

WO 2010/094396 A2

Beschreibung

Verfahren zum Abtrennen von Stickstoff

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abtrennen einer Stickstoff-reichen Fraktion aus einer im Wesentlichen Stickstoff und Kohlenwasserstoffe enthaltenden

5 Einsatzfraktion, wobei die Einsatzfraktion rektifikatorisch in eine Stickstoff-reiche und eine Methan-reiche Fraktion aufgetrennt wird.

Ein gattungsgemäßes Verfahren zum Abtrennen einer Stickstoff-reichen Fraktion aus einer im Wesentlichen Stickstoff und Kohlenwasserstoffe enthaltenden Einsatzfraktion
10 sei nachfolgend anhand des in der **Figur 1** dargestellten Prozesses erläutert.

Über Leitung 1 wird die im Wesentlichen Stickstoff und Kohlenwasserstoffe enthaltende Einsatzfraktion, die bspw. aus einer vorgeschalteten LNG-Anlage stammt, herangeführt. Sie weist vorzugsweise einen Druck von mehr als 25 bar auf und wurde
15 ggf. einer Vorbehandlung, wie Schwefelentfernung, Kohlendioxid-Entfernung, Trocknung, etc., unterworfen. Im Wärmetauscher E1 wird sie gegen Verfahrensströme, auf die im Folgenden noch näher eingegangen werden wird, abgekühlt und partiell kondensiert. Über Leitung 1' wird die partiell kondensierte Einsatzfraktion anschließend einer Vortrennkolonne T1 zugeführt.

20

Diese Vortrennkolonne T1 bildet zusammen mit der Niederdruckkolonne T2 eine Doppelkolonne T1/T2. Die thermische Kopplung der Trennkolonnen T1 und T2 erfolgt über den Kondensator/Aufkoher E3.

25 Aus dem Sumpf der Vortrennkolonne T1 wird über Leitung 2 eine Kohlenwasserstoff-reiche Flüssigfraktion abgezogen, im Wärmetauscher E2 gegen Verfahrensströme, auf die im Folgenden noch näher eingegangen werden wird, unterkühlt und anschließend über Leitung 2' und Entspannungsventil a der Niederdruckkolonne T2 im oberen Bereich zugeführt.

30

Über Leitung 3 wird aus dem oberen Bereich der Vortrennkolonne T1 eine flüssige Stickstoff-reiche Fraktion abgezogen. Ein Teilstrom dieser Fraktion wird über Leitung 3' als Rücklauf auf die Vortrennkolonne T1 gegeben. Die über Leitung 3 abgezogene

Stickstoff-reiche Fraktion wird im Wärmetauscher E2 unterkühlt und über die Leitung 3" und Entspannungsventil b der Niederdruckkolonne T2 oberhalb des Einspeisepunktes der vorbeschriebenen Methan-reichen Fraktion zugeführt.

- 5 Über Leitung 4 wird am Kopf der Niederdruckkolonne T2 eine Stickstoff-reiche Gasfraktion abgezogen. Deren Methan-Gehalt beträgt typischerweise weniger als 1 Vol-%. In den Wärmetauschern E2 und E1 wird die Stickstoff-reiche Fraktion anschließend angewärmt und ggf. überhitzt, bevor sie über Leitung 4" abgezogen und in die Atmosphäre entlassen oder ggf. einer anderen Verwendung zugeführt wird.

10

Über Leitung 5 wird aus dem Sumpf der Niederdruckkolonne T2 eine Methan-reiche Flüssigfraktion, die neben Methan die in der Einsatzfraktion enthaltenen höheren Kohlenwasserstoffe beinhaltet, abgezogen. Deren Stickstoff-Gehalt beträgt typischerweise weniger als 5 Vol-%. Die Methan-reiche Fraktion wird mittels der

- 15 Pumpe P auf einen möglichst hohen Druck – dieser liegt üblicherweise zwischen 5 und 15 bar – gepumpt. Im Wärmetauscher E2 wird die Methan-reiche Flüssigfraktion angewärmt und ggf. teilverdampft. Über Leitung 5' wird sie anschließend dem Wärmetauscher E1 zugeführt und in diesem gegen die abzukühlende Einsatzfraktion vollständig verdampft und überhitzt.

20

Mittels des Verdichters V wird die Methan-reiche Fraktion anschließend auf den gewünschten Abgabedruck, der im Regelfall dem Druck der Einsatzgasfraktion in der Leitung 1 entspricht, verdichtet und über Leitung 5" aus dem Prozess abgezogen.

