



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 231 736 A1

4(51) B 01 D 3/42

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP B 01 D / 266 115 7

(22) 09.08.84

(44) 08.01.86

(71) VEB Petrolchemisches Kombinat Schwedt, 1330 Schwedt (Oder), DD

(72) Schmidt, Helmut, Dipl.-Ing.; Drößiger, Hans, Dipl.-Phys.; Müller, Eckard, Dipl.-Ing.; Schober, Günter, Dr.-Ing.; Gramm, Reinhard, Dipl.-Ing.; Hesselbarth, Manfred, Dr.-Ing.; Müller, Gert; Lange, Manfred, Dipl.-Chem.; Fenske, Siegfried; Hesse, Ingo, DD

(54) **Schaltungsanordnung zur Steuerung einer aus zwei getrennten Sektionen bestehende Aromatentrennkolonne mit Seitenabzug**

(57) Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung mit deren Hilfe das möglich ist, aus 2 Sektionen A und B bestehende Kolonnensysteme, die mittels partieller Beheizung betrieben werden, stabil am Rande der Grenzlast, der am wenigsten belastbaren Sektion zu betreiben. Aus der Tatsache das eine Minderung der Ausbeute durch nicht spezifikationsgerechtes Produkt bei Überschreiten der Stabilitätsgrenze verhindert, eine gleichmäßige Qualität der Seitenabzugszielkomponente erreicht, eine Maximalauslastung des Kolonnensystems verwirklicht und gleichzeitig eine Senkung des spezifischen Energieeinsatzes pro Tonne Finalprodukt realisiert wird, resultiert ein hoher ökonomischer Nutzen beim Anwender derartiger Kolonnensysteme. Zur Steuerung des genannten Kolonnensystems, wird eine Schaltungsanordnung benutzt, welche aus einem Trenneffektivitätskalkulator 25, einem Grenzbelastungskalkulator 26, Druck-, Temperatur-, Mengenmeßfühlern und 3 Steleinrichtungen besteht. Besonders effektiv läßt sich die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung bei Aromatentrennprozessen einsetzen, wo es auf hohe Reinheiten bei Maximalauslastung bestehender Anlagen unter niedrigen Betriebskosten ankommt. Fig. 1

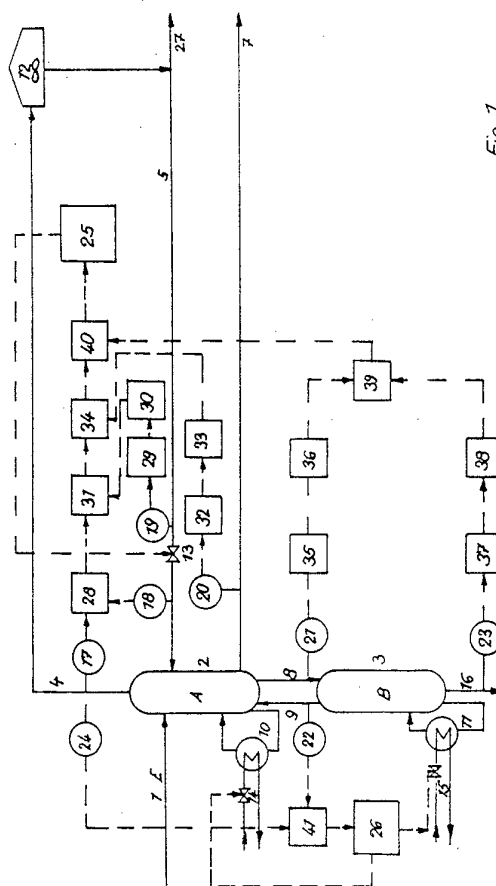


Fig. 1

Erfindungsanspruch:

1. Schaltungsanordnung zur Steuerung einer aus 2 getrennten Sektionen bestehenden Aromatentrennkolonne mit Seitenabzug, der ein Einlaufgemisch zugeführt wird, mit einem Auslaß für ein dampfförmiges Kopfprodukt im oberen Teil der Sektion A, einen Auslaß für das Sumpfprodukt im Sumpf der Sektion B, einen Seitenabzug im unteren Bereich der Sektion A, einen Sumpfabzug zur energie- und massenseitigen Kopplung im unteren Teil der Sektion A zum Kopf der Sektion B, einen Rückstrom zur Anreicherung der Seitenabzugszielkomponente vom Kopf der Sektion B (3) zum unteren Teil der Sektion A (2), einen Luftkühler zur Kondensation des Kopfproduktes, einen Einlaß für den Rückfluß, welcher flüssig am oberen Teil der Sektion A aufgegeben wird, einen Destillatabzug nach dem Luftkühler am oberen Teil der Sektion A, je einen Sumpfumlauferhitzer für die Sektion A und B zur partiellen Beheizung, einen Temperatur- und Druckmeßfühler im Geiströhr der Sektion A, einen Mengen- und Temperaturmeßfühler mit Stellorgan in der Kopfrücklaufleitung der Sektion A, einen Mengenmeßfühler im Seitenstrom, einen Mengenmeßfühler in der Leitung zur energie- und massenseitigen Kopplung zwischen Sektion A und B, einen Mengenmeßfühler im Sumpfabzug im unteren Teil der Sektion B, einen Druckmeßfühler in der Rückstromleitung von der Sektion B zur Sektion A, je ein Stellorgan zwecks Einstellung der Heizdampfmenge zur partiellen Beheizung von Sektion A und B, **gekennzeichnet dadurch**, daß die beiden Temperaturmeßwertgeber für die Temperatur (17, 18) für die Temperatur im Ausgang des Kopfproduktes und im Einlaß für den Rückfluß angeordnet sind, die Meßwertgeber für Temperatur und Differenzdruck mit einem Rechenwerk (28-31) verbunden sind, der Ausgang des letzten Werkes einem Rechenwerk (34) vorgeschaltet ist, der Eingang dieses Rechenwerkes den Rechenwerken (32, 33) vorgeschaltet und wobei das Rechenwerk (32) mit dem Mengenmeßwertgeber für die Seitenproduktmenge (20) verbunden ist, der Ausgang des Rechenwerkes (34) einen Rechenwerk (40) vorgeschaltet ist, wobei der Eingang des Rechenwerkes (40) über die Rechenglieder (35-38) mit dem Summierer (39) verbunden ist, wobei das Rechenwerk (35) mit dem Mengenmeßfühler (31) und das Rechenwerk (37) mit dem Mengenmeßfühler (23) gekoppelt ist, dem Ausgang des Summierers (40) ein Trenneffektivitätskalkulator (25) nachgeschaltet ist, welcher mit der Stelleinrichtung (13) verbunden ist.
2. Schaltungsanordnung nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß dem Grenzbelastungskalkulator (26) der Summierer (41) vorgeschaltet ist, welcher mit dem Kopfdruckmeßfühler (22) in der Leitung (9) und den Kopfdruckmeßfühler (24) in der Geistleitung (4) der Sektion A verbunden ist und der Ausgang des Grenzbelastungskalkulators (26) auf die Stelleinrichtung (14) und/oder (15) geschaltet ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung, mit deren Hilfe es möglich ist, Kolonnen, die aus 2 getrennt ausgeführten Sektionen A und B bestehen und die mittels Partialbeheizung betrieben werden, somit stoff- und energieseitig gekoppelt sind, optimal zu betreiben.

Besonders vorteilhaft läßt sich die Erfindung dort einsetzen, wo unterschiedliche Bodenbestückungen in den Sektionen z. B. die Kombination Ventil/Performkontaktböden und große Schwankungen hinsichtlich der Eingangsqualität und Menge vorliegen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Die Trennung von flüssigen Stoffgemischen mittels fraktionierter Destillation durch Siedepunktsdifferenz ist ein bekanntes Verfahren, welches in sehr großer Anzahl in der Volkswirtschaft, vorzugsweise in der chemischen Industrie durchgeführt wird. Die Kolonnen enthalten dabei eine Reihe von Einbauten zur Kontaktierung der flüssigen und dampfförmigen Phase, welche aus Böden verschiedenster Bauart wie Füllkörper bzw. Packungen bestehen können.

