung eine sehr schnelle und stabile Ausregelung und damit auch stabile Haltung des FD-Druckes,

der den Heizstörungen unterliegt, und durch eine gut an die jeweilige Betriebsart angepaßte Nachbildung des Regelstreckenverhaltens ein praktisch nur gesteuerter Übergang auf ein neues Leistungsniveau erreicht wird. Durch die Aufschaltung der Leistungsregelabweichung auf den Dampfdrucksollwert wird nicht nur der Fehler des Prozeßmodells praktisch eliminiert, sondern die ganze Blockregelung stabiler.

Das Verfahren kann sowohl mit einer universell für mehrere wählbare Betriebsarten eingerichtete Einrichtung, als auch mit einer vereinfachten, für eine bestimmte Betriebsart ausgestattete Steuer- und Regeleinrichtung durchgeführt werden.

Eine ausführliche Beschreibung der Erfindung erfolgt nachstehend anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen. Es zeigen:

Fig. 1 Gesamtanordnung einer Steuer- und Regeleinrichtung mit einem universellen Prozeßmodell für unterschiedliche Betriebsarten,

Fig. 2 Blockschema des universellen Prozeßmodells der Anordnung gemäß Fig. 1,

Fig. 3 Abwandlung der Anordnung gemäß Fig. 1 oder 2 für einen Fall, in dem die Summationsstelle für ein vom Prozeßmodell geliefertes Ventilstellungs-Steuersignal und das Ausgangssignal des Vordruckreglers nicht zur Verfügung steht,

Fig. 4 vereinfachte Ausführung der Steuer- und Regeleinrichtung für einen Dampfkraftwerksblock mit Vordruckregelung und für Gleitdruckbetrieb,

Fig. 5 vereinfachte Ausführung der Steuer- und Regeleinrichtung für einen Dampfkraftwerksblock mit Vordruckregelung und für Festdruckbetrieb.

Die Fig. 1 und 2 zeigen eine universell für unterschiedliche Betriebsarten einstellbare Steuer- und Regeleinrichtung, wobei in Fig. 1 eine Gesamtanordnung dargestellt ist, deren Prozeßmodell in Fig. 2 im einzelnen gezeigt ist.

Einem in den Fig. 1 und 2 dargestellten, als universelles Prozeßmodell oder Universal-Prädiktor 100 bezeichneten Modell sind als Eingangssignale zugeführt: Ein Brennstoff-Steuersignal B, die Leistungsregelabweichung P_d und ein vorgegebener Leistungssollwert P_V. Ausgangssignale sind - abhängig von Betriebsarten-Umschaltern 115 bis 119 - ein Turbineneinlaßventil-Steuersignal S, ein Leistungssollwert P_S, ein Drucksollwertsignal D, ein Dampfdrucksollwert p_S und eine Drucksollwert-Komponente D_S.

Die Gesamtanordnung enthält noch weitere Betriebsartenumschalter 118 bis 120 und 125 bis 129, die mit Hilfe einer Betriebsarten-Wahleinrichtung 121 betätigt werden können. Die Betriebsarten-Wahleinrichtung 121 enthält zwei Zeilen mit Tasten, wobei je Zeile eine Wahl durch Tastendruck getroffen werden muß.

Wie eingangs dargelegt ist, bezieht sich die Erfindung auf eine Weiterentwicklung des Verfahrens und der Einrichtung, die bereits aus der DE 36 32 041 C2 bekannt sind. Einrichtungskomponenten, die bereits dort beschrieben sind und auch in der erfindungsgemäßen Einrichtung wieder verwendet sind, sind zur Erleichterung des Veständnisses mit übereinstimmenden Bezugszeichen versehen. Auch Signalbezeichnungen wurden übernommen.

Das Brennstoff-Steuersignal B wird in einem Funktionsbildner 33a, 33b in Abhängigkeit von geforderten Leistungsänderungen und mit einer angepaßten Übersteuerung gebildet.

Die als weiteres Eingangssignal dem Prozeßmodell 100 zugeführte vorgegebene Leistung P_V ist Ausgangssignal eines Funktionsbildners 19b, der einen mindestens monotonen Anstieg der Blockleistung P sicherstellt. Das Eingangssignal des Funktionsbildners 19b ist eine Sprungamplitude X, die von einem Leistungsanstiegsbegrenzer geliefert wird, der jeweils den durch Androsselung gegebenen Energievorrat berücksichtigt.

Das Prozeßmodell 100 enthält mehrere Funktionsbildner, nämlich einen Funktionsbildner 30 mit einer Übertragungsfunktion zwischen Dampfdruck und Brennstoff, einen Funktionsbildner 22 mit einer Übertragungsfunktion zwischen elektrischer Leistung und Brennstoff, einen Funktionsbildner 28 mit einer Übertragungsfunktion zwischen Dampfdruck und Ventilstellung, einen Funktionsbildner 102 mit einer Übertragungsfunktion zwischen Ventilstellung und Dampfdruck, einen Funktionsbildner 103 mit einer Übertragungsfunktion zwischen Ventilstellung und elektrischer Leistung und einen Funktionsbildner 21 mit ebenfalls einer Übertragungsfunktion zwischen Turbinenventilstellung und elektrischer Leistung. Weitere Komponenten des Prozeßmodells 100 sind ein P-Regler 63, Additionsstellen 20, 29, 106 bis 109, 104 und 114, ein Auswahlglied 105 und einen Multiplikator 111.

Außerhalb des Prozeßmodells 100 sind neben den obengenannten Komponenten ein Leistungsregler 2, ein Stellungsregler 3, ein Druckregler 4 und ein Vordruckregler 101 und Additionsstellen 8 bis 10, 12, 13, 31, 64, 110, 122 bis 124 angeordnet.

Die elektrische Schaltung der Komponenten und die Arbeitsweise der Einrichtung wird durch die Schalterstellungen festgelegt.

Durch Betätigung der Tasten a und G der Betriebsarten-Wahleinrichtung 121 werden die Schalter in die dem jeweils angegebenen Buchstaben entsprechende Position gebracht, wodurch eine Betriebsart "Turbine führt, Kessel folgt, Gleitdruck" festgelegt ist. Das in dieser Schaltung durchgeführte Steuer- und Regelverfahren ist bereits aus DE 36 32 041 bekannt. In dieser Betriebsweise wirkt der Leistungsregler 2 korrigierend auf die Turbinen-Regelventile, der Stellungsregler 3 wirkt mittels des Druckreglers 4 korrigierend auf den Brennstoff. Durch das Drucksollwertsignal D ist der Druckreg-

ler 4 während des Steuerprozesses praktisch inaktiv. Die Schaltungsanordnung ist festgelegt durch die Schalterstellungen 120/a, 119/a, 118/a, 127/a, 129/G und 128/a.

Durch Betätigung der Tasten a und F wird eine Betriebsart "Turbine führt, Kessel folgt, Festdruck" gewählt. Im Festdruckbetrieb erhält der Druckregler 4 seinen Sollwert von der Additionsstelle 124, wobei das im Prozeßmodell 100 gebildete Kopplungssignal D_S bewirkt, daß der Druckregler 4 inaktiv wird. Der Stellungsregler 3 ist abgeschaltet. Der Leistungsregler 2 und der Druckregler 4 wirken korrigierend auf den Brennstoff.