- 25 Gattungsgemäße Verfahren zum Abtrennen einer Stickstoff-reichen Fraktion aus einer im Wesentlichen Stickstoff und Kohlenwasserstoffe enthaltenden Einsatzfraktion werden in sog. NRUs (Nitrogen Rejection Unit) realisiert. Eine Stickstoff-Abtrennung aus Stickstoff/Kohlenwasserstoff-Gemischen wird immer dann durchgeführt, wenn ein erhöhter Stickstoff-Gehalt die bestimmungsgemäße Verwendung des
- 30 Stickstoff/Kohlenwasserstoff-Gemisches verhindert. So überschreitet bspw. ein Stickstoff-Gehalt von mehr als 5 Mol-% typische Spezifikationen von Erdgaspipelines, in denen das Stickstoff/Kohlenwasserstoff-Gemisch transportiert wird. Auch Gasturbinen können nur bis zu einem bestimmten Stickstoff-Gehalt im Brenngas betrieben werden.

35

Derartige NRUs werden in der Regel ähnlich einem Luftzerleger mit einer Doppelkolonne, wie bspw. anhand der Figur 1 beschrieben, als zentraler Prozesseinheit gebaut und im Regelfall in einer sog. Cold Box angeordnet. Im Falle großer Anlagenkapazitäten kommen im Regelfall mehrere, parallel angeordnete Cold
5 Boxen zur Anwendung.

Abhängig von dem Einsatzgebiet, kann die Verfügbarkeit einer NRU von großer Bedeutung sein. Ein Hindernis für eine hohe Verfügbarkeit ist die lange Zeitdauer, die benötigt wird, um den Prozess nach einem länger andauernden Ausfall der im
10 Wesentlichen Stickstoff und Kohlenwasserstoffe enthaltenden Einsatzfraktion (NRU-Einsatzgas) erneut in Betrieb zu nehmen. Ausfälle des NRU-Einsatzgases können abhängig von den vorgeschalteten Prozessen bzw. Anlagen mehrmals pro Jahr auftreten, bspw. durch den Ausfall eines vorgeschalteten NRU-Einsatzgasverdichters oder einer vorgeschalteten LNG/NGL-Anlage.

15 In diesem Zusammenhang ist zwischen der Neuinbetriebnahme aus dem warmen Zustand (Warm Start-up) und dem kalten Zustand (Cold Restart) zu unterscheiden. Der Warm Start-up ist vergleichsweise zeitintensiv, da das komplette Equipment erneut auf tiefkalte Temperaturen abgekühlt werden muss und die Flüssigstände im Prozess
20 aufgebaut werden müssen. Ein Cold Restart nach vergleichsweise kurzen Ausfällen des NRU-Einsatzgases – hierunter sind Ausfallzeiten zwischen 1 und 24 h zu verstehen, wobei diese von den Umgebungsbedingungen, der Größe der Cold Box, der Bauweise und Masse der Wärmetauscher sowie der Strategie für den Cold Restart (mit/ohne Flüssigkeiten aus dem Prozess) abhängen – aus dem kalten Zustand
25 heraus, kann hingegen relativ schnell durchgeführt werden.

Während eines Stillstandes der NRU kommt es aufgrund von unvermeidlichen Isolationsverlusten zu einer Erwärmung der Trennkolonne(n) sowie der Wärmetauscher, Leitungen, etc. Nach einer bestimmten Anwärmzeit, die von der
30 Anlagengröße und den Umgebungsbedingungen bestimmt wird, ist ein Cold Restart nicht mehr möglich. Der Grund hierfür liegt in den zwangsläufig auftretenden, unzulässigen mechanischen Spannungen, die dann auftreten, wenn die (teilweise) aufgewärmten Wärmetauscher mit kalten Flüssigkeiten oder Gasen aus dem Prozess beaufschlagt werden. In einem derartigen Fall muss die NRU daher auf

Umgebungstemperatur angewärmt werden, bevor ein Warm Start-up durchgeführt werden kann.

