



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 36 362 T2** 2008.06.12

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 126 347 B1**
 (21) Deutsches Aktenzeichen: **600 36 362.7**
 (86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP00/05043**
 (96) Europäisches Aktenzeichen: **00 948 265.4**
 (87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2001/013191**
 (86) PCT-Anmeldetag: **27.07.2000**
 (87) Veröffentlichungstag
 der PCT-Anmeldung: **22.02.2001**
 (97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **22.08.2001**
 (97) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung beim EPA: **12.09.2007**
 (47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **12.06.2008**

(51) Int Cl.⁸: **G05B 23/02** (2006.01)
F16K 17/22 (2006.01)
G05D 7/06 (2006.01)
G01D 21/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
22602399 **10.08.1999** **JP**

(73) Patentinhaber:
**Tokyo Electron Ltd., Tokio/Tokyo, JP; Fujikin Inc.,
 Osaka, JP; Ohmi, Tadahiro, Sendai, Miyagi, JP;
 Iida, Seiichi, Kobe, Hyogo, JP**

(74) Vertreter:
**Schaumburg, Thoenes, Thurn, Landskron, 81679
 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
 LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:
**OHMI, Tadahiro, Sendai-shi, Miyagi 980-0813, JP;
 IIDA, Seiichi, Kobe-shi, Hyogo 658-0063, JP;
 KAGATSUME, Satoshi, Nirasaki-shi,
 Yamanashi407-0174, JP; HIROSE, Jun,
 Nirasaki-shi, Yamanashi 407-0174, JP;
 FUKASAWA, Kazuo, Nirasaki-shi, Yamanashi
 407-0174, JP; KOIZUMI, Hiroshi, Nirasaki-shi,
 Yamanashi 407-0174, JP; NAGAOKA, Hideki,
 Nirasaki-shi, Yamanashi 407-0174, JP; UNO,
 Tomio, Osaka-shi, Osaka 550-0012, JP; NISHINO,
 Kouji, Osaka-shi, Osaka 550-0012, JP; IKEDA,
 Nobukazu, Osaka-shi, Osaka 550-0012, JP; DOHI,
 Ryouyuke, Osaka-shi, Osaka 550-0012, JP; IDETA,
 Eiji, Osaka-shi, Osaka 550-0012, JP**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUR ERKENNUNG EINES ANORMALEN DURCHFLUSSES IN EINEM DURCHFLUSSREGLER FÜR EIN UNTER DRUCK STEHENDES FLUIDUM**

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).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen druckbasierten Durchflussregler für verschiedene Fluide, wie Gase zur Verwendung bei der Fertigung von Halbleitern, chemischen Produkten, Chemikalien und Präzisionsmaschinenteilen. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Erkennen einer anormalen Durchflussrate, wenn eine Durchflussöffnung in dem druckbasierten Durchflussregler verstopft ist.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Bislang wurde die Durchflussrate in Fluidversorgungseinrichtungen in Fertigungsanlagen für Halbleiter und Chemikalien meist durch einen Massenströmungsregler geregelt, insbesondere wenn eine hochpräzise Regelung der Durchflussrate erforderlich ist.

[0003] Der Massenströmungsregler hat jedoch die folgenden Nachteile:

(1) relativ langsame Reaktion bei thermischen Durchflussfühlern, (2) mangelhafte Präzision bei der Steuerung im Bereich niedriger Durchflussraten und variierende Präzision bei verschiedenen Produkten, (3) häufige Betriebsstörungen, d.h. geringe Verlässlichkeit, (4) hohe Produktionskosten, teure Austauschkomponenten und somit hohe Betriebskosten.

[0004] Nach intensiver Forschung haben die Erfinder einen druckbasierten Durchflussregler entwickelt, der eine Durchflussöffnung verwendet, wie sie in der EP 0749058 A2 offenbart ist.

[0005] Das Prinzip dieses druckbasierten Durchflussreglers ist folgendes. Wenn das Verhältnis P_2/P_1 des Gasdrucks an der stromaufwärts gelegenen Seite der Durchflussöffnung, P_1 , zu demjenigen auf der stromabwärts gelegenen Seite der Durchflussöffnung, P_2 , unter dem kritischen Druck des Gases (im Falle von Luft, Stickstoff usw. ungefähr 0,5) liegt, erreicht die Strömungsgeschwindigkeit des durch die Durchflussöffnung tretenden Gases eine Schallgeschwindigkeit, so dass Druckänderungen auf der stromabwärts gelegenen Seite der Durchflussöffnung auf der stromaufwärts gelegenen Seite nicht mehr registriert werden, was eine stabile Massenströmungsrate entsprechend dem Zustand auf der stromaufwärts gelegenen Seite der Durchflussöffnung ermöglicht.

[0006] Wenn der Durchmesser der Durchflussöffnung fest oder konstant ist und der Druck P_1 auf der stromaufwärts gelegenen Seite doppelt oder mehr als doppelt so hoch gehalten ist als der Druck P_2 auf stromabwärts gelegenen Seite, hängt die Durchfluss-

rate Q_c des Gases auf der stromabwärts gelegenen Seite der Durchflussöffnung nur von dem Druck P_1 auf der stromaufwärts gelegenen Seite ab. Das heißt, eine durch die Formel $Q_c = KP_1$ (K ist eine Konstante) gegebene lineare Beziehung trifft mit einem hohen Präzisionsgrad zu. Zudem haben Durchflussöffnungen mit gleichem Durchmesser auch identische Konstanten K .

[0007] Dieser druckbasierte Durchflussregler hat den Vorteil, dass die Durchflussrate auf der stromabwärts gelegenen Seite mit hoher Präzision geregelt werden kann, indem nur der Druck P_1 auf der stromaufwärts gelegenen Seite erfasst wird.

[0008] Ein Problem liegt jedoch darin, dass die kleine Bohrung der Durchflussöffnung verstopfen kann. Die Bohrung der Durchflussöffnung hat eine Größenordnung von Mikrometern, und es kann vorkommen, dass die Bohrung der Durchflussöffnung durch Staub oder dergleichen verstopft wird, was die Durchflussöffnung unregelbar macht.

[0009] Das Rohrleitungssystem, in dem die Durchflussrate geregelt wird, muss innen äußerst sauber sein, doch Sägemehl und andere Fremdkörper können während der Rohrverlegung eintreten. Wenn die Durchflussöffnung verstopft ist, kann die Durchflussrate nicht geregelt werden, was die gesamte Anlage in einen instabilen Zustand versetzt und eine große Zahl defekter Produkte erzeugen kann.

[0010] Bei einigen Gasen kann die chemische Reaktion nicht mehr kontrolliert werden, was eine Explosion verursachen könnte. Um das Verstopfen zu verhindern, könnte man vorschlagen, dass ein Dichtungsfilter in das Rohrleitungssystem eingesetzt wird. Dies könnte jedoch nachteilige Auswirkungen auf die Konduktanz des Rohrleitungssystems haben.

[0011] Als eine Lösung dieses Problems offenbarten die Erfinder in der ungeprüften japanischen Patentanmeldung Nr. 10-236653 ein Verfahren zum Erkennen einer Verstopfung. Bei diesem Verfahren wird ein Alarm ausgelöst, wenn die Verstopfung der Durchflussöffnung einen bestimmten Grad erreicht.

[0012] Die vorgenannte Erfindung umfasst, wie in [Fig. 8](#) gezeigt, einen ersten Schritt, bei dem eine Soll-Durchflussrate Q_s auf einer hohen Soll-Durchflussrate Q_{SH} (gewöhnlich 100%) gehalten wird, einen zweiten Schritt, bei dem durch Umschalten von der hohen Soll-Durchflussrate Q_{SH} auf eine niedrige Soll-Durchflussrate Q_{SL} (gewöhnlich 0%) Druckminderungsdaten $P(t)$ gewonnen werden, um den Druck P_1 auf der stromaufwärts gelegenen Seite zu messen, einen dritten Schritt, in dem die vorgenannten Minderungsdaten $P(t)$ mit Referenz-Druckminderungsdaten $Y(t)$ verglichen werden, die unter den gleichen Bedingungen bei unverstopfter Durchfluss-

öffnung gemessen wurden, und einen vierten Schritt, bei dem ein Alarm ausgelöst wird, wenn die Druckminderungsdaten $P(t)$ um einen bestimmten Betrag von den Referenz-Druckminderungsdaten $Y(t)$ abweichen. Das heißt, falls $P(t)$ innerhalb eines bestimmten Bereichs von $Y(t)$ abweicht, wird ein Verstopfungsalarm ausgelöst.

[0013] Das vorgenannte Verfahren hat den Vorteil, dass der Verstopfungsalarm automatisiert werden kann, jedoch hat es die folgenden Nachteile.

[0014] Zunächst wird der Betrieb zum Erkennen einer anormalen Durchflussrate (Verstopfungserkennungsbetrieb) nach Abschalten des Durchflussregelbetriebs gestartet, und daher kann während des Betriebs zum Erkennen einer anormalen Durchflussrate keine Regelung der Durchflussrate erfolgen.