Durch Betätigung der Tasten b und G wird die Betriebsart "Kessel führt, Turbine folgt, Gleitdruck" festgelegt. Auch in dieser Betriebsart erfolgt eine Steuerung durch die Steuersignale B und S. Das Ventil-Steuersignal S wirkt mittels des Sollwertes des Stellungsreglers 3 (Schalter 127/b, 125/b) auf die Turbinenregelventile. Der Leistungsregler 2 wirkt korrigierend auf den Drucksollwert (Schalterstellungen 120/b, 119/b, 126/b, 129/G) und der Druckregler 4 (Schalter 128/b) über die Additionsstelle 8 auf den Brennstoff. Diese Betriebsweise ist - abgesehen von einer Aufschaltung der Regelabweichung P_d auf den Leistungsregler 2 mittels Additionsstelle 121 auf den Sollwert des Stellungsreglers 3 - aus der DE 36 32 041 bekannt. Erfinderisch sind die nachstehend beschriebenen Verfahrensvarianten VG und VF.

Durch Betätigung der Tasten V und G wird die Betriebsweise "Kessel führt, Turbine folgt, Gleitdruck, Vordruckregelung" gewählt. Eine Beschreibung des Verfahrens erfolgt weiter unten anhand der Fig. 4 und 5.

Die angestrebte Inaktivhaltung des Vordruckreglers 101 während der Steuerung durch den vom Prozeßmodell 100 gelieferten Drucksollwert p_S wird - abweichend von der Anordnung gemäß Fig. 4 - durch die direkte Steuerung der Turbinenventile mittels Ventilsteuersignal S und der Aufschaltung an der Additionsstelle 9 erreicht. Da der Drucksollwert p_S den gleichen zeitlichen Verlauf, wie der Istdruck hat, ist die Regelabweichung an der Additionsstelle 110 praktisch Null.

Durch Betätigung der Tasten V und F wird die Betriebsweise "Kessel führt, Turbine folgt, Festdruck, Vordruckregelung" gewählt. Analog zur vorgenannten Betriebsart VG werden auch hier die Trubinenregelventile direkt durch das Steuersignal S angesteuert.

Fig. 3 zeigt eine Abwandlung der Anordnung für den Fall, daß die Realisierung der Summationsstelle 9 nicht möglich ist. Die Turbinenregelventile können dann nur indirekt, d. h. mittels der gezielten Verstellung des jeweiligen Reglers 101 bzw. 2 angesteuert werden. Hierfür wird ein Schalter 140 in die der Betriebsart entsprechende Position gebracht und das Ventilsteuersignal S durch Funktionsbildner 141 bzw. 142 dynamisch verformt additiv auf den jeweiligen Sollwert über Additionsstellen 143 bzw. 144 aufgeschaltet. Die dynamische Verformung durch die Funktionsbildner 141 bzw. 142 erfolgt mit der Inversübertragungsfunktion des jeweiligen Reglers 101 bzw. 2.

Fig. 5 zeigt eine mit Bezugszeichen 133F versehene vereinfachte Ausführung des Prozeßmodells für ein Festdruckbetrieb mit Vordruckregelung. Abweichend von der Anordnung gemäß Fig. 1 wird hier eine Regelstrecke 1b betrachtet, die außer dem Kraftwerksblock 1 den Vordruckregler 101 umfaßt. Das dynamische Verhalten der Regelstrecke 1b wird durch einen Funktionsbildner 131 nachgebildet. Die Funktionsweise der Anordnung gemäß Fig. 5 ist nachstehend beschrieben.

Der Brennstoff wird durch Steuersignal B angesteuert. Seine Auswirkung auf die Leistungserhöhung bei eingeschaltetem Vordruckregler 101 wird durch den Funktionsbildner 131 nachgebildet. An der dem Funktionsbildner 131 nachgeschalteten Additionsstelle 20 wird durch Subtraktion der vom Funktionsbildner 131 gelieferten Leistungskomponente P_B von der vorgegebenen Leistung P_V ein Leistungsteil P_{pS} gebildet, der aus dem Kessel auszuspeichern ist durch gezielte Ansteuerung des Drucksollwertes p_S. Der dazu benötigte zeitliche Verlauf des Drucksollwertes p_S wird durch einen Funktionsbildner 132 als Komponente $p_{S,V}$ ermittelt. Diese Drucksollwertkomponente $p_{S,V}$ wird an der Additionsstelle 109 zum festen Drucksollwert, dem Nenn-Drucksollwert $p_{S,N}$ addiert. Im Idealfall der Steuerung, d. h. bei exakter Nachbildung des Regelstreckenverhaltens durch die Signale B und p_S bleibt die Leistungsregelabweichung P_d Null. Bei Abweichungen von diesem Idealfall wirkt der Leistungsregler 2 über die Additionsstelle 8 korrigierend auf den Brennstoffmassenstrom $\dot{m}_B$. Zur Verbesserung der Leistungsdynamik wird die Regelabweichung über die Additionsstelle 108 nach einer Verstärkung durch den Multiplikator 111 dem Drucksollwert aufgeschaltet.

Da im Beharrungszustand das Ausgangssignal der Additionsstelle 108 Null sein muß, wird diese Bedingung durch eine Rückführung R_V des Ausgangssignals der Additionsstelle 108 über einen Multiplikator 113 und die Additionsstelle 64 auf das Brennstoffsteuersignal B sichergestellt.

Fig. 4 zeigt eine ganz ähnliche Anordnung wie Fig. 5, jedoch für einen Gleitdruckbetrieb mit Vordruckregelung. Dem Drucksollwert p_S wird in diesem Fall statt dem Nenn-Drucksollwert $p_{S,N}$ an der Additionsstelle 109 ein Steuersignal D_B aufgeschaltet. Das Steuersignal D_B wird in einem Funktionsbildner 136 gebildet; sein zeitlicher Verlauf entspricht der Änderung des Frischdampfdruckes als Anwort auf den durch die Steuerung (B) veränderten Brennstoffmassenstrom $\dot{m}_B$. Die Leistungskomponente P_B wird in einem an den Gleitdruckbetrieb angepaßten Funktionsbildner 134 gebildet.

Während die in den Fig. 4 und 5 dargestellten Prozeßmodelle 133G, 133F jeweils für eine bestimmte Betriebsart eingerichtet sind, können mit dem universellen Prozeßmodell 100 gemäß Fig. 3 alle oben beschriebenen Betriebsarten gefahren werden. Die Nachbildung der Leistungskomponente P_B für Gleitdruck und Festdruck erfolgt dabei unterschiedlich, je nach Stellung des

Schalters 115.