Das zu trennende Gemisch wird der Kolonne zugeführt und die zur Trennung erforderliche Wärme durch den Einlauf und/oder durch Verdampfer im unteren Teil der Kolonne eingebracht. Das leichtersiedende Gemisch wird gewöhnlich über Kopf und die schwerersiedende Fraktion über Sumpf abgezogen.

Nach Bedarf werden auch im Zwischenbereich siedende Komponenten vor allem Erdölgemischen, aus der Kolonne in ein oder mehreren Fraktionen als Seitenabnahmen gezogen. Weiterhin ist erprobte Praxis bei der Durchführung der fraktionierten Destillation, zur Erhöhung der Trennschärfe und zur Aufrechterhaltung eines inneren Rückflusses, einen Teil des kondensierten Kopfproduktes als äußerer Rückfluß der Kolonne wieder zuzuführen.

Obgleich das Prinzip der fraktionierten Destillation selber genügend genau geklärt ist, treten beim praktischen Betrieb solcher Kolonnen bedingt durch mannigfaltige Störgrößen immer wieder Schwierigkeiten auf, welche sich in einer nicht normgerechten Spezifikation der Endprodukte äußern.

Als Störgrößen, welche den Prozeß beeinflussen, wären zu nennen: Eingangskonzentrationsänderungen, Änderungen der Eingangsmenge, des Kolonnendruckes und der Sumpfeiswärme. Durch den in der letzten Zeit verstärkten Einsatz von Luftkühlern zur Kondensation der Kopfproduktdämpfe, führt jede Änderung der Lufttemperatur zu einer Änderung des äußeren Rückflusses und damit zu neuen vorher unbekannten Schwierigkeiten beim Betrieb solcher ausgerüsteten Kolonnen oder Kolonnensysteme. Wenn z. B. die Lufttemperatur fällt (plötzlicher Regen) erhöht sich der äußere Rückfluß, was zu Überreinheiten zu Lasten einer verminderten Kopfproduktmenge führt. Sehr problematisch sind die schon anfangs erwähnten Eingangskonzentrationsänderungen, da der Stoffaustausch die dominierende Zeitkonstante bei der Regelung derartiger Prozesse darstellt.

Je nach Größe und Flüssigkeitsinhalt der Kolonnen, machen sich solche Änderungen nach einer mehr oder minder langen Zeit bei der Qualität der Endprodukte bemerkbar und machen den Betrieb auf diese oder jene Art instabil. Ein anderer Aspekt ist, daß die destillativen Trennprozesse innerhalb der Erdölverarbeitungsindustrie Hauptverbraucher von Energie sind, und im Zuge einer kontinuierlichen Energieverteuerung verfahrenstechnisch immer neue Einsparungsstrategien gesucht und gefunden werden, welche eine dafür geeignete optimale Regelungsstruktur notwendig machen.

Weltweit existieren eine kaum überschaubare Anzahl von regelungstechnischen Lösungen, welche entweder den Destillationsprozeß gegen vielfältige Störungen stabilisieren und/oder ermöglichen, diesen energieoptimal zu betreiben. Die Vielfalt der Schaltungsanordnungen resultiert, sowohl aus der Stoffspezifik einzelner Destillationstrennprozesse, als auch aus apparatetechnischen Gesichtspunkten.

So ist ein bestimmtes Regelungskonzept nicht brauchbar gleichzeitig für alle destillativen Trennprozesse. So stellen die BTX-Aromatentrennprozesse die kompliziertesten und aufwendigsten Rektifikationsprozesse überhaupt dar, bei welchen höchste Reinheiten gefordert sind.

Kleine Durchsätze bei hohen Bodenzahlen unter hohen Rücklaufverhältnissen zeichnen diese Verfahren aus. So sind z.B. Destillationskolonnen bekannt, welche mit 300 Böden bestückt und mit Rücklaufverhältnissen von 200 und mehr betrieben werden.

Es ist leicht verstellbar, welche Zeiten vergehen, wenn bei derartigen Systemen die Stabilitätsgrenze überschritten und durch geeignete Gegenmaßnahmen wieder ein stabiler Betrieb erreicht wird.

Da der innere Rückfluß einer Kolonne entscheidet über ihre Trennwirkung bzw. über die Reinheit der Endprodukte bei gegebener Bodenbestückungen, ging man dazu über, bei häufiger Änderung der Rückflußtemperatur, die Menge des inneren Rückflusses zu bestimmen und diese Bestimmung für Steuerzwecke auszunutzen.