[0015] Ein weiteres Problem besteht darin, dass aufgrund der Tatsache, dass die niedrige Soll-Durchflussrate Q_{SL} auf 0% eingestellt ist, Zeit zum Entlüften benötigt wird. Das heißt, eine Entscheidung zu treffen dauert lange. Daher wird das Erkennen einer anormalen Durchflussrate im Allgemeinen in einer letzten Phase ausgeführt, nachdem die Regelung der Durchflussrate beendet wurde. Folglich kann man bei der tatsächlichen Regelung der Durchflussrate unmöglich wissen, ob die Durchflussöffnung verstopft ist.

[0016] Das Dokument EP-A-1035 457, das ein Dokument gemäß Artikel 54(3) EPÜ darstellt, beschreibt ein Verfahren zum Erkennen der Verstopfung einer Durchflussöffnung in einem druckbasierten Durchflussregelsystem durch Messen eines Druckabfalls des Fluids nach Umstellen der Durchflussrate von einem hohen Pegel auf einen niedrigen Pegel.

[0017] Dokument WO 99/38057 beschreibt eine Fluidversorgungseinrichtung, bei der die Durchflussrate auf der stromabwärts gelegenen Seite der Durchflussöffnung geregelt wird, indem der Druck auf der stromaufwärts gelegenen Seite der Durchflussöffnung durch Öffnen und Schließen eines Steuerventils geregelt wird.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0018] Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Erkennen einer anormalen Durchflussrate in einem druckbasierten Durchflussregler angegeben, wobei der druckbasierte Durchflussregler ein Steuerventil CV, eine Durchflussöffnung, und einen Druckdetektor zum Erfassen eines Drucks P_1 auf einer stromaufwärts gelegenen Seite zwischen dem Steuerventil CV und der Durchflussöffnung sowie eine Durchflussraten-Einstellschaltung umfasst, wobei der druckbasierte Durchflussregler so angeordnet ist, dass er den

Druck P_1 auf der stromaufwärts gelegenen Seite ungefähr doppelt oder mehr als doppelt so hoch hält als einen Druck P_2 auf der stromabwärts gelegenen Seite, wobei der druckbasierte Durchflussregler so angeordnet ist, dass er mit der Formel $Q_c = KP_1$, in der K eine Konstante ist, eine Durchflussrate Q_c auf der stromabwärts gelegenen Seite berechnet, und der druckbasierte Durchflussregler so angeordnet ist, dass er das Steuerventil auf der Basis eines Differenzsignals Q_y zwischen der berechneten Durchflussrate Q_c und einer Soll-Durchflussrate Q_s steuert; wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst; Ausgeben eines einer Prüfamplitude V_o aufweisenden Prüfsignals ΔQ_s an das Steuerventil CV aus der Durchflussraten-Einstellschaltung oder einer Prüfschaltung, die in dem druckbasierten Durchflussregler vorgesehen ist; Messen einer Druckamplitude V eines variablen Drucks ΔP_1 des Drucks P_1 auf der stromaufwärts gelegenen Seite, der auf eine Öffnungs- oder Schließ-einstellung des Steuerventils CV hin entsteht; und Auslösen eines Alarms für die Verstopfung der Durchflussöffnung, wenn die Druckamplitude V kleiner als eine Grenzamplitude V_t ist.

[0019] Gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein druckbasierter Durchflussregler zum Durchführen des Verfahrens nach dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung angegeben, umfassend ein Steuerventil CV, eine Durchflussöffnung, einen Druckdetektor zum Erfassen eines Drucks P_1 auf einer stromaufwärts gelegenen Seite zwischen dem Steuerventil CV und der Durchflussöffnung und eine Durchflussraten-Einstellschaltung, wobei der druckbasierte Durchflussregler so angeordnet ist, dass er den Druck P_1 auf der stromaufwärts gelegenen Seite ungefähr doppelt oder mehr als doppelt so hoch hält als einen Druck P_2 auf der stromabwärts gelegenen Seite, wobei der druckbasierte Durchflussregler so angeordnet ist, dass er mit der Formel $Q_c = KP_1$, in der K eine Konstante ist, eine Durchflussrate Q_c auf der stromabwärts gelegenen Seite berechnet, und der druckbasierte Durchflussregler so angeordnet ist, dass er das Steuerventil auf der Basis eines Differenzsignals Q_y zwischen der berechneten Durchflussrate Q_c und einer Soll-Durchflussrate Q_s steuert; wobei der druckbasierte Durchflussregler so angeordnet ist, dass er eine Prüfamplitude V_o aufweisendes Prüfsignal ΔQ_s an das Steuerventil CV aus der Durchflussraten-Einstellschaltung oder einer Prüfschaltung ausgibt, die in dem druckbasierten Durchflussregler vorgesehen ist; wobei der druckbasierte Durchflussregler so angeordnet ist, dass er eine Druckamplitude V des variablen Drucks ΔP_1 des Drucks P_1 auf der stromaufwärts gelegenen Seite misst, der auf eine Öffnungs- oder Schließ-einstellung des Steuerventils CV hin entsteht; und wobei der druckbasierte Durchflussregler so ange-

ordnet ist, dass er einen Alarm für die Verstopfung der Durchflussöffnung auslöst, wenn die Druckamplitude V kleiner als eine Grenzamplitude V_t ist.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0020] **Fig. 1** ist ein Blockschaltbild eines ersten druckbasierten Durchflussregelsystems FCS nach der vorliegenden Erfindung.

[0021] **Fig. 2** zeigt Signalwellenformen der Soll-Durchflussrate Q_s und des Drucks P_1 auf der stromaufwärts gelegenen Seite bei unverstopfter Durchflussöffnung.

[0022] **Fig. 3** zeigt Signalwellenformen der Soll-Durchflussrate Q_s und des Drucks P_1 auf der stromaufwärts gelegenen Seite bei verstopfter Durchflussöffnung.

[0023] **Fig. 4** ist ein Konzeptdiagramm von Signalwellenformen nach der vorliegenden Erfindung.

[0024] **Fig. 5** ist ein Blockschaltbild eines zweiten druckbasierten Durchflussregelsystems FCS nach der vorliegenden Erfindung.

[0025] **Fig. 6** ist ein Flussdiagrammbeispiel für das Erkennen einer durch eine Verstopfung der Durchflussöffnung bedingten anormalen Durchflussrate.

[0026] **Fig. 7** ist ein Konzeptdiagramm, für den Fall, dass das Prüfsignal ein Impulssignal ist.

[0027] **Fig. 8** ist eine Signalwellenform in der Betriebsart zum Erkennen einer anormalen Durchflussrate, die zuvor von den Erfindern verwendet wurde.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0028] Im Folgenden werden die Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben.

[0029] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erkennen einer anormalen Durchflussrate in einem druckbasierten Durchflussregler. Die Bedingungen, unter denen der druckbasierte Durchflussregler arbeitet, sind die gleichen wie die in der offen gelegten japanischen Patentanmeldung Nr. 8-338546 beschriebenen. Mit anderen Worten: Wenn der Druck P_1 auf der stromaufwärts gelegenen Seite doppelt oder mehr als doppelt so hoch gehalten wird als der Druck P_2 auf der stromabwärts gelegenen Seite, hängt die Rate Q_c auf der stromabwärts gelegenen Seite lediglich von dem Druck P_1 auf der stromaufwärts gelegenen Seite ab und eine lineare Beziehung $Q_c = KP_1$ trifft hochpräzise zu. Bei gleichen Gasen und identischen Durchflussöffnungen ist

die Proportionalkonstante K fest. Bei Verwendung einer anderen Durchflussöffnungsbohrung mit dem gleichen Gas, sollte die Konstante K verändert werden.

[0030] Wenn also ein bestimmtes Fluid auf eine feste Durchflussrate Q_s geregelt wird, wird ein Steuerventil CV so betätigt, dass für den Druck P_1 auf der stromaufwärts gelegenen Seite gilt: $P_1 = Q_s/K$. Das heißt, während der Druck P_1 auf der stromaufwärts gelegenen Seite ständig gemessen wird, wird das Steuerventil CV lediglich in Beziehung dazu eingestellt.

Ausführungsbeispiel 1

[0031] **Fig. 1** ist ein Blockschaltbild eines ersten druckbasierten Durchflussregelsystems FCS nach vorliegender Erfindung.

[0032] In **Fig. 1** ist ein Strömungskanal **4** auf der stromaufwärts gelegenen Seite einer Durchflussöffnung **2** mit einem von einem Antrieb **8** betätigten Steuerventil CV verbunden. Ein Strömungskanal **6** auf der stromabwärts gelegenen Seite ist über eine Gasentnahmeverbindung **12** mit einer (nicht dargestellten) Fluidreaktionseinheit verbunden.

[0033] Der Druck P_1 auf der stromaufwärts gelegenen Seite der Durchlassöffnung wird durch eine Druckdetektor **14** erfasst und über eine Verstärkerschaltung **16** auf einer Druckanzeige **22** angezeigt. Der Ausgang wird durch einen A/D-Wandler **18** digitalisiert, und eine Durchflussrate Q auf der stromabwärts gelegenen Seite der Durchlassöffnung wird durch die Formel $Q = KP_1$ (in der K eine Konstante ist) in einer Zentraleinheit CPU berechnet.

[0034] Unterdessen wird die von einem Temperaturdetektor **24** erfasste Temperatur T_1 auf der stromaufwärts gelegenen Seite der Durchlassöffnung der CPU über eine Verstärkerschaltung **26** und einen A/D-Wandler **28** zugeführt, und die Durchflussrate Q wird temperaturkompensiert und eine berechnete Durchflussrate Q_c wird erarbeitet.