Solange man sich im Leistungsregelbereich mit gleitendem FD-Druck befindet, sind - beim Schalter 115 in G-Position - die Signale aus den Funktionsbildner 102 und 103 Null. Wenn der durch den Funktionsbildner 30 nachgebildete FD-Druck nach einer Leistungserhöhung durch das Brennstoffsteuersignal B den Nenn-Drucksollwert $p_{S,N}$ übersteigt, wird die anstehende Differenz mittels des Auswahlglieds 105 und der Additionsstelle 106 erfaßt. Mittels der Funktionsbildner 102, 103 und der Additionsstelle 104 werden erstens die Nachbildung der Leistungskomponente P_B für den Festdruck aktiviert und zweitens die Turbinenregelventile durch das Signal S_p weiter geöffnet. Nach der Einspeicherung der Wärmeenergie im Kessel wird nur das Signal S_Y am Ausgang des Funktionsbildners 20 zu Null und zwar auf Grund der Wirkung der Rückführung $R_{1,2}$ (oder RV bei entsprechender Stellung des Schalters 117). Wenn der Betrieb mit dem Vordruckregler erfolgt, steht der Schalter 116 in G-Position; im Leistungsregelbereich, in dem das Ausgangssignal der Additionsstelle 106 nicht Null ist, wird das ursprünglich vom Funktionsbildner 30 gelieferte Signal D_B durch das Signal von 106 in 107 für den Festdruck eingestellt, d. h. das Signal D_B entspricht dem Nenn-Drucksollwert $p_{S,N}$.

Für die Betriebsweise mit Festdruck im ganzen Leistungsregelbereich des Kraftwerksblockes ist der Schalter 115 in F-Position zu bringen und hierbei werden die Ausgangssignale der Funktionsbildner 102 und 103 leistungsmäßig verändert.

Durch das Signal S_Y wird die Leistung aus dem Kessel ausgepeichert und durch die Wirkung der jeweiligen obengenannten Rückführung wird das Signal S_Y wiederum zu Null gebracht.

Bezugszeichenliste

1 Kraftwerksblock
2 Leistungsregler
3 Stellungsregler
4 Druckregler

8 Brennstoffwerte-Additionsstelle
9 erste Stellwerte- Additionsstelle
10 zweite Stellwerte-Additionsstelle
11 Ventilstellungs-Sollwertsteller
12 Druckwerte-Additionsstelle
13 Leistungswerte-Additionsstelle

19b Funktionsbildner (nichtlineares Glied erster Ordnung dessen Zeitkonstante T abhängig ist von der Sprungamplitude X)
20 Additionsstelle (Bildung des fehlenden Leistungsteils P_{pS})
21 Funktionsbildner (Übertragungsfunktion zwischen Turbinenventilstellung und elektrischer Leistung)
22 Funktionsbildner (Übertragungsfunktion zwischen elektrischer Leistung und Brennstoff)
28 Funktionsbildner (Übertragungsfunktion zwischen Dampfdruck und Ventilstellung)
29 Additionsstelle
30 Funktionsbildner (Übertragungsfunktion zwischen Dampfdruck und Brennstoff)
31 Additionsstelle
33a,b Funktionsbildner (Übersteuerung des Signals P_{f2}, unterschiedlich für sprungförmige oder rampenförmige Leistungsänderung)

63 P-Regler
64 Additionsstelle

100 Universal-Prädiktor
101 Vordruck-Regler
102 Funktionsbildner (Übertragungsfunktion zwischen Ventilstellung und Dampfdruck)
103 Funktionsbildner (Übertragungsfunktion zwischen Ventilstellung und elektrischer Leistung)
104 Additionsstelle
105 Auswahlglied
106 Additionsstelle
107 "
108 "
109 "
110 "
111 Multiplikator
112 "
113 "
114 Additionsstelle
115 Schalter
116 "
117 "
118 "
119 "
120 "
121 Betriebsarten-Wahleinrichtung (zwei Parameter müssen festgelegt werden)
122 Additionsstellen
123 "
124 "
125 Schalter
126 "
127 "
128 "
129 "

131 Funktionsbildner (bildet Auswirkung der Brennstoffzufuhr auf die Leistungserhöhung nach)

132 Funktionsbildner (Nachbildung des zeitlichen Verlaufs des Drucksollwertes)
133F Prädiktor für Festdruckbetrieb
133G " " Gleitdruckbetrieb
134 Funktionsbildner (Übertragungsfunktion zwischen elektrischer Leistung und Brennstoff)
135 Umsetzer (Übertragungsfunktion zwischen

Drucksollwert und elektrischer Leistung)

140 Schalter
141 Funktionsbildner (inverse Übertragungsfunktion des Vordruckreglers)
142 Funktionsbildner (inverse Übertragungsfunktion des Leistungsreglers)
143 Additionsstelle
144 "

Signalbezeichnungen

B Brennstoff-Steuersignal
D Drucksollwertsignal
D_B Drucksollwert-Komponente
D_S Drucksollwert-Komponente (Entkopplungssignal für Druckregler)

K Korrekturfaktor
m_B Brennstoff Massenstrom
m_B Brennstoff-Massenstrom-Änderung

p Dampfdruck-Istwert
p_S " Sollwert
$p_{S,N}$ Dampfdruck-Sollwert bei Nennleistung (max. Dampfdruck)
$p_{S,V}$ Dampfdruck-Sollwert-Komponente

P Blockleistung, elektrisch
P_{f2} Leistungssollwertkomponente (von Netzfrequenzabweichung abhängig)
P_d Leistungsregelabweichung
P_{pS}
P_S Leistungs-Sollwert
$(P_B)_{F,G}$ nachgebildete Brennstoff abhängige Leistungskomponente im F- oder G-Betrieb
P_V vorgegebener Leistungssollwert

$R_{1,2}$ Rückführung
R_V Rückführung
S Ventil-Steuersignal
S_Y Ausgangssignal des Funktionsbildners 20
S_p Ausgangssignal des Funktionsbildners 102
T Zeitkonstante
X Sprungamplitude
Y Turbinenventilstellung

Betriebsarten-Bezeichnungen

a Turbine führt
b Kessel führt
F Festdruck
G Gleitdruck
V Vordruckregelung

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung und Regelung der Leistung eines Dampfkraftwerkblocks (1) mit Hilfe einer Steuer- und Regeleinrichtung, die ein Prozeßmodell (100, 133), das das dynamische Verhalten des Kraftwerksprozesses nachbildet und einen Leistungsregler (2) enthält, wobei

   a) ein durch Androsselung der Turbineneinlaßventile gegebener Energievorrat erfaßt und mit einer Leistungskomponente eingesetzt wird, die eine Leistungserhöhung mit streng monotonem oder monotonem Übergang auf ein höheres Leistungsniveau sicherstellt, und
   b) ein Übergang auf ein neues Leistungsniveau mit Hilfe von Signalen (B,S) für einen gesteuerten Eingriff in die Brennstoffzufuhr und die Turbinenventilstellung im wesentlichen gesteuert erfolgt, so daß die Regeleinrichtung weitgehend inaktiv bleibt,

   dadurch gekennzeichnet, daß mit Hilfe eines Vordruckreglers (101) eine Frischdampf-Vordruckregelung einbezogen ist, wobei