5 Im Falle längerer Ausfälle des NRU-Einsatzgases, die durch Anlagenfehler oder Wartungsarbeiten verursacht sein können, muss die NRU daher vollständig angewärmt werden, bevor ein zeitintensiver Warm Start-up durchgeführt werden kann. Diese Prozedur kann u. U. länger als eine Woche andauern. Diese lange Warm Start-up-Anfahrzeit geht als Produktionszeit verloren und kann daher zu erheblichen finanziellen Verlusten führen. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn die NRU in andere
10 Anlagen, deren Produktion von der Funktionsfähigkeit der NRU abhängig ist, integriert ist; beispielhaft genannt seien LNG-Anlagen mit einer Brenngasaufbereitung für Gasturbinen durch die NRU.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein gattungsgemäßes Verfahren zum
15 Abtrennen einer Stickstoff-reichen Fraktion aus einer im Wesentlichen Stickstoff und Kohlenwasserstoffe enthaltenden Einsatzfraktion anzugeben, das die vorbeschriebenen Nachteile vermeidet.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird ein gattungsgemäßes Verfahren zum Abtrennen einer
20 Stickstoff-reichen Fraktion aus einer im Wesentlichen Stickstoff und Kohlenwasserstoffe enthaltenden Einsatzfraktion vorgeschlagen, das dadurch gekennzeichnet ist, dass während einer Unterbrechung der Zuführung der Einsatzfraktion zumindest zeitweilig die Stickstoff-reiche und die Methan-reiche Fraktion verdichtet und gemeinsam dem Verfahren als Einsatzfraktion zugeführt
25 werden, wobei die Verdichtung der Stickstoff-reichen und der Methan-reichen Fraktion getrennt und/oder gemeinsam erfolgen kann.

Prinzipiell sind somit 3 alternative Verfahrensweisen realisierbar:

- Vermischen der beiden Fraktionen und anschließendes gemeinsames Verdichten
- 30 - Getrenntes Verdichten beider Fraktionen und anschließendes Vermischen der beiden Fraktionen
- Getrenntes Verdichten beider Fraktionen, Vermischen und anschließendes gemeinsames Verdichten beider Fraktionen

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Abtrennen einer Stickstoff-reichen Fraktion aus einer im Wesentlichen Stickstoff und Kohlenwasserstoffe enthaltenden Einsatzfraktion, die Gegenstände der abhängigen Patentansprüche darstellen, sind dadurch gekennzeichnet, dass

5

- sofern wenigstens ein Verdichter (Methan-Verdichter), der die Methan-reiche Fraktion im Normalbetrieb auf den gewünschten Abgabedruck verdichtet, vorgesehen ist, die Verdichtung der Stickstoff-reichen und der Methan-reichen Fraktion mittels des Methan-Verdichters erfolgt,

10

- sofern die Einsatzfraktion vor der Zuführung in das Verfahren mittels wenigstens eines Verdichters (Einsatz-Verdichter) verdichtet wird, die Verdichtung der Stickstoff-reichen und der Methan-reichen Fraktion mittels des Einsatz-Verdichters erfolgt, und

15

- die Verdichtung der Stickstoff-reichen und/oder der Methan-reichen Fraktion mit einem Verdichter, der im Normalbetrieb funktionslos ist, erfolgt.

Erfindungsgemäß werden während einer Unterbrechung der Zuführung der

20

Einsatzfraktion die Stickstoff-reiche und die Methan-reiche Fraktion nunmehr nicht mehr aus der NRU abgegeben, sondern verdichtet, vermischt und der NRU als Ersatz-Einsatzfraktion zugeführt. Die NRU bzw. das gattungsgemäße Verfahren kann somit nahezu vollständig im geschlossenen Kreislauf betrieben. Grundsätzlich muss mit gewissen Verlusten an Einsatzgas durch Undichtigkeiten sowie druckbegrenzenden Fackelreglern gerechnet werden. Zum Ausgleich dieser Verluste wird ein geregelter Auffüllstrom, der aus Stickstoff und Methan gemischt wird, vorgesehen.

25

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Abtrennen einer Stickstoff-reichen Fraktion aus einer im Wesentlichen Stickstoff und Kohlenwasserstoffe enthaltenden Einsatzfraktion sowie weitere vorteilhafte Ausgestaltungen desselben, die Gegenstände der abhängigen Patentansprüche darstellen, seien im Folgenden anhand des in der

30 **Figur 2** dargestellten Ausführungsbeispieles näher erläutert.

Das in der Figur 2 dargestellte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem in der Figur 1 dargestellten lediglich durch die beiden Leitungen 6 und 7 sowie die Ventile c bis f.