[0035] Von einer Durchflussraten-Einstellschaltung **32** wird über einen A/D-Wandler **34** eine Soll-Durchflussrate Q_s ausgegeben und an die CPU gesendet. In der CPU wird das Differenzsignal Q_y zwischen dem Signal der berechneten Durchflussrate Q_c und dem Signal der Soll-Durchflussrate Q_s durch die Formel $Q_y = Q_c - Q_s$ berechnet, und das Differenzsignals Q_y wird über eine Verstärkerschaltung **40** an den Antrieb **8** ausgegeben. Der Antrieb **8** betätigt das Steuerventil CV, um das Differenzsignal Q_y auf null zu bringen, so dass die berechnete Durchflussrate Q_c auf der stromabwärts gelegenen Seite gleich der Soll-Durchflussrate Q_s ist.

[0036] Eine Prüfschaltung **31** ist eine Prüfsignalerzeugungsschaltung, die von der CPU gesteuert und später beschrieben wird. Sie betätigt den Antrieb **8** über eine Verstärkerschaltung **33**.

[0037] Eine Verstopfungserkennungsschaltung **35** enthält die Prüfschaltung **31** und die Verstärkerschaltung **33**.

[0038] In [Fig. 1](#) bezeichnet das Bezugszeichen M eine Speichereinheit, die Bezugszahl **42** einen Kommunikationsausgang PT für die Kommunikation mit der Umgebung, die Bezugszahl **44** bezeichnet externe Schaltungen wie eine Triggerschaltung, die Bezugszahl **46** eine Alarmschaltung, die zu aktivieren ist, wenn die Durchlassöffnung verstopft, die Bezugszahl **48** eine Stromschaltung SC, das Bezugszeichen **50** eine externe +/- 15 V-Stromquelle. Die Bezeichnung AMP steht jeweils für eine Verstärkerschaltung und die Bezeichnung A/D jeweils für einen A/D-Wandler.

[0039] Was das Steuerventil CV betrifft, so wird ein Metallmembranventil des so genannten Direktberührungstyps verwendet. Ein piezoelektrisches Element wird als Antrieb **8** für das Steuerventil CV eingesetzt. Alternativ können andere Antriebseinheiten in dem Antrieb **8** zum Steuern des Steuerventils CV verwendet werden. Zu diesen anderen Antriebseinheiten gehören magnetostriktive Antriebseinheiten, elektromagnetische Antriebe, Motorantriebseinheiten, pneumatische Antriebseinheiten und auf Wärmeausdehnung basierende Antriebseinheiten.

[0040] Der Druckdetektor **14** ist ein Halbleiter-Verformungsdrucksensor. Alternativ können als Druckdetektoren auch Metallfolien-Verformungsdruckfühler, kapazitive Druckfühler und Magnetwiderstands-Druckfühler verwendet werden.

[0041] Der Temperaturdetektor **24** dieses Ausführungsbeispiels ist ein thermoelektrischer Temperaturfühler. Alternativ können andere bekannte Temperaturfühler verwendet werden, wie beispielsweise Widerstands-Kolbentemperaturfühler.

[0042] Die Durchlassöffnung **2** dieses Ausführungsbeispiels ist eine Durchlassöffnung aus einer Metallplattendichtung mit einer durch Schneiden ausgebildeten Bohrung. Alternativ können andere bekannte Durchlassöffnungen verwendet werden, wie beispielsweise ein extrem dünnes Rohr und eine Durchlassöffnung aus einer Metallmembran mit einer durch Ätzen oder durch elektroerosive Bearbeitung ausgebildeten Bohrung.

[0043] Das eine Durchlassöffnung verwendende druckbasierte Durchflussregelsystem wird als FCS bezeichnet. Unter Verwendung dieses FCS untersuchte der Erfinder Anormalitäten, die bei verstopfter

Durchlassöffnung auftreten.

[0044] Wenn die Verstopfungserkennungsschaltung **35** zum Erkennen einer anormalen Durchflussrate nicht in Betrieb ist, wird eine stationär eingestellte Soll-Durchflussrate Q_{so} von der Durchflussraten-Einstellschaltung **32** ausgegeben, so dass das Steuerventil CV von dem Antrieb **8** auf einen bestimmten Öffnungsgrad geregelt und eingestellt wird. Somit ist der Druck P_1 auf der stromaufwärts gelegenen Seite auf einen stationär eingestellten Druck P_{10} eingestellt.

[0045] Um in diesem Zustand eine Verstopfung zu erkennen, wird ein Verstopfungserkennungsstartsignal von einer externen Schaltung **44** in die CPU eingegeben. Mit dem Startsignal als Triggersignal setzt die CPU das Ausgeben von Steuersignalen an die Verstärkerschaltung **40** aus. Die CPU gibt sofort Signale an die Prüfschaltung **31** aus. Von der Prüfschaltung **31** wird ein Soll-Durchflussratensignal $Q_s(t)$ ausgegeben, das gemäß der Formel $Q_s(t) = Q_{so} + \Delta Q_s$ aus der stationär eingestellten Soll-Durchflussrate Q_{so} und einem Prüfsignal ΔQ_s besteht.

[0046] Das Soll-Durchflussratensignal $Q_s(t)$ steuert den Antrieb **8** über die Verstärkerschaltung **33** zum Betätigen des Steuerventils CV. Mit anderen Worten: Während das FCS nicht in Betrieb ist, wird das Verstopfen der Durchlassöffnung von der Prüfschaltung **31** mit dem Prüfsignal ΔQ_s überprüft, wobei die Durchflussrate durch die Durchlassöffnung auf der stationär eingestellten Soll-Durchflussrate Q_{so} gehalten wird. Das Erkennen einer Verstopfung ist nach kurzer Zeit beendet, und daher ist die Regelung der Durchflussrate durch das stationär eingestellte Soll-Durchflussratensignal Q_{so} während der Zeit für das Erkennen einer Verstopfung gewährleistet. Ist die Durchlassöffnung nicht verstopft, so kehrt der Betrieb sofort wieder in den FCS-Regelungsbetrieb zurück, und der Vorgang zum Erkennen einer Verstopfung hat keine Auswirkungen auf die Durchflussraten-Regelung.

[0047] [Fig. 2](#) zeigt Signalwellenformen der Soll-Durchflussrate $Q_s(t)$ und des Drucks $P_1(t)$ auf der stromaufwärts gelegenen Seite bei unverstopfter Durchlassöffnung. Wie oben erwähnt, folgt das Soll-Durchflussratensignal $Q_s(t)$ von der Prüfschaltung **31**, das sich aus dem stationär eingestellten Soll-Durchflussratensignal Q_{so} und dem Prüfsignal ΔQ_s zusammensetzt, der Formel $Q_s(t) = Q_{so} + \Delta Q_s$.

[0048] Das stationär eingestellte Soll-Durchflussratensignal Q_{so} ist ein 2,5-Volt-Gleichstrom. Das Prüfsignal ΔQ_s ist ein Sinuswellensignal mit einer Amplitude von 0,5 Volt und einer Frequenz von 0,2 Hz. Das heißt, die Soll-Durchflussrate Q_s ist als $Q_s = 2,5 + 0,5 \sin(\omega t)$ in Volt gegeben. Als Gas wurde N_2 -Gas verwendet, und die Temperatur des Gases betrug 21 °C.

Die geprüfte unverstopfte Durchlassöffnung hatte einen Bohrungsdurchmesser von 68 μm . Der Wert der stationär eingestellten Soll-Durchflussrate Q_{so} war 69,2 sccm.

[0049] Auch in diesem Fall ist der Druck $P_1(t)$ auf der stromaufwärts gelegenen Seite als eine Synthese des stationär eingestellten Soll-Drucks P_{10} und des variablen Drucks ΔP_1 gegeben, das heißt $P_1(t) = P_{10} + \Delta P_1$. Der stationär eingestellte Druck P_{10} ist eine auf den stationär eingestellten Wert geregelte Komponente, und der variable Druck ΔP_1 ist eine Antwortwellenform für das Prüfsignal ΔQ_s . Der variable Druck ΔP_1 ist eine gedehnte Sinuswellenform. Wenn P_1 durch das Sinuswellensignal angenähert wird, wenn gilt: $P_{10} = 250 \text{ mV}$ und $\Delta P_1 = 200 \sin(\omega t) \text{ mV}$, so folgt P_1 der Formel: $P_1 = 250 + 200 \sin(\omega t)$.

[0050] **Fig. 3** zeigt Signalwellenformen des Soll-Durchflussratensignals $Q_s(t)$ und des Drucks $P_1(t)$ auf der stromaufwärts gelegenen Seite bei verstopftem Ventil. Der Durchmesser der verwendeten Durchlassöffnung ist 62 μm . Es wird vorausgesetzt, dass die Durchlassöffnung gegenüber derjenigen in **Fig. 2** ungefähr zu 10% verstopft ist. Wenn das gleiche Soll-Durchflussratensignal $Q_s(t) = 2,5 + 0,5 \sin(\omega t)$ wie in **Fig. 2** vorliegt, weicht der Druck $P_1(t)$ auf der stromaufwärts gelegenen Seite deutlich ab. Das heißt, der Druck P_1 auf der stromaufwärts gelegenen Seite beträgt $P_1 = 70 + 90 \sin(\omega t)$. Die tatsächliche stationär eingestellte Soll-Durchflussrate war 57,2 sccm.