Eine solche Bestimmung kann auf Grundlage der Mengenummessung des äußeren Rücklaufes und einer Messung der Temperaturdifferenz zwischen dem der Kolonne zugeführten äußeren Rückfluß und der Kolonnenkopfdampftemperatur durchgeführt werden.

Weiterhin werden zur Bestimmung des inneren Rücklaufes die mittleren spezifischen Wärmen und die mittleren Verdampfungswärmen der Komponenten benötigt. Diese können im Falle eines 2 oder 3-Stoffgemisches problemlos als Konstanten eingegangen werden.

Die umgewandelten Impulse, welche dieser genannten Messung entsprechen, werden kombiniert und über das Regelventil des äußeren Rücklaufes, der innere Rückfluß eingestellt.

Diese Schaltungsanordnungen sind jedoch nicht brauchbar für Kolonnen, aus welchen neben dem Kopf und Sumpfprodukt mindestens ein Seitenprodukt abgezogen wird.

Es sind Regelungsanordnungen bekannt, wie in der DE-PS 742079 beschrieben, wo der äußere Rückfluß konstant gehalten und der Seitenabzug geregelt wird aber auch Schaltungsanordnungen, wie in der US-PS 3475287 offenbart, bei denen sowohl auf die vorher geschilderte Weise der innere Rückfluß bestimmt und eingestellt, als auch der Seitenabzug bei der Bestimmung des inneren Rückflusses berücksichtigt und gestellt wird. Es sind auch andere Lösungen bekannt wie z. B. gemäß der US-PS 4348259, bei denen die Menge der Seitenstromabnahme aus einer Kalkulation der Einzelkomponenten des Kopf- und Sumpfproduktes bestimmt und eingestellt wird.

Alle diese Regeleinrichtungen sind nicht brauchbar bei speziellen Kolonnenschaltungen wie z. B. bei getrennt ausgeführten Kolonnensektionen mit Partialbeheizung, die über die Energie- und Massenbilanz direkt gekoppelt sind.

Da diese Kolonnen aus Gründen einer hohen Effektivität an der hydraulischen Grenzlast, der am geringsten hydraulisch belastbaren Sektion betrieben werden, kann jede Änderung der partiellen Beheizung bzw. des Durchsatzes, zum überschreiten dieser Grenze führen. Die dadurch auftretenden Instabilitäten führen zu nicht vertretbaren Produktionsverlusten, welche sich häufig über einen Zeitraum je nach Qualität des Anlagenpersonals von 24 Stunden und größer erstrecken. Um diese Verluste zu minimieren bzw. ganz auszuschließen besteht deshalb die Notwendigkeit einer äußerst exakten Regelung und Kontrolle des inneren Rücklaufes, um die hydraulische Grenzlast bei bestehenden Qualitätsforderungen, besonders bei diesen Kolonnensystemen.

Da es sich bei derartigen Apparaten um verfahrenstechnische Neuentwicklungen handelt, welche spezifische Forderungen in Bezug auf das Betreiben derartiger Systeme stellt, gilt es dafür eine Schaltungsanordnung zu entwickeln die die folgenden Nachteile der anfangs erwähnten Lösungen nicht aufweist:

- keine Bestimmung des für die Stofftrennung entscheidenden inneren Rückflusses bei getrennt ausgeführten Sektionen A und B mit partieller Beheizung;
- kein stabiles Betreiben des Systems nahe der hydraulischen Grenzlast, der am geringsten belastbaren Sektion;
- keine oder nur ungenügende Berücksichtigung des spez. Energieeinsatzes pro Tonne Finalprodukt.

Ziel der Erfindung

Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung hat das Ziel gegenüber bekannten Anordnungen mit Hilfe einer Regeleinrichtung eine aus 2 getrennten Sektionen A und B bestehende Kolonne, die mittels Partialbeheizung betrieben wird, einen Seitenabzug besitzt und mit unterschiedlichen Böden in den beiden Sektionen ausgerüstet ist, so zu steuern, daß der innere Rückfluß trotz energie- und massenseitiger Kopplung mit der Sektion B im Bereich des Seitenabzuges konstant gehalten, so daß eine Maximierung des Seitenproduktes in der Sektion A bei gegebenen Qualitätsgrenzen erreicht und der spezifische Energieeinsatz pro Tonne Finalprodukt minimiert wird.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Schaltungsanordnung zu schaffen, die eine Steuerung von zwei getrennten Sektionen durch Spezifikation des inneren Rücklaufes erlaubt, um ein stabiles Betriebsverhalten zu erreichen.