- 5 Zur Realisierung des vorbeschriebenen Kreislaufbetriebes wird die Abgabe der Stickstoff-reichen Fraktion 4" durch Schließen des Ventiles c unterbrochen und die Stickstoff-reiche Fraktion stattdessen bei geöffnetem Ventil d über die Leitung 6 der Methan-reichen Fraktion zugemischt. Die vermischten Fraktionen werden im Verdichter V auf den gewünschten bzw. erforderlichen Anlagendruck verdichtet und anschließend
10 bei geöffnetem Ventil f – das Methan-Abgabeventil e ist geschlossen – über die Leitungen 7 und 1 erneut dem Zerlegungsprozess zugeführt.

- Sollte ein wie in den Figuren 1 und 2 dargestellter Verdichter V nicht vorgesehen sein, wäre ein für den Kreislaufbetrieb geeigneter Verdichter vorzuhalten, der dann
15 ausschließlich für die Verdichtung der beiden Fraktionen während einer Unterbrechung der Zuführung der Einsatzfraktion herangezogen würde.

- Sofern eine NRU in einer LNG-Anlage integriert ist, ist im Regelfall eine Verdichtung der der NRU zuzuführenden Einsatzfraktion vorzusehen. Der hierfür vorgesehene
20 Verdichter kann nunmehr bei der erfindungsgemäßen Verfahrensweise für die Verdichtung der Stickstoff-reichen und der Methan-reichen Fraktion, die vor dem Verdichter vereinigt werden, herangezogen werden. Diese vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist insbesondere dann von Vorteil, wenn ein wie in den Figuren 1 und 2 dargestellter Methan-Verdichter V nicht vorgesehen ist.

- 25 Die vorbeschriebene Ausgestaltung hat darüber hinaus den Vorteil, dass der Einsatzgas-Verdichter – bei LNG-Anlagen ist dies der sog. End Flash Gas-Verdichter – saugt bei Umgebungsdruck an. Dies hat zur Folge, dass der Betriebsdruck der Niederdruckkolonne nicht angehoben werden muss, was im Vergleich zu einer
30 Verdichtung der im Kreislauf geführten Fraktionen mittels der Methan-Verdichters, zu einer geringeren Beeinflussung des Betriebes der NRU führt. So erfüllen bspw. die aus dem Prozess abgezogene Stickstoff-reiche sowie die Methan-reiche Fraktion weiterhin die Produktanforderungen des Normalbetriebes, was bei einer Anhebung des Druckes der Niederdruckkolonne nicht möglich ist. Diese Tatsache verkürzt die Übergangszeit

zwischen dem "Unterbrechungsbetrieb" und dem Normalbetrieb.

Mittels der erfindungsgemäßen Verfahrensweise kann nunmehr auch nach längeren Unterbrechungen der Zuführung des NRU-Einsatzgases eine schnelle Aufnahme des

- 5 Normalbetriebes realisiert werden, da der Betrieb des Trennprozesses im geschlossenen Kreislauf aufrechterhalten und das Anwärmen des Prozesses bzw. der NRU dadurch vermieden wird.

- 10 Der für das erfindungsgemäße Verfahren erforderliche apparative und verfahrenstechnische Mehraufwand ist vergleichsweise gering, so dass die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erzielten Vorteile diesen Mehraufwand zweifelsohne rechtfertigen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Abtrennen einer Stickstoff-reichen Fraktion aus einer im Wesentlichen Stickstoff und Kohlenwasserstoffe enthaltenden Einsatzfraktion, wobei die Einsatzfraktion rektifikatorisch in eine Stickstoff-reiche und eine Methan-reiche Fraktion aufgetrennt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass während einer Unterbrechung der Zuführung der Einsatzfraktion zumindest zeitweilig die Stickstoff-reiche (4'') und die Methan-reiche Fraktion (5'') verdichtet und gemeinsam dem Verfahren als Einsatzfraktion zugeführt werden, wobei die Verdichtung der Stickstoff-reichen (4'') und der Methan-reichen Fraktion (5'') getrennt und/oder gemeinsam erfolgen kann.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei wenigstens ein Verdichter (Methan-Verdichter), der die Methan-reiche Fraktion im Normalbetrieb auf den gewünschten Abgabedruck verdichtet, vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Verdichtung der Stickstoff-reichen (4'') und der Methan-reichen Fraktion (5'') mittels des Methan-Verdichters (V) erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Einsatzfraktion vor der Zuführung in das Verfahren mittels wenigstens eines Verdichters (Einsatz-Verdichter) verdichtet wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Verdichtung der Stickstoff-reichen (4'') und der Methan-reichen Fraktion (5'') mittels des Einsatz-Verdichters erfolgt.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Verdichtung der Stickstoff-reichen (4'') und/oder der Methan-reichen Fraktion (5'') mit einem Verdichter, der im Normalbetrieb funktionslos ist, erfolgt.