[0051] Ein Vergleich zwischen **Fig. 2** und **Fig. 3** zeigt, dass sich der stationär eingestellte Druck P_{10} von 250 mV auf 70 mV ändert und der variable Druck ΔP_1 sich von $200 \sin(\omega t)$ auf $90 \sin(\omega t)$ ändert. Da die Durchlassöffnung verstopft ist, ist es unvermeidbar, dass der stationär eingestellte Druck P_{10} mehr oder weniger schwankt.

[0052] Es wird ferner darauf hingewiesen, dass der Grund dafür, dass der Druck $P_1(t)$ auf der stromaufwärts gelegenen Seite in Bezug auf das Prüfsignal ΔQ_s phasenverzögert ist, in der Bereitschaftsverzögerung liegt. Bei der vorliegenden Erfindung stellt die Verzögerung τ jedoch kein Problem dar. Der oben erwähnte variable Druck ΔP_1 wurde bezüglich der Amplitude ermittelt. Er kann ebenso bezüglich eines V_{pp} , das heißt bezüglich des Spitze-zu-Spitze-Wertes ermittelt werden.

[0053] Die Erfinder erkannten, dass das Verstopfen der Durchlassöffnung den variablen Druck ΔP_1 stark verändert. Das heißt, Tatsache ist, dass, wenn der variable Druck ΔP_1 in $V \sin(\omega t)$ angegeben ist, die Druckamplitude V von $\pm 200 \text{ mV}$ auf $\pm 90 \text{ mV}$ steil abfällt, wenn ebenfalls $\Delta Q_s = 0,5 \sin(\omega t) \text{ Volt}$ als Prüfsignal vorliegt. Aufgrund dieser Tatsache kann man das Verstopfen der Durchlassöffnung anhand

der Abnahme der Druckamplitude V des variablen Drucks erkennen, so dass außen ein Alarm für das Verstopfen der Durchflussöffnung unter Verwendung von Alarmsignalen ausgelöst werden kann.

[0054] **Fig. 4** ist ein Konzeptdiagramm von Signalwellenformen nach vorliegender Erfindung, das die oben angesprochenen Punkte zusammenfasst. Wenn die Durchflussrate durch das stationär eingestellte Soll-Durchflussratensignal Q_{so} geregelt wird, wird die Regelung der Durchflussrate durch das FCS unterbrochen, um das Verstopfen der Durchflussöffnung zu prüfen. Sofort wird das Prüfsignal $\Delta Q_s = V_o \sin(\omega t)$ von der Prüfschaltung dem Signal Q_{so} überlagert und ausgegeben.

[0055] Dann wird das Antwortsignal, das heißt der Druck $P_1(t)$ auf der stromaufwärts gelegenen Seite gemessen. Der Druck $P_1(t)$ auf der stromaufwärts gelegenen Seite setzt sich aus dem stationär eingestellten Druck P_{10} und dem variablen Druck $\Delta P_1 = V \sin(\omega t)$ zusammen. Die berechnete Durchflussrate Q_c wird gemäß der Formel $Q_c = K P_{10}$ aus dem stationär eingestellten Druck P_{10} errechnet. Wenn währenddessen die Druckamplitude V des variablen Drucks ΔP_1 kleiner als die Grenzamplitude V_t ist, wird dies als Anzeichen für eine Verstopfung der Durchflussöffnung gewertet, und von der CPU wird ein Alarmsignal an eine Alarmschaltung **46** ausgegeben.

[0056] Die Anordnung ist derart, dass der variable Druck ΔP_1 bei unverstopfter Durchflussöffnung in $\Delta P_1 = V_{po} \sin(\omega t)$ angegeben wird. Daher bedeutet $V_t < V \leq V_{po}$, dass keine Verstopfung vorliegt. Wenn $V \leq V_t$ gilt, so bedeutet dies, dass eine Verstopfung vorliegt, und ein Alarmsignal wird ausgegeben.

[0057] Das Setzen einer Grenzamplitude V_t ist mehr oder weniger beliebig. Dies hängt von der Prüfamplitude V_o in dem Prüfsignal $\Delta Q_s = V_o \sin(\omega t)$ sowie von dem Grad der Verstopfung ab. Im Falle eines bestimmten Prüfsignals $\Delta Q_s = V \sin(\omega t)$ wird daher die Grenzamplitude V_t auf der Basis empirischer Werte eingestellt.

Ausführungsbeispiel 2

[0058] **Fig. 5** ist ein Blockschaltbild eines druckbasierten Durchflussregelsystems, in dem eine Verstopfung erkannt wird, ohne dass eine Verstopfungserkennungsschaltung vorgesehen ist. Im Durchflussratenregelbetrieb wird ein stationär eingestelltes Soll-Durchflussratensignal Q_{so} von einer Durchflussraten-Einstellschaltung **32** ausgegeben, und die Öffnungs- oder SchließEinstellung des Steuerventils CV wird durch eine CPU geregelt, und der Druck P_1 auf der stromaufwärts gelegenen Seite wird auf einen stationär eingestellten Druck P_{10} geregelt.

[0059] Wenn der Prozess in diesem Zustand auf ei-

nen Verstopfungserkennungsbetrieb umgeschaltet wird, wird ein Soll-Durchflussratensignal $Q_s(t) = Q_{so} + V_o \sin(\omega t)$ von der Durchflussraten-Einstellschaltung **32** and die CPU ausgegeben. Die CPU regelt die Öffnungs- und Schließereinstellung des Steuerventils CV über eine Verstärkerschaltung **40**. Der Druck $P_1(t)$ auf der stromaufwärts gelegenen Seite zeigt $P_1(t) = P_{10} + V \sin(\omega t)$. Mit dieser Druckamplitude V wird eine Verstopfung auf die gleiche Art und Weise wie oben beschrieben erkannt.

[0060] Mit anderen Worten: Das Erkennen einer Verstopfung in **Fig. 1** erfolgt mittels einer Prüfschaltung **31**, die separat von dem FCS vorgesehen ist. In **Fig. 5** erfolgt das Erkennen einer Verstopfung nur in dem FCS. Bei ersterem Ausführungsbeispiel wird die FCS-Regelung im Verstopfungserkennungsbetrieb zeitweise unterbrochen. Bei letzterem wird die FCS-Regelung gleichzeitig ausgeführt. Bei ersterem hat eine kurze Unterbrechung der FCS-Regelung jedoch nur geringe Auswirkungen auf die Regelung der Durchflussrate.

[0061] **Fig. 6** ist ein Flussdiagrammbeispiel für das Erkennen einer anormalen Durchflussrate bedingt durch eine Verstopfung der Durchflussöffnung. Dieses Flussdiagramm gilt für die beiden in den **Fig. 1** und **Fig. 5** gezeigten Einrichtungen.

[0062] Wird in Schritt n1 bestätigt, dass sich das FCS im Durchflussratenregelbetrieb befindet, wird das stationär eingestellte Soll-Durchflussratensignal Q_{so} von der Durchflussraten-Einstellschaltung **32** als das Soll-Durchflussratensignal Q_s ausgegeben (n2). Wenn der Druck P_1 auf der stromaufwärts gelegenen Seite gemessen ist (n3), wird die Durchflussrate Q auf der stromabwärts gelegenen Seite mit der Formel $Q = K P_1$ berechnet (n4).

[0063] Ferner wird die Temperatur T_1 auf der stromaufwärts gelegenen Seite gemessen (n5), und die Durchflussrate Q auf der stromabwärts gelegenen Seite wird zu dem berechneten Durchfluss Q_c temperaturkompensiert (n6).

[0064] Das Differenzsignal Q zwischen der berechneten Durchflussrate Q_c und der Soll-Durchflussrate Q_s wird mit der Formel $Q_y = Q_c - Q_s$ berechnet (n7). Ist Q_y negativ (n8), so wird die Öffnung des Steuerventils CV leicht erhöht (n9). Ist Q_y positiv (n10), so wird die Öffnung des Steuerventils CV leicht verringert (n11). Der Prozess kehrt dann wieder zu Schritt n3 zurück. Durch Wiederholen dieses Prozesses wird das Ventil so geregelt, dass die berechnete Durchflussrate Q_c auf die Soll-Durchflussrate Q_s gebracht wird. Somit wird die Durchflussrate des durch die Durchflussöffnung strömenden Gases auf die anfängliche stationär eingestellte Soll-Durchflussrate Q_{so} geregelt.

[0065] Ist der Betrieb zum Erkennen einer Verstopfung der Durchflussöffnung eingestellt (n12), wird das Soll-Durchflussratensignal $Q_s = Q_{so} + V_o \sin(\omega t)$ ausgegeben, welches das Prüfsignal $\Delta Q_s = V_o \sin(\omega t)$ enthält (n13). In **Fig. 1** wird dieses von der Prüfschaltung **31** ausgegeben, während es in **Fig. 5** von der Durchflussraten-Einstellschaltung **32** ausgegeben wird. Da das stationär eingestellte Soll-Durchflussratensignal Q_{so} überlagert wird, kann der Vorgang zum Erkennen einer Verstopfung während des Regels der Durchflussrate ablaufen.