   c) das Prozeßmodell (100, 133) einen Dampfdruck-Sollwert (p_S) für den Vordruckregler (101) bildet, und wobei dieser bewirkt, daß auch der Vordruckregler (101) weitgehend inaktiv bleibt,
   d) der Dampfdruck-Sollwert (p_S) für Gleit- bzw. Festdruckbetrieb auf unterschiedliche Weise gebildet wird,
   e) dem Dampfdruck-Sollwert (p_S) additiv (108) die Regelabweichung (P_d) des Leistungsreglers (2), der unmittelbar und korrigierend auf die Brennstoffzufuhr wirkt, aufgeschaltet wird, und
   f) das Ausgangssignal des Vordruckreglers (101) additiv (9) auf das Steuersignal (S) zur Bildung des Stellsignals (Y) für die Turbineneinlaßventile aufgeschaltet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Dampfdruck-Sollwert (p_S) im Festdruckbetrieb gebildet wird auf der Basis einer Nachbildung der zu erwartenden Dampfdruckänderung $(F_{Bp})_G$ als Reaktion auf eine geänderte Brennstoffzufuhr.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Dampfdruck-Sollwert (p_S) im Gleitdruckbetrieb gebildet wird auf der Basis einer Nachbildung der zu erwartenden Leistungsänderung $(F_{BP})_G$ als Reaktion auf eine geänderte Brennstoffzufuhr.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch abgewandelt, daß das Ausgangssignal des Vordruckreglers (101) nicht additiv auf das Steuersignal (S) zur Bildung des Stellsignals (Y) für die Turbineneinlaßventile aufgeschaltet wird, sondern das Steuersignal (S) mit der jeweiligen Inversübertragungsfunktion ($1/F_R$) des Leistungs- bzw. des Vordruckreglers dynamisch verformt dem jeweiligen Sollwert (P_S,p_S) additiv (143, 144) aufgeschaltet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch abgewandelt, daß das Ausgangssignal des Vordruckreglers (101) nicht additiv auf das Steuersignal (S) zur Bildung des Stellsignals (Y) für die Turbineneinlaßventile aufgeschaltet wird, sondern das Ausgangssignal des Vordruckreglers (101) direkt als Stellgröße (Y) zur Turbineneinlaßventilstellung verwendet ist.

6. Einrichtung zur Steuerung und Regelung der Leistung (P) eines Dampfkraftwerkblocks (1), die nachstehende Komponenten enthält:

a) ein Prozeßmodell (100), das auf Grund einer Leistungssollwertvorgabe (P_V), die eine Leistungserhöhung mit streng monotonem oder mindestens monotonem Verlauf bewirkt,
Steuersignale (B,S) bildet füer eine Steuerung der Brennstoffzufuhr (m_B) und der Turbineneinlaßventil-stellung (Y),
b) einen Leistungsregler (2),
c) einen Turbineneinlaßventil-Stellungsregler (3), und
d) einen Dampfdruckregler (4),

dadurch gekennzeichnet, daß

e) außerdem ein Frischdampf-Vordruckregler (101) angeordnet ist,
f) das Prozeßmodell (100) als universelles Modell mit Einstellmöglichkeit auf je eine der in den Merkmalen g) und h) genannten Betriebsarten (F,G,V,a,b) ausgeführt ist,
g) Mittel (115, 116, 121, 129) vorhanden sind zur wahlweisen Umschaltung auf eine der Betriebsarten Gleitdruck (G) oder Festdruck (F), und
h) Mittel (117 bis 121, 125 bis 128) vorhanden sind zur wahlweisen Umschaltung auf eine der Betriebsarten "FD-Vordruckregelung" (V) oder "Turbine führt, Kessel folgt" (a) oder "Kessel führt, Turbine folgt" (b).

7. Einrichtung zur Steuerung und Regelung der Leistung (P) eines Dampfkraftwerksblocks (1d) die nachstehende Komponenten enthält:

a) ein Prozeßmodell (133F, 133G), das auf Grund einer Leistungssollwertvorgabe (P_V), die eine Leistungserhöhung mit streng monotonem oder mindestens monotonem Verlauf bewirkt, ein Steuersignal (B) für eine Steuerung der Brennstoffzufuhr ($\dot{m}_B$) bildet, und
b) einen Leistungsregler (2)

dadurch gekennzeichnet, daß

c) im Dampfkraftwerksblock (1d) ein Frischdampf-Vordruckregler (101) angeordnet ist, der eine Stellgröße (Y) zur Einstellung der Turbineneinlaßventile liefert, und
d) das Prozeßmodell (133F, 133G) Mittel (131, 20, 132, 108, 109) für Festdruckbetrieb, bzw. (134 bis 135, 20, 108, 109, 111) für Gleitdruckbetrieb) aufweist, zur Bildung eines Wärme-/Leistungs- oder Brennstoff-abhängigen Frischdampf-Drucksollwertes (p_S), der dem Vordruckregler (101) als Sollwert zugeführt ist.

Claims

1. Method for controlling and regulating the output of a thermal power station unit (1) with the aid of a controlling and regulating device which contains a process model (100, 133), which simulates the dynamic response of the power station process, and an output controller (2), it being the case that

a) an energy store provided by throttling the turbine inlet valves is detected and used with a power component which ensures an increase in output with a strictly monotonic or [lacuna] monotonic transition to a higher output level, and
b) there is an essentially controlled transition to a new power level with the aid of signals (B, S) for controlled intervention in the fuel feed and the turbine valve position, with the result that the regulating device remains largely inactive,

characterized in that main steam initial pressure control is included with the aid of an initial pressure controller (101), it being the case that

c) the process model (100, 133) forms a desired steam pressure value (p_S) for the initial pressure controller (101), and the effect of the latter is that the initial pressure controller (101) also remains largely inactive,
d) the desired steam pressure value (p_S) is formed in a different way for variable-pressure or constant-pressure operation,
e) the system deviation (P_d) of the output controller (2), which acts directly and in a correcting

fashion on the fuel feed, is applied additively (108) to the desired steam pressure value (p_S), and

f) the output signal of the initial pressure controller (101) is applied additively (9) to the control signal (S) for forming the actuating signal (Y) for the turbine inlet valves.

2. Method according to Claim 1, characterized in that the desired steam pressure value (p_S) is formed in constant-pressure operation on the basis of simulating the steam pressure change $(F_{Bp})_G$ to be expected as a reaction to a changed fuel feed.

3. Method according to Claim 1, characterized in that the desired steam pressure value (p_S) is formed in variable-pressure operation on the basis of simulating the output change $(F_{BP})_G$ to be expected as a reaction to a changed fuel feed.

4. Method according to one of the preceding claims, modified in that the output signal of the initial pressure controller (101) is not applied additively to the control signal (S) for forming the actuating signal (Y) for the turbine inlet valves, but the control signal (S) is applied to the respective desired value (P_S, p_S) additively (143, 144) in a fashion dynamically shaped by means of the respective inverse transfer function ($1/F_R$) of the output controller or of the initial pressure controller.