Um das Wesen der Erfindung zu erläutern, muß kurz auf die Notwendigkeit des Baues und Betriebes von Kolonnensystemen mit 2 voneinander getrennt ausgeführten Sektionen A und B, die sich in der Regel nach Bodenbestückung und Anzahl unterscheiden und partiell beheizt werden, eingegangen werden.

Sie haben gegenüber konventionellen Systemen folgende Vorteile:

- Senkung bzw. Differenzierung des inneren Rückflußverhältnisses und des Dampf-Flüssigkeitsbelastungsverhältnisses in den einzelnen Kolonnensektionen;
- Reduzierung des energetischen Aufwandes im Vergleich zu Kolonnen mit gleicher Bodenzahl und konstantem inneren Rücklaufverhältnis;
- Reduzierung der Abmessung der einzelnen Kolonnensektionen;
- Anwendung von Heizdampf geringerer Druckstufe im Reboiler der oberen Kolonnensektion.

Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, daß es mit den bisher bekannten Anordnungen nicht möglich ist, Anforderungen, die das Betreiben derartiger Kolonnensysteme betreffen, gerecht zu werden. Es wurde deshalb eine Lösung für dieses Problem gesucht und gefunden, die den effektiven und stabilen Betrieb derartiger Apparate ermöglichen.

Von der Schaltungsanordnung sind folgende Aufgaben zu lösen:

1. Konstanthaltung des für die Stofftrennung ausschlaggebenden inneren Rückflusses im Bereich des Seitenabzuges unter Berücksichtigung des Seitenabzuges, der Destillatmenge, des äußeren Kopfrücklaufes und des Rückdampfes aus der Sektion B der Kolonnenschaltung.
2. Betreiben des Kolonnensystems unter den Bedingungen der hydraulischen Grenzlast, der am schwächsten belastbaren Sektion zur Erhöhung der Effektivität und damit zur Senkung der Betriebsverluste durch instabiles Arbeiten des Systems.

Die Schaltungsanordnung hat folgenden Aufbau:

Eine aus den Sektionen 2 und 3 bestehende thermische Trenneinheit wird über die Zuleitung 1 mit Einsatzgemisch versorgt. Die für die Stofftrennung erforderliche Wärmeenergie wird für die Sektion 2 partiell vom Sumpfumlauferhitzer 10 und für Sektion 3 vom Sumpfumlauferhitzer 11 zur Verfügung gestellt.

Ein dampfförmiges Kopfprodukt wird durch die Leitung 4 abgezogen, durch den Luftkühler 12 kondensiert und teils über die Leitung 5 als äußerer Kopfrücklauf in die Kolonnensektion 2 und teils als Destillat über die Leitung 27 abgeführt.

Im unteren Teil der Sektion 2 wird ein Seitenprodukt über die Leitung 7 abgeführt.

Die energie- und massenseitige Kopplung zwischen Sektion A2 und Sektion B3 erfolgt über die Leitung 8 und 9. Das Sumpfprodukt der Sektion B3 wird über die Leitung 16 abgezogen.

Die vorher gemachten Ausführungen dienen zur näheren Erläuterung der Schaltungsanordnung.

Ziel der Schaltungsanordnung ist es, zum Zweck einer effektiven Trennung den inneren Rücklauf im Bereich des Seitenabzuges konstant zu halten (Finalzielprodukt). Zu diesem Zweck ist der Trenneffektivitätskalkulator 25 mit dem Temperaturmeßfühler 17 und 18, den Mengenmeßfühlern 19, 20, 21 und 23 verbunden.