[0066] Der Druck P_1 auf der stromaufwärts gelegenen Seite wird als $P_1(t) = P_{10} + V \sin(\omega t)$ erfasst (n14). Der stationär eingestellte Druck P_{10} ist für das Regeln der Durchflussrate bestimmt, und die Druckamplitude V wird aus dem variablen Druck $\Delta P_1 = V \sin(\omega t)$ berechnet (n15). Ist die Druckamplitude V größer als die Grenzamplitude V_t (n16), wird dies so beurteilt, dass keine Verstopfung vorliegt, und der Prozess kehrt wieder zu Schritt n1 zurück. Ist die Druckamplitude V kleiner als die Grenzamplitude V_t (n16), wird dies so beurteilt, dass die Durchflussöffnung verstopft ist, und ein Alarmsignal wird abgegeben (n17).

[0067] **Fig. 7** ist ein Konzeptdiagramm für den Fall, dass das Prüfsignal ein Impulssignal ist. Die Höhe des Impulssignals ist die Prüfamplitude V_o . In Antwort auf den Signaldruck $P_1(t)$ auf der stromaufwärts gelegenen Seite wird ebenfalls der variable Druck ΔP_1 dem stationär eingestellten Druck P_{10} überlagert. Ist die Höhe dieses variablen Drucks ΔP_1 , d.h. die Druckamplitude V kleiner als die Grenzamplitude V_t , wird dies so beurteilt, dass die Durchflussöffnung verstopft ist. Weitere Einzelheiten, die denen der **Fig. 4** entsprechen, werden nicht beschrieben.

[0068] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung wird der variable Druck ΔP_1 aus dem Druck P_1 auf der stromaufwärts gelegenen Seite als Reaktion auf die Eingabe von einer separat vorgesehenen Prüfschaltung gewonnen, und die Druckamplitude V wird lediglich mit der Grenzamplitude V_t verglichen, um das Verstopfen der Durchflussöffnung zu überprüfen. Daher können Anormalitäten in der Durchflussrate aufgrund einer Verstopfung der Durchflussöffnung unter einfachen Umständen angezeigt werden.

[0069] Gemäß einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung ist keine separate Prüfschaltung vorgesehen, und es ist möglich, das Verstopfen der Durchflussöffnung unter Verwendung des unmodifizierten druckbasierten Durchflussreglers nach dem Stand der Technik zu überprüfen. Daher können anormale Durchflussraten mit einem recht einfachen Verfahren erkannt werden.

[0070] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel

der Erfindung kann die Durchflussöffnung durch das Prüfsignal ΔQ_s auf eine Verstopfung überprüft werden, während die Durchflussrate mit dem stationär eingestellten Soll-Durchflussratensignal Q_{so} geregelt wird. Dies hat ein epochemachendes Verfahren zustande gebracht, bei dem nach Anormalitäten der Durchflussrate gesucht wird, während die Durchflussrate geregelt wird. Mit anderen Worten: Die Erfindung dieses Ausführungsbeispiels hat ziemlich progressive Effekte gegenüber dem Erkennungsverfahren nach dem Stand der Technik, bei dem das Durchflussraten-Regelsystem angehalten wird, bevor der Betrieb zum Erkennen von Anormalitäten gestartet wird.

[0071] Es wird auch darauf hingewiesen, dass aufgrund der Tatsache, dass eine Überprüfung auf Anormalitäten der Durchflussrate während der Durchflussratenregelung durchgeführt werden kann, falls die Durchflussrate aufgrund einer Verstopfung des Durchflussöffnung abfällt, die Durchflussrate so geregelt werden kann, dass sie um den Betrag erhöht wird, um den sie abgefallen ist, so dass die Durchflussrate des durch die Durchflussöffnung strömenden Gases auf einem konstanten Pegel gehalten werden kann.

[0072] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung können Sinuswellenformsignale als Prüfsignale verwendet werden, und folglich kann bekannte elektronische Technologie für Sinuswellen eingesetzt werden, was die Schaltungskonfiguration vereinfachen kann.

[0073] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung können Impulssignale als Prüfsignale verwendet werden, und daher kann bekannte Impuls-Technologie eingesetzt werden, was es möglich macht, die Durchflussrate in einer einfachen Schaltungskonfiguration auf Anormalitäten zu überprüfen.

Bezugszeichenliste

2	Durchflussöffnung
4	Strömungskanal auf der stromaufwärts gelegenen Seite
8	Antrieb
12	Gas entnahmeverbindung
14	Druckdetektor
16	Verstärkerschaltung
18	A/D-Wandler
22	Druckanzeige
24	Temperaturdetektor
26	Verstärkerschaltung
28	A/D-Wandler
31	Erkennungsschaltung
32	Durchflussraten-Einstellschaltung
33	Verstärkerschaltung
34	A/D-Wandler
35	Verstopfungserkennungsschaltung

40	Verstärkerschaltung
42	Kommunikationsausgang
44	externe Schaltung
46	Alarmschaltung
48	Energiequellenschaltung
50	externe Schaltung
AMP	Verstärkerschaltung
A/D	A/D-Wandlungsschaltung
AL	Alarmschaltung
CPU	Zentralverarbeitungseinheit
CV	Steuerventil
ES	externe Energiequelle
M	Speichereinheit
P_1	Druck auf der stromaufwärts gelegenen Seite
P_2	Druck auf der stromabwärts gelegenen Seite
P_{10}	stationär eingestellter Druck
ΔP_1	variabler Druck
Q_s	Soll-Durchflussrate
Q_s	Soll-Durchflussratensignal Q_s
Q_{so}	stationär eingestellte Soll-Durchflussrate Q_{so}
Q_{so}	stationär eingestelltes Soll-Durchflussratensignal Q_{so}
SC	Energiequellenschaltung SC

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erkennung einer anormalen Durchflussrate in einem druckbasierten Durchflussregler, wobei der druckbasierte Durchflussregler ein Steuerventil CV, eine Durchflussöffnung (2) und einen Druckdetektor (14), der an einer stromaufwärts gelegenen Seite zwischen dem Steuerventil CV und der Durchflussöffnung (2) einen Druck P_1 erfasst, und eine Durchflussraten-Einstellschaltung umfasst, wobei der druckbasierte Durchflussregler so angeordnet ist, dass er den Druck P_1 auf der stromaufwärts gelegenen Seite ungefähr doppelt oder mehr als doppelt so hoch hält als einen Druck P_2 auf der stromabwärts gelegenen Seite, wobei der druckbasierte Durchflussregler so angeordnet ist, dass er mit der Formel $Q_c = K P_1$, in der K eine Konstante ist, eine Durchflussrate Q_c auf der stromabwärts gelegenen Seite berechnet, und der druckbasierte Durchflussregler so angeordnet ist, dass er das Steuerventil auf der Basis eines Differenzsignals Q_y zwischen der berechneten Durchflussrate Q_c und einer Soll-Durchflussrate Q_s einstellt; wobei das Verfahren **dadurch gekennzeichnet** ist, dass es die folgenden Schritte umfasst: Ausgabe eines eine Prüfamplitude V_0 aufweisenden Prüfsignals ΔQ_s an das Steuerventil CV aus der Durchflussraten-Einstellschaltung oder einer Prüfschaltung, die in dem druckbasierten Durchflussregler vorgesehen sind; Messung einer Druckamplitude V eines variablen Drucks ΔP_1 des Drucks P_1 auf der stromaufwärts ge-

legen Seite, der auf eine Öffnungs- oder Schließ-einstellung des Steuerventils CV hin entsteht; und Auslösung eines Alarms bei Verstopfung der Durchflussöffnung, wenn die Druckamplitude V kleiner als eine Grenzamplitude V_t ist.

2. Verfahren zur Erkennung einer anormalen Durchflussrate nach Anspruch 1, ferner umfassend den Schritt, das Prüfsignal ΔQ_s einer stationär eingestellten Soll-Durchflussrate Q_{so} zu überlagern und an das Steuerventil CV ein resultierendes Signal auszugeben.

3. Verfahren zur Erkennung einer anormalen Durchflussrate nach Anspruch 1, wobei das Prüfsignal ΔQ_s ein Sinuswellensignal ist.

4. Verfahren zur Erkennung einer anormalen Durchflussrate nach Anspruch 1, wobei das Prüfsignal ΔQ_s ein Impulssignal ist.

5. Druckbasierter Durchflussregler zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4, umfassend ein Steuerventil CV, eine Durchflussöffnung (2), einen Druckdetektor (14), der auf einer stromaufwärts gelegenen Seite zwischen dem Steuerventil CV und der Durchflussöffnung (2) einen Druck P_1 erfasst, und eine Durchflussraten-Einstellschaltung, wobei der druckbasierte Durchflussregler so angeordnet ist, dass er den Druck P_1 auf der stromaufwärts gelegenen Seite ungefähr doppelt oder mehr als doppelt so hoch hält als einen Druck P_2 auf einer stromabwärts gelegenen Seite, der druckbasierte Durchflussregler so angeordnet ist, dass er mit der Formel $Q_c = K P_1$, in der K eine Konstante ist, eine Durchflussrate Q_c auf der stromabwärts gelegenen Seite berechnet, und der druckbasierte Durchflussregler so angeordnet ist, dass er das Steuerventil auf der Basis eines Differenzsignals Q_y zwischen der berechneten Durchflussrate Q_c und einer Soll-Durchflussrate Q_s einstellt, dadurch gekennzeichnet, dass: der druckbasierte Durchflussregler so angeordnet ist, dass er von der Durchflussraten-Einstellschaltung oder einer Prüfschaltung, die in dem druckbasierten Durchflussregler vorgesehen sind, ein eine Prüfamplitude V_o aufweisendes Prüfsignal ΔQ_s an das Steuerventil CV ausgibt, der druckbasierte Durchflussregler so angeordnet ist, dass er eine Druckamplitude V des variablen Drucks ΔP_1 des Drucks P_1 auf der stromaufwärts gelegenen Seite misst, der auf eine Öffnungs- oder Schließ-einstellung des Steuerventils CV hin entsteht, und der druckbasierte Durchflussregler so angeordnet ist, dass er einen Alarm bei Verstopfung der Durchflussöffnung auslöst, wenn die Druckamplitude V kleiner als eine Grenzamplitude V_t ist.