5. Method according to one of Claims 1 to 3, modified in that the output signal of the initial pressure controller (101) is not applied additively to the control signal (S) for forming the actuating signal (Y) for the turbine inlet valves, but the output signal of the initial pressure controller (101) is used directly as the manipulated variable (Y) for the turbine inlet valve position.

6. Device for controlling and regulating the output (P) of a thermal power station unit (1), which contains the following components:

a) a process model (100) which, on the basis of a desired output value stipulation (P_V) which effects an increase in output having a strictly monotonic or at least monotonic characteristic, forms control signals (B, S) for controlling the fuel feed (m_B) and the turbine inlet valve position (Y),
b) an output controller (2),
c) a turbine inlet valve actuator (3), and
d) a steam pressure controller (4),

characterized in that

e) a main steam initial pressure controller (101) is also arranged,
f) the process model (100) is designed as a universal model capable of being set to in each case one of the operating modes (F, G, V, a, b) named in the features g) and h),
g) means (115, 116, 121, 129) are present for optionally switching over to one of the operating modes of variable pressure (G) or constant pressure (F), and
h) means (117 to 121, 125 to 128) are present for optionally switching over to one of the operating modes of "MS initial pressure control" (V) or "turbine leads, boiler follows" (a) or "boiler leads, turbine follows" (b).

7. Device for controlling and regulating the output (P) of a thermal power station unit (1d), which contains the following components:

a) a process model (133F, 133G) which, on the basis of a desired output value stipulation (P_V), which effects an increase in output having a strictly monotonic or at least monotonic characteristic, forms a control signal (B) for controlling the fuel feed ($\dot{m}_B$), and
b) an output controller (2)

characterized in that

c) arranged in the thermal power station unit (1d) is a main steam initial pressure controller (101) which supplies a manipulating variable (Y) for setting the turbine inlet valves, and
d) the process model (133F, 133G) has means (131, 20, 132, 108, 109) for constant-pressure operation, or (134 to 135, 20, 108, 109, 111) for variable-pressure operation) [sic], for the purpose of forming a desired main steam pressure value (p_S), which is a function of heat/outputs or fuel and is fed as desired value to the initial pressure controller (101).

Revendications

1. Procédé de commande et de régulation de la puissance d'un bloc de centrale thermique à vapeur (1) à l'aide d'un dispositif de commande et de régulation comprenant un modèle de processus (100, 133) qui reproduit le comportement dynamique du processus de la centrale et un régulateur de puissance (3),

a) une réserve d'énergie, obtenue par diminution de l'ouverture des vannes d'admission de turbine, étant constituée et utilisée avec une composante de puissance qui garantit une augmentation de puissance avec un passage stric-

tement monotone ou au moins sensiblement monotone à un niveau de puissance supérieur et

b) un passage à un nouveau niveau de puissance ayant lieu essentiellement de manière commandée, à l'aide de signaux (B, S) pour une action commandée sur l'alimentation en combustible et sur la position des vannes de turbine, de sorte que le dispositif de régulation reste dans une large mesure inactif,

caractérisé par le fait qu'il comporte une régulation de pression d'admission de vapeur vive à l'aide d'un régulateur de pression d'admission (101),

c) le modèle de processus (100, 133) formant une valeur de consigne de pression de vapeur (p_S) pour le régulateur de pression d'admission (101), celle-ci ayant pour effet que le régulateur de pression d'admission (101) reste également dans une large mesure inactif,

d) la valeur de consigne de pression de vapeur (p_S) étant formée de manière différente pour le fonctionnement à pression glissante et pour le fonctionnement à pression constante,

e) l'écart de réglage (p_d) du régulateur de puissance (2), lequel agit directement et de manière corrective sur l'alimentation en combustible, étant combiné de manière additive (108) à la valeur de consigne de pression de vapeur (p_S) et

f) le signal de sortie du régulateur de pression d'admission (101) étant combiné de manière additive (9) au signal de commande (S) pour former le signal de réglage (Y) pour les vannes d'admission de turbine.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'en fonctionnement à pression constante, on forme la valeur de consigne de pression de vapeur (p_S) sur la base d'une simulation de la variation de la pression de vapeur $(F_{Bp})_G$ prévisible en réaction à une alimentation en combustible modifiée.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'en fonctionnement à pression glissante, on forme la valeur de consigne de pression de vapeur (p_S) sur la base d'une simulation de la variation de la puissance $(F_{Bp})_G$ prévisible en réaction à une alimentation en combustible modifiée.

4. Procédé selon une des revendications précédentes, modifié en ce qu'on ne combine pas de manière additive le signal de sortie du régulateur de pression d'admission (101) avec le signal de commande (S) pour former le signal de réglage (Y) des vannes d'admission de turbine, mais on combine de manière additive (143, 144) le signal de commande (S), déformé dynamiquement avec la fonction de transfert inverse ($1/F_R$) du régulateur de puissance ou du régulateur de pression d'admission, avec la valeur de consigne (P_S, p_S) concernée.

5. Procédé selon une des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait qu'on ne combine pas de manière additive le signal de sortie du régulateur de pression d'admission (101) avec le signal de commande (S) pour former le signal de réglage (Y) des vannes d'admission de turbine, mais on utilise directement le signal de sortie du régulateur de pression d'admission (101) comme grandeur réglante (Y) pour le réglage des vannes d'admission de la turbine.

6. Dispositif de commande et de régulation de la puissance (P) d'un bloc de centrale thermique à vapeur (1) comportant les composants suivants:

a) un modèle de processus (100) qui, sur la base d'une valeur de consigne de puissance (p_V) imposée, provoquant une augmentation de puissance strictement monotone ou au moins sensiblement monotone, forme des signaux de commande (B, S) pour une commande de l'alimentation en combustible (m_B) et de la position des vannes d'admission de turbine (Y),
b) un régulateur de puissance (2),
c) un régulateur de position de vanne d'admission de turbine (3)
d) un régulateur de pression de vapeur (4),

caractérisé par le fait

e) qu'un régulateur de pression d'admission de vapeur vive (101) est en outre prévu,
f) que le modèle de processus (100) est réalisé sous forme de modèle universel avec possibilité de réglage sur chacun des modes de fonctionnement (F, G, V, a, b) énumérés sous les caractéristiques g) et h),
g) que des moyens (115, 116, 121, 129) sont prévus pour commuter de manière sélective sur l'un des modes de fonctionnement à pression glissante (G) ou à pression constante (F),
h) que des moyens (117 à 121, 125 à 128) sont prévus pour commuter de manière sélective sur l'un des modes de fonctionnement "Régulation de la pression d'admission de vapeur vive" (V) ou "Turbine mène, Chaudière suit" (a) ou "Chaudière mène, turbine suit" (b).