Der Trenneffektivitätskalkulator bestimmt über die Formel $Ri_{ox} = R_a (1 + K \Delta T) - R_{ss} + R_{RS}$ mit Hilfe von Rechenwerken (Summierer, Multiplizier und Quadratwurzelzieher) den inneren Rücklauf, Ri_{ox} genannt. Mit Hilfe dieses Signals wird über die Stelleinrichtung 13 der äußere Rücklauf verstellt, so daß bei Veränderung der Umgebungstemperatur, der Seitenabzugsmenge und der Kolonnenbelastung der Sektion B3 der innere Rücklauf im Bereich des Seitenabzuges konstant gehalten wird.

Es bedeutet:

Ri_{ox} = inneren Rücklauf im Bereich des Seitenabzuges

R_a = äußere Rücklaufmenge

K = konstante welche die spezifische Wärme und die Verdampfungswärme r des Gemisches beinhaltet ($K = \frac{C_p}{r}$)

ΔT = Temperaturdifferenz zwischen Temperatur Geistrohr 17 und Temperatur in der Rücklaufleitung 18

R_{ss} = Menge des Seitenstromes

R_{KS} = Menge des Rückstromes gebildet aus der Differenz von 21–23

Es wird also zur Einstellung des inneren Rücklaufes nicht nur wie bei vorher beschriebenen Lösungen die Umgebungsbedingungen und/oder die Seitenabzugsmenge berücksichtigt, sondern auch der den inneren Rückfluß beeinflussende, über die Leitung 9 führende Rückdampf aus der Sektion B3. Ein zweites Ziel der Schaltungsanordnung besteht in dem Betreiben des Kolonnensystems unter den Bedingungen der hydraulischen Grenzlast für die Sektion B3.

Zu diesem Zweck ist der Grenzbelastungskalkulator 26 mit den Druckmeßfühlern 22 und 24 verbunden.

Mit Hilfe des Rechenwerkes (Summierer) bildet der Grenzbelastungskalkulator 26 aus der Druckdifferenz 22–24 ein Signal, welches auf die Stelleinrichtungen 15 und/oder 14 gegeben wird und sich somit belastungsabhängig die erforderliche Heizdampfmenge einstellt. Dadurch wird ein instabiles Arbeiten des Systems verbunden mit hohen Betriebs- und Energieverlusten verhindert bzw. ein schnelles Einfahren auf den stabilen Betriebsbereich ermöglicht.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll an-hand eines Beispiels näher erläutert werden:

In der Figur 1 wird die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung aufgezeigt.

Der Kolonnensektion A (2) und Kolonnensektion B (3) wird ein Einsatzgemisch über die Leitung 1 zugeführt, welches aus C_8 und C_9 -Aromaten besteht.

Über den Kopf der Sektion A2 erfolgt die Abgabe von C_8 -Aromaten, über den Seitenstrom von OX-Aromaten und über den Sumpf der Sektion B2 werden C_9 -Aromaten entnommen.

Die Steuerung des Systems muß unter besonderer Berücksichtigung einer maximalen o-Xylen Abnahme (nachfolgend oX genannt) bei bestimmter Qualitätsforderung, in diesem Falle zwischen 50% und 65% oX-Anteil und unter Senkung des spezifischen Energieeinsatzes pro Tonne Finalprodukt erfolgen. Gleichzeitig müssen instabile Betriebszustände durch Überschreiten der Grenzlast von Sektion B3 verhindert werden.

Wird z. B. der Seitenstrom durch einsatzbedingte Qualitätsschwankungen verstellt, in unserem Fall verkleinert, so wird über den Trenneffektivitätskalkulator 25 die Mengendifferenz des Seitenstromes bestimmt, die Menge des Rückstromes aus der Sektion B3 kalkuliert, über die Formel $Ri_{ox} = R_a (1 + K T) - R_{ss} + R_{RS}$ der neue innere Rücklauf in der Seitensektion bestimmt und über die Stelleinrichtung 13 der äußere Rücklauf verkleinert.

Es bedeutet:

P = Grenzbelastungswert

P_{KB} = Kopfdruk der Sektion B22

P_{KA} = Kopfdruk der Sektion A24

Gleichzeitig erfolgt über einen Summierer und über den Grenzbelastungskalkulator 26 mit Hilfe der Formel $P = P_{KB} - P_{KA}$ eine Überprüfung, ob die Grenzbelastung in der Sektion B3 erreicht ist. Ist dies der Fall, so wird über die Stelleinrichtungen 14 und/oder 15 bevorzugt jedoch über die partielle Beheizung vermindert, so daß das System an der Stabilitätsgrenze betrieben werden kann.