6. Druckbasierter Durchflussregler nach Anspruch 5, wobei der druckbasierte Durchflussregler

so angeordnet ist, dass er ein Prüfsignal ΔQ_s einer stationär eingestellten Soll-Durchflussrate Q_{so} überlagert und der druckbasierte Durchflussregler so angeordnet ist, dass er an das Steuerventil CV ein resultierendes Signal ausgibt.

7. Druckbasierter Durchflussregler nach Anspruch 5, wobei das Prüfsignal ΔQ_s ein Sinuswellensignal ist.

8. Druckbasierter Durchflussregler nach Anspruch 5, wobei das Prüfsignal ΔQ_s ein Impulssignal ist.

9. Druckbasierter Durchflussregler nach einem der Ansprüche 5 bis 8, sofern der druckbasierte Durchflussregler die Prüfschaltung umfasst, ferner umfassend:

einen Temperatordetektor (24) zum Erfassen einer Fluidtemperatur auf einer stromaufwärts gelegenen Seite in einem zwischen dem Steuerventil CV und der Durchflussöffnung (2) angeordneten Rohrdurchgang, eine Alarmschaltung (46), eine externe Schaltung (44), eine Speicherschaltung M, eine Zentralverarbeitungseinheit CPU, die angeordnet ist, um Signale von zugehörigen Detektoren und Schaltungen zu empfangen und an diese auszugeben, einen Treiber (8) zum Antreiben des Steuerventils CV, eine Verstopfungserkennungsschaltung (35), die mit einer Prüfsignalerzeugungsschaltung (31) und einer Verstärkerschaltung (33) versehen ist, wobei die Verstopfungserkennungsschaltung parallel zu einer Versorgungsleitung des Differenzsignals Q_y mit dem Treiber (8) verbunden ist, wobei die externe Schaltung (44) angeordnet ist, um an die Zentralverarbeitungseinheit CPU ein Triggersignal auszugeben, die Zentralverarbeitungseinheit CPU angeordnet ist, um die Versorgungsleitung des Differenzsignals Q_y auf null zu bringen, wenn das Triggersignal von der Zentralverarbeitungseinheit CPU empfangen wird, und die Zentralverarbeitungseinheit CPU angeordnet ist, um von der Durchflussraten-Einstellschaltung (32) die Soll-Durchflussrate Q_s zu empfangen und an die Verstopfungserkennungsschaltung (35) ein entsprechendes, stationär eingestelltes Soll-Durchflusssignal Q_{so} auszugeben, wobei das Durchflusssignal Q_s gleich $Q_{so} + \Delta Q_s$ ist, die Prüfsignalerzeugungsschaltung (31) so angeordnet ist, dass sie das eine Prüfamplitude V_o aufweisende Prüfsignal ΔQ_s erzeugt, wobei das Prüfsignal zu der erwähnten, stationär eingestellten Soll-Durchflussrate Q_{so} addiert und von der Verstopfungserkennungsschaltung (35) an den Treiber (8) des Steuerventils CV ausgegeben wird, wobei die Öffnungs/Schließoperationen des Steuerventils CV auf die Anwendung des Durchflusssignals Q_s ansprechen, die Öffnungs-/Schließoperationen die Druckamplitude V des Fluktuationsdrucks ΔP_1 des Drucks P_1 auf der stromaufwärts gelegenen Seite erzeugen, die Zentralverarbeitungseinheit CPU angeordnet ist, um die

Druckamplitude V mit der vorbestimmten Grenzamplitude V_t zu vergleichen und dadurch über die Alarmschaltung (**46**) die Verstopfung der Durchflussöffnung meldet, wenn die Druckamplitude V kleiner als die Grenzamplitude V_t ist.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