7. Dispositif de commande et de régulation de la puissance (P) d'un bloc de centrale thermique à vapeur (1d) comprenant les composants suivants:

a) un modèle de processus (133F, 133G) qui, sur la base d'une valeur de consigne de puis-

sance (P_V) imposée, provoquant une augmentation de puissance strictement monotone ou au moins sensiblement monotone, forme un signal de commande (B) pour une commande de l'alimentation en combustible (m_B) et
b) un régulateur de puissance (2),

caractérisé par le fait

c) qu'un régulateur de pression d'admission de vapeur vive (101) est prévu dans le bloc de centrale thermique à vapeur (1d), lequel régulateur fournit une grandeur réglante (Y) pour le réglage des vannes d'admission de turbine et
d) que le modèle de processus (133F, 133G) comporte des moyens (131, 20, 132, 108, 109) pour le fonctionnement à pression constante et des moyens (134 à 135, 20, 108, 109, 111) pour le fonctionnement à pression glissante pour former une valeur de consigne de pression de vapeur vive (p_S) dépendante de la chaleur, de la puissance ou du combustible, qui est transmise en tant que valeur de consigne au régulateur de pression d'admission (101).

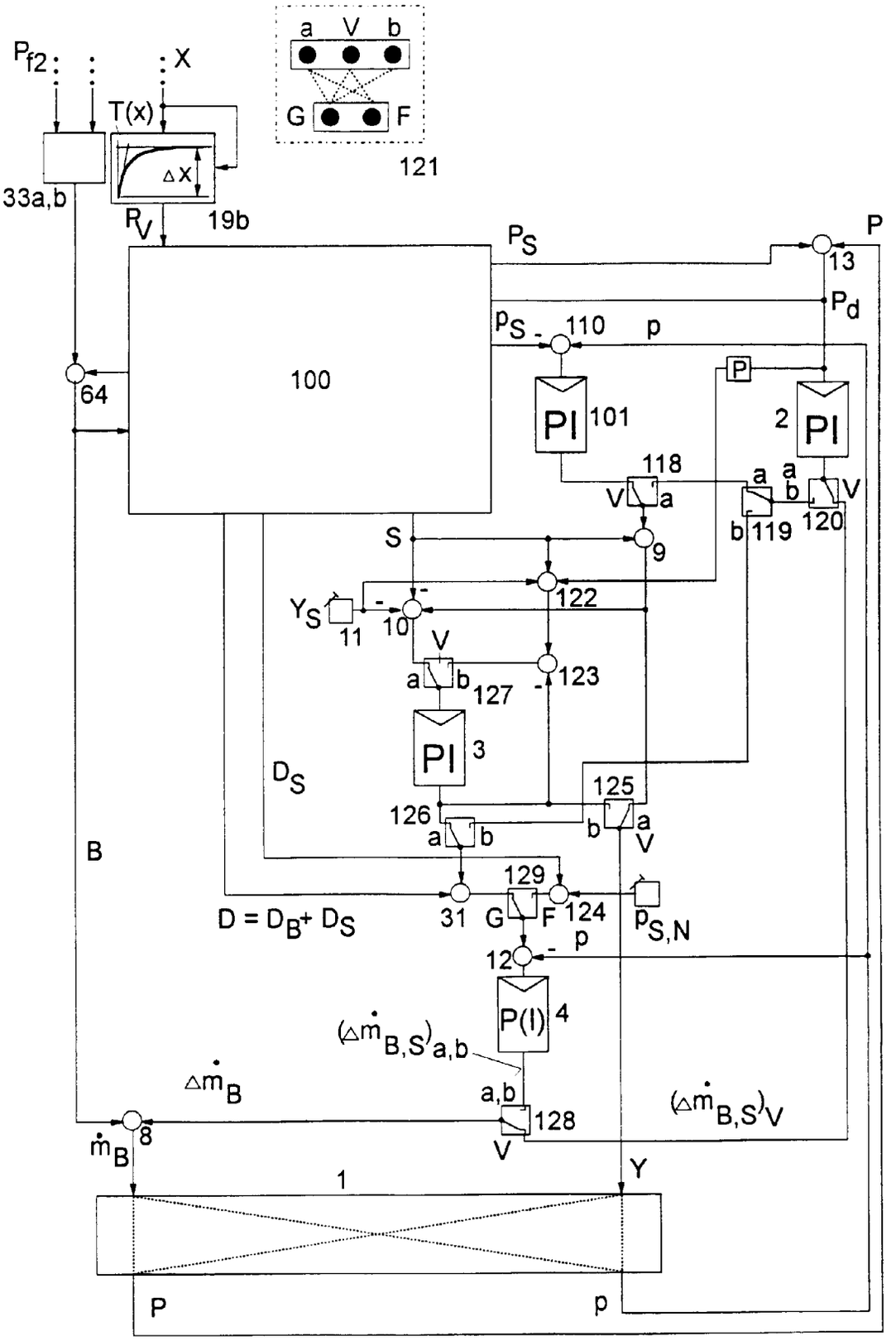

a V b
G F
121
P_{f2}
X
T(x)
33a,b
Δx
R_V
19b
P_S
P
13
P_d
p_S
110
p
100
64
PI
101
2
PI
118
V
a
a
b
V
b
119
120
S
9
122
Y_S
11
10
V
a
b
127
123
PI
3
D_S
125
126
a
b
b
a
V
B
129
$D = D_B + D_S$
31
G
F
124
$p_{S,N}$
p
12
P(I)
4
$(\Delta \dot{m}_{B,S})_{a,b}$
$\Delta \dot{m}_B$
a,b
128
$(\Delta \dot{m}_{B,S})_V$
$\dot{m}_B$
8
V
Y
1
P
p