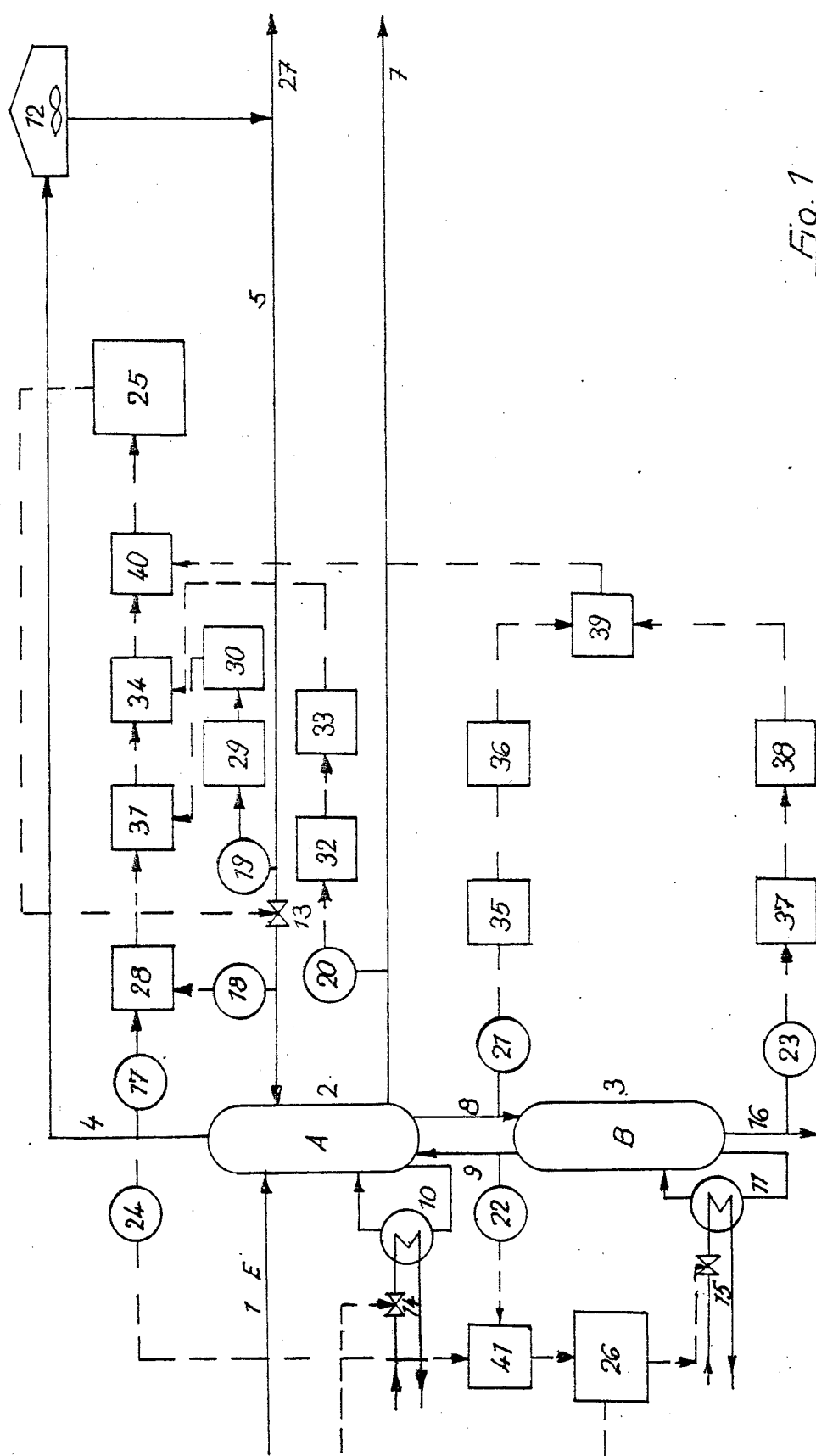


Fig. 1