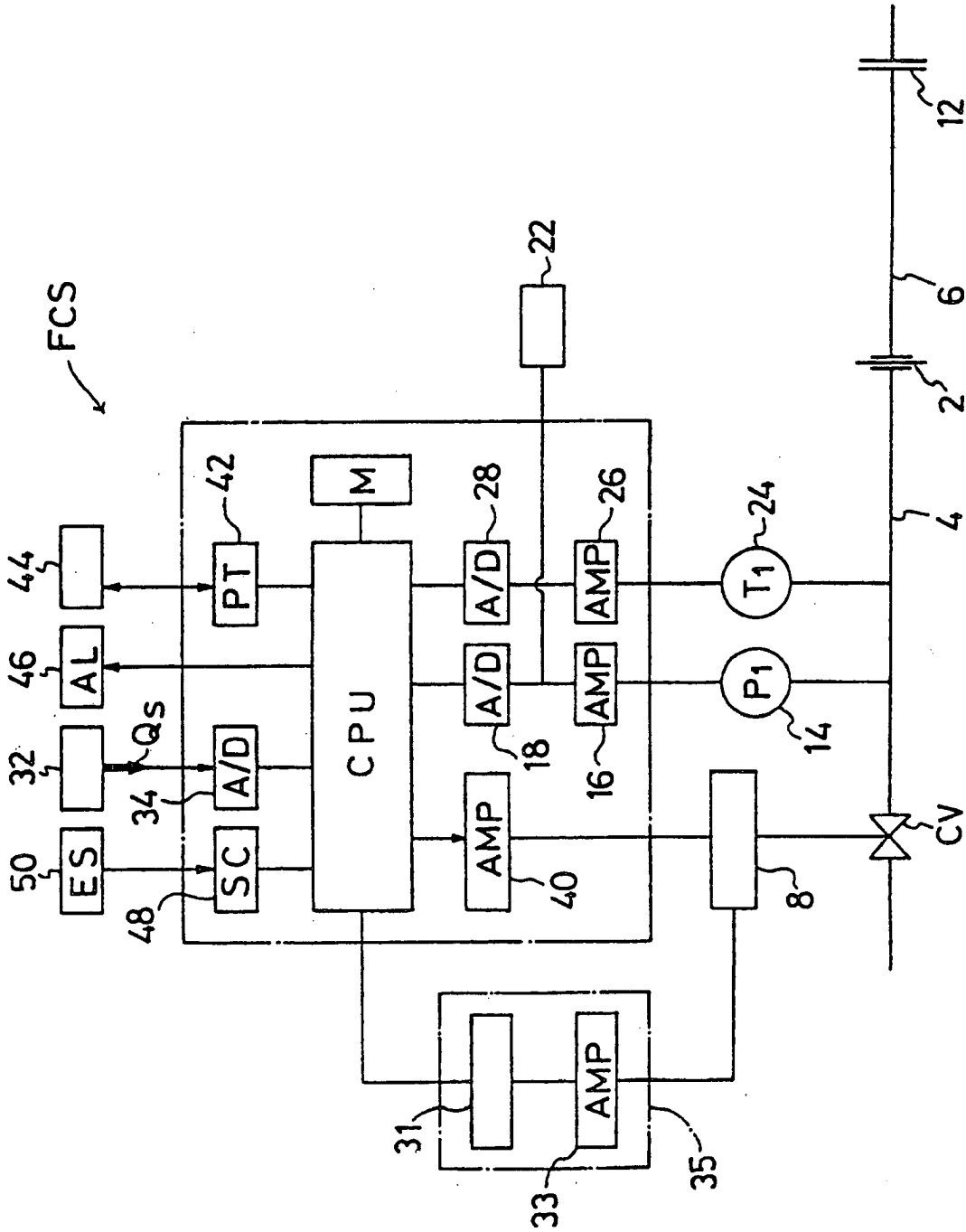


FIG. 2

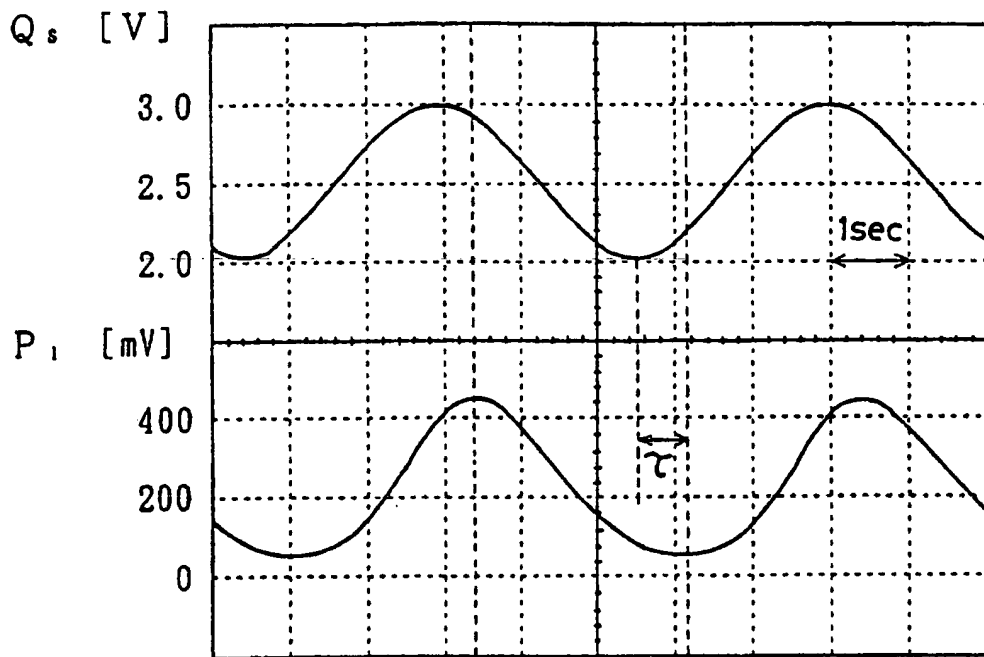


FIG. 3

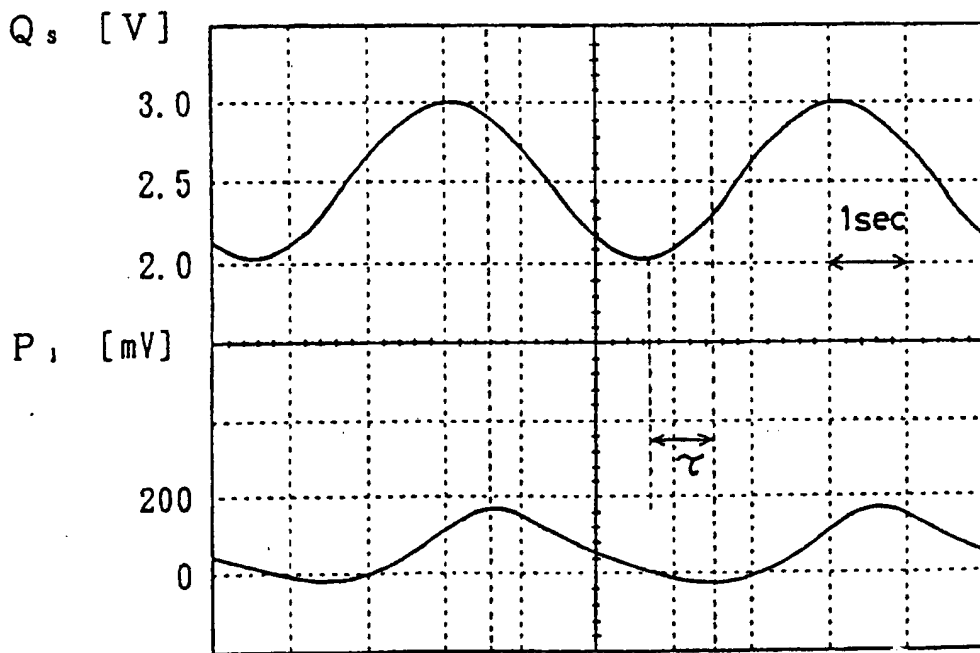


FIG. 4

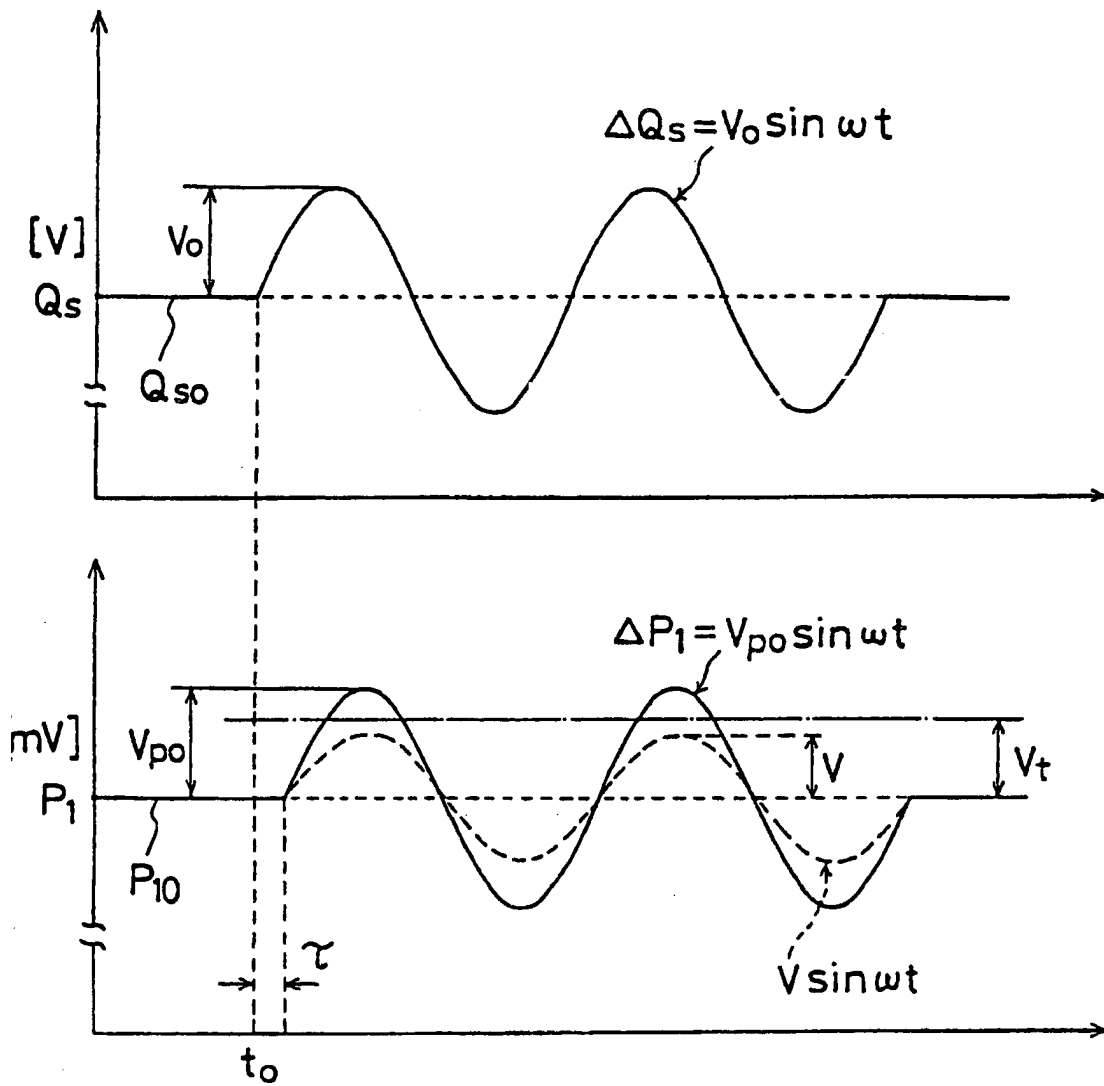