Fig. 1

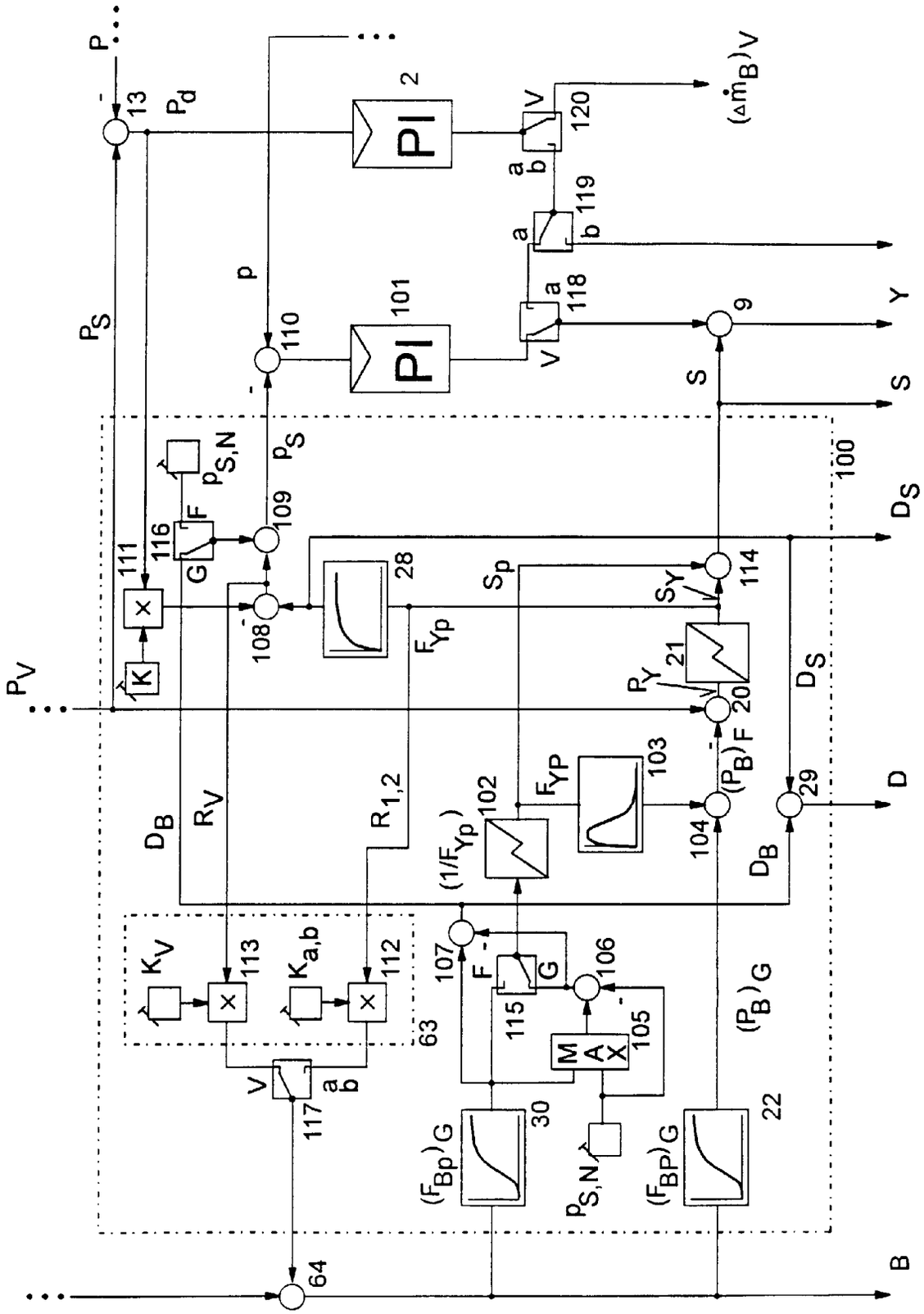

P
13
P_d
PI
2
V
120
$(\Delta\dot{m}_B)_V$
a
b
119
P_S
p
110
PI
101
118
9
Y
S
$p_{S,N}$
109
116
F
G
111
K
108
28
S_p
S_Y
114
100
D_S
F_{Yp}
P_V
R_Y
21
20
$(P_B)_F$
D_B
R_V
$R_{1,2}$
F_{YP}
103
$(1/F_{Yp})$
102
104
29
D
K_V
113
$K_{a,b}$
112
107
106
115
105
M
A
X
63
117
$(F_{Bp})_G$
30
$(F_{BP})_G$
22
$(P_B)_G$
64
B

Fig. 2

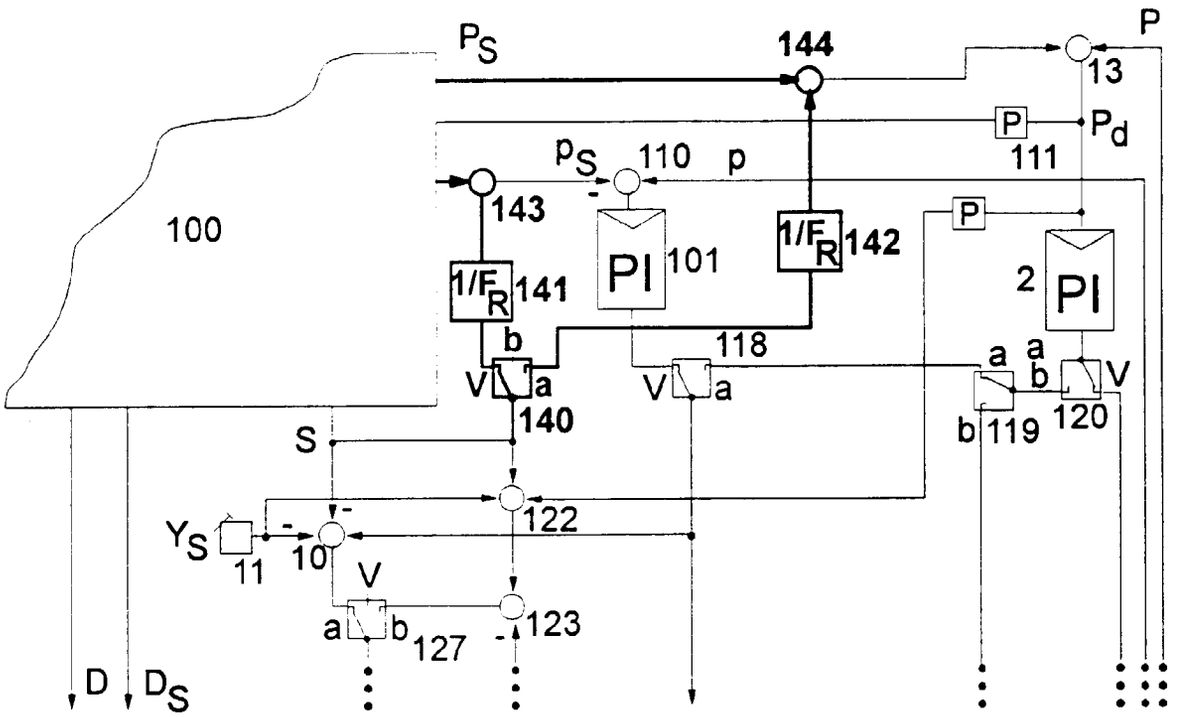

P
P_S
144
13
P
P_d
111
p_S
110
p
100
143
1/F$_R$ 141
PI 101
1/F$_R$ 142
2
PI
118
b
V
a
140
S
122
Y_S
11
10
V
a
b
127
123
D
D_S
a
b
119
120
V