FIG. 5

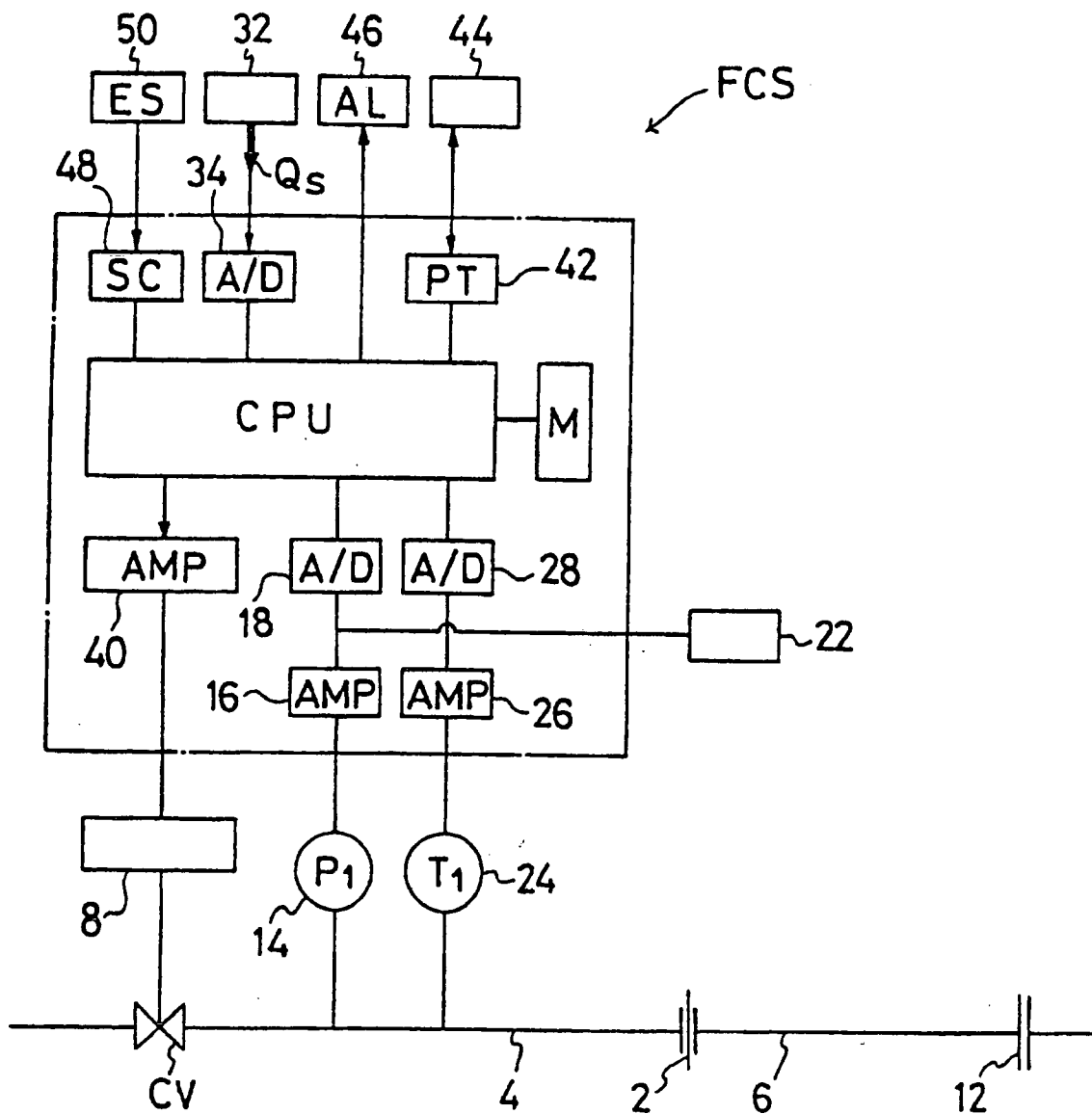


FIG. 6

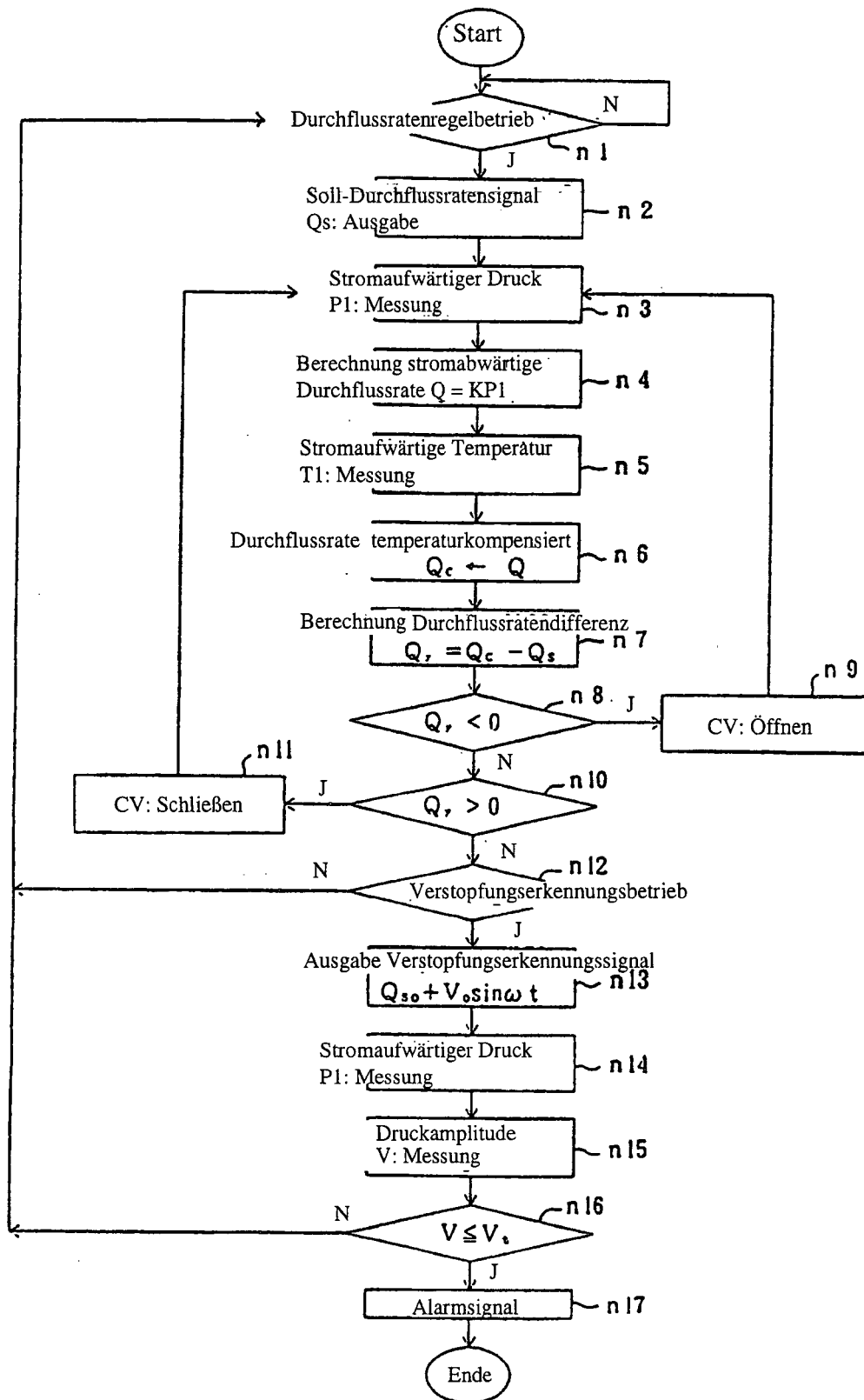


FIG. 7

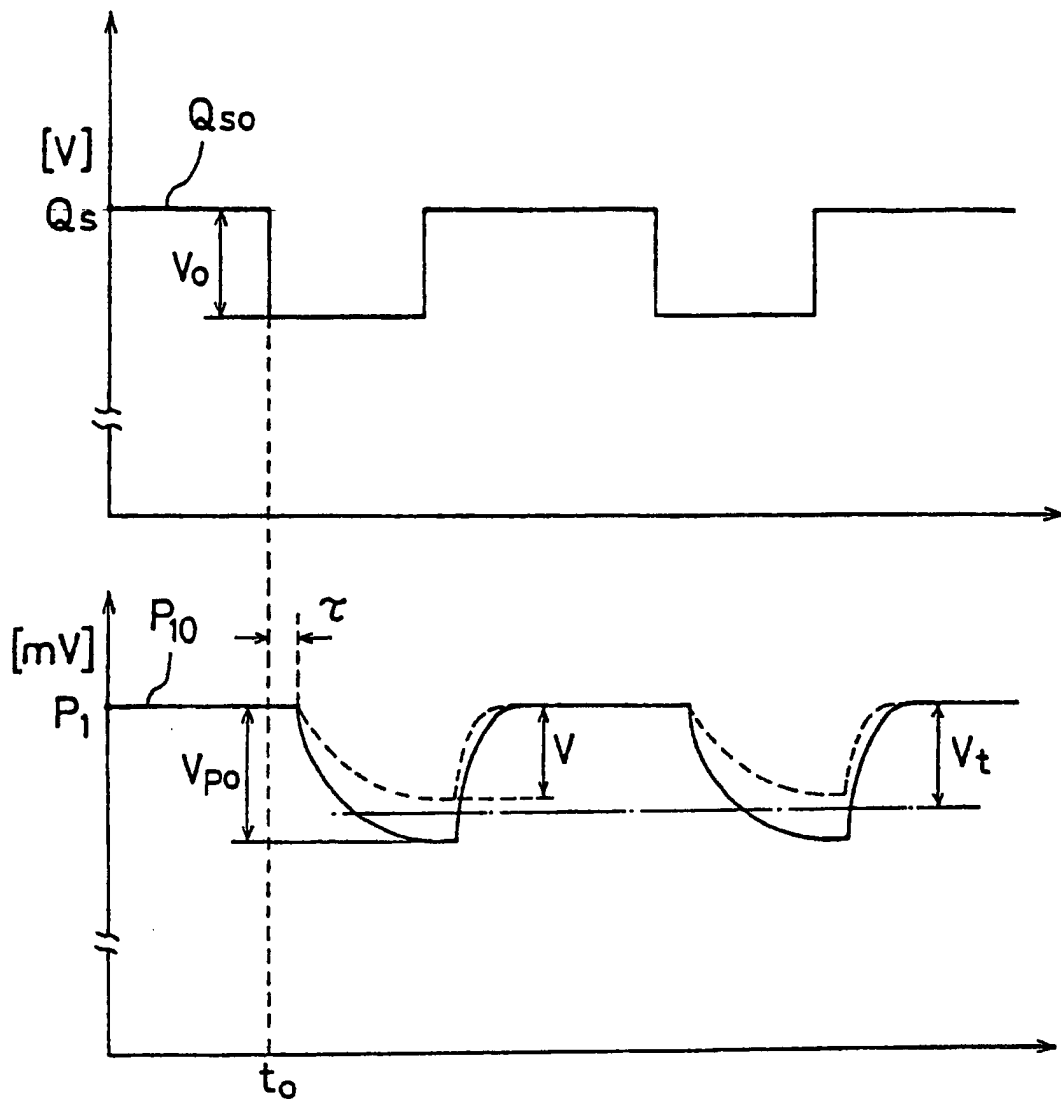


FIG. 8