Fig. 3

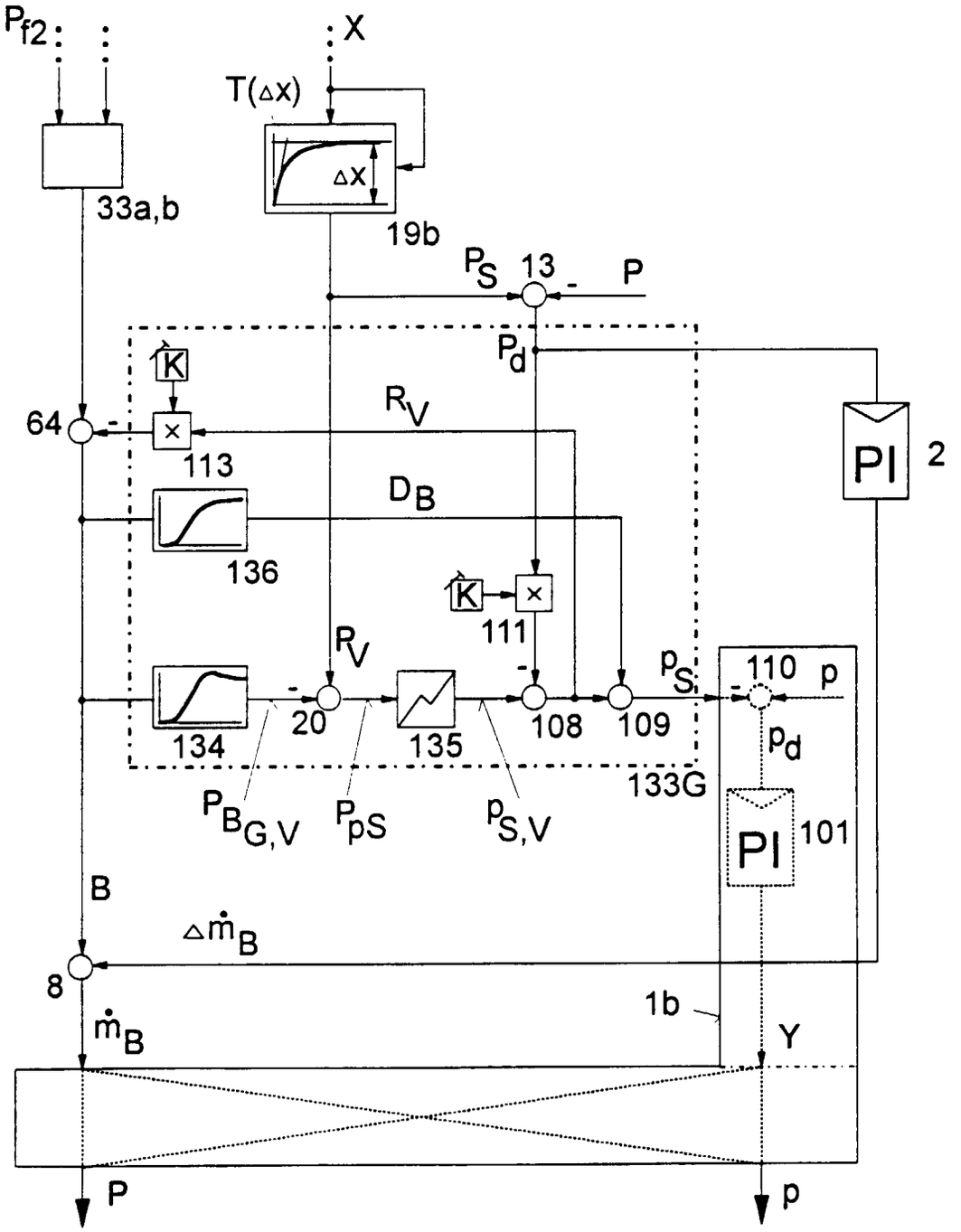

Pf2
X
T(Δx)
Δx
33a,b
19b
PS
13
P
Pd
K
64
RV
113
PI
2
DB
136
K
111
RV
pS
110
p
134
20
135
108
109
pd
133G
PBG,V
PpS
pS,V
PI
101
B
Δṁ B
8
1b
ṁ B
Y
P
p

Fig. 4

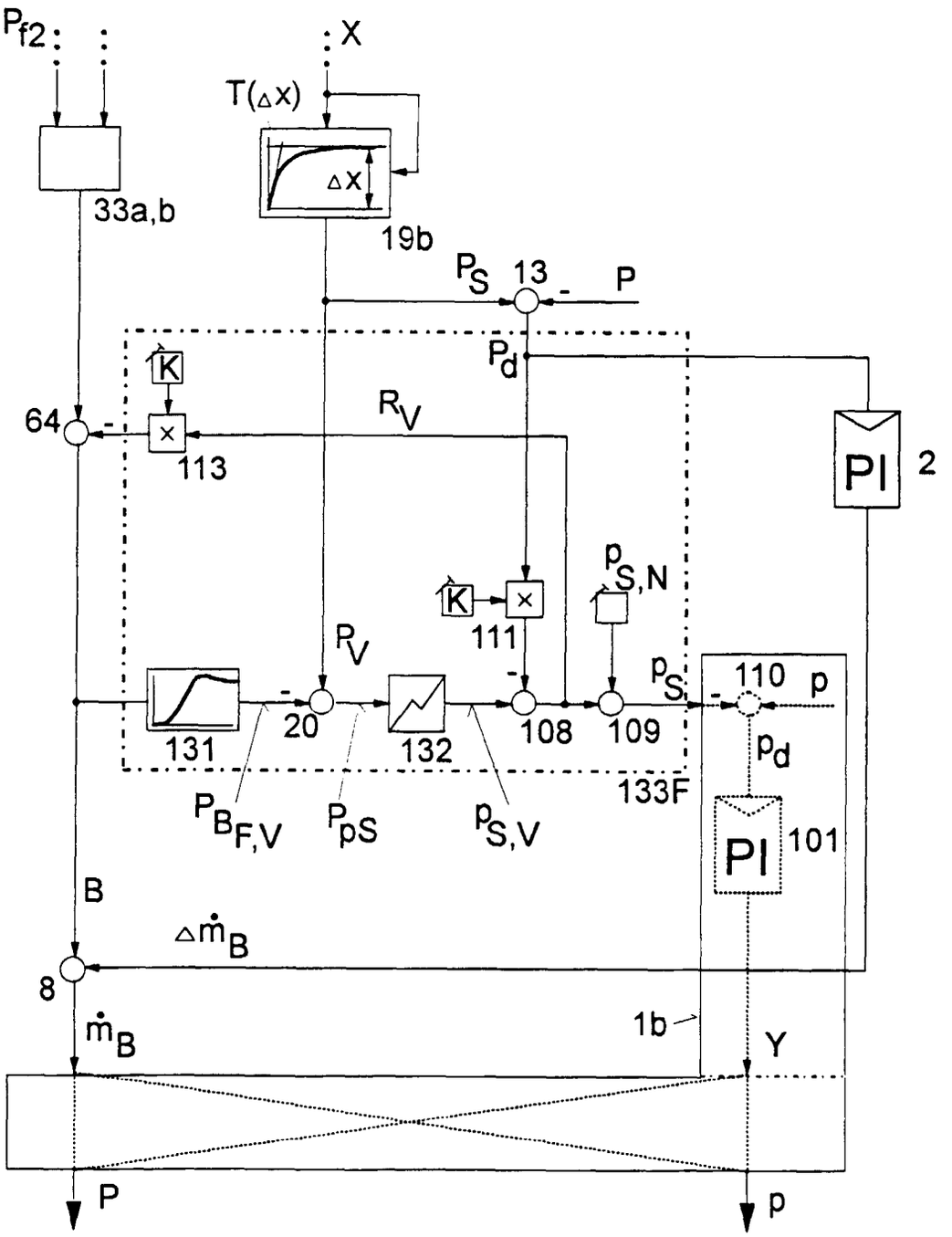

Pf2
X
T(△x)
△x
33a,b
19b
PS
13
P
Pd
K
64
RV
113
PI
2
pS,N
K
111
PV
pS
110
p
131
20
132
108
109
pd
133F
PBF,V
PpS
pS,V
PI
101
B
△ṁB
8
ṁB
1b
Y
P
p

Fig. 5