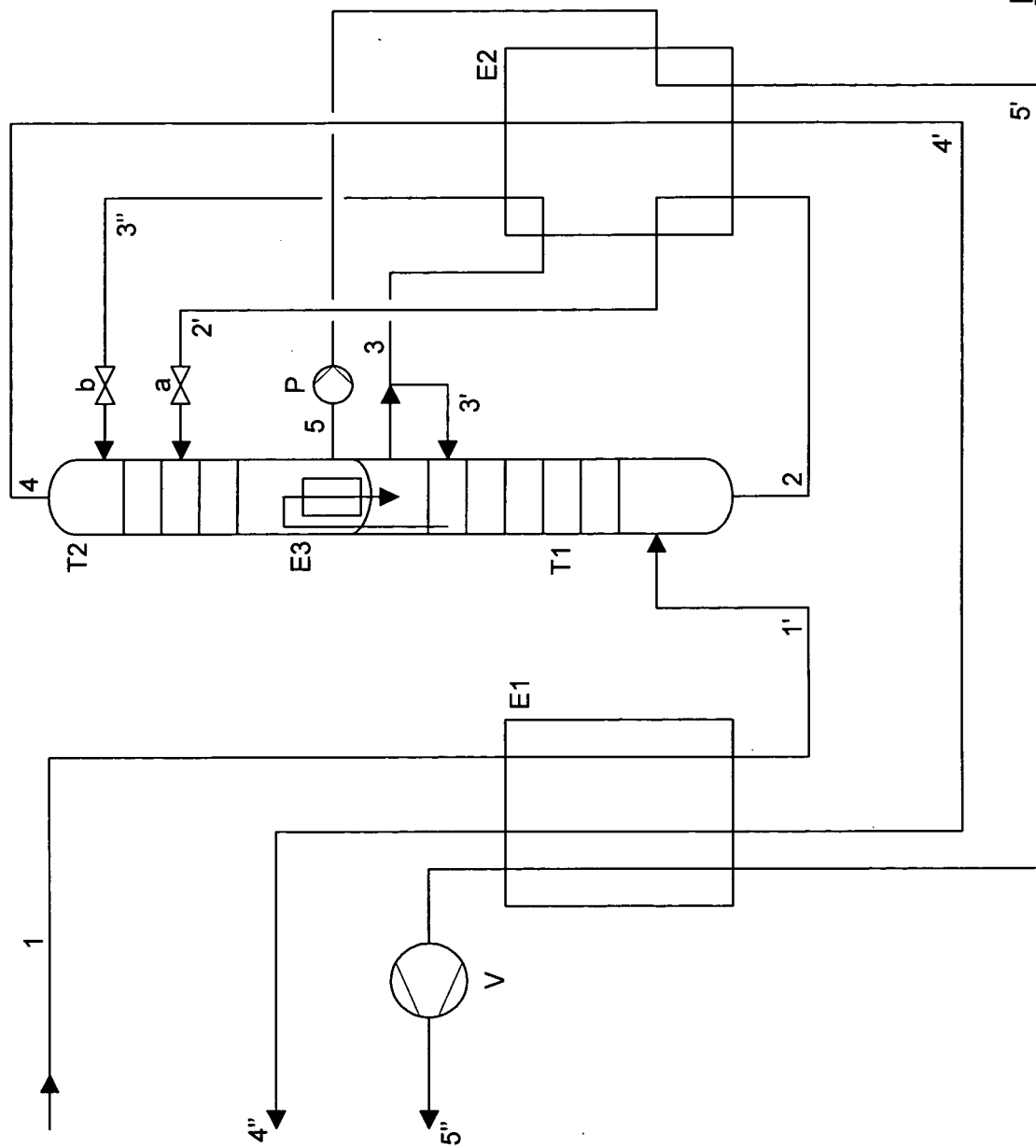


Fig. 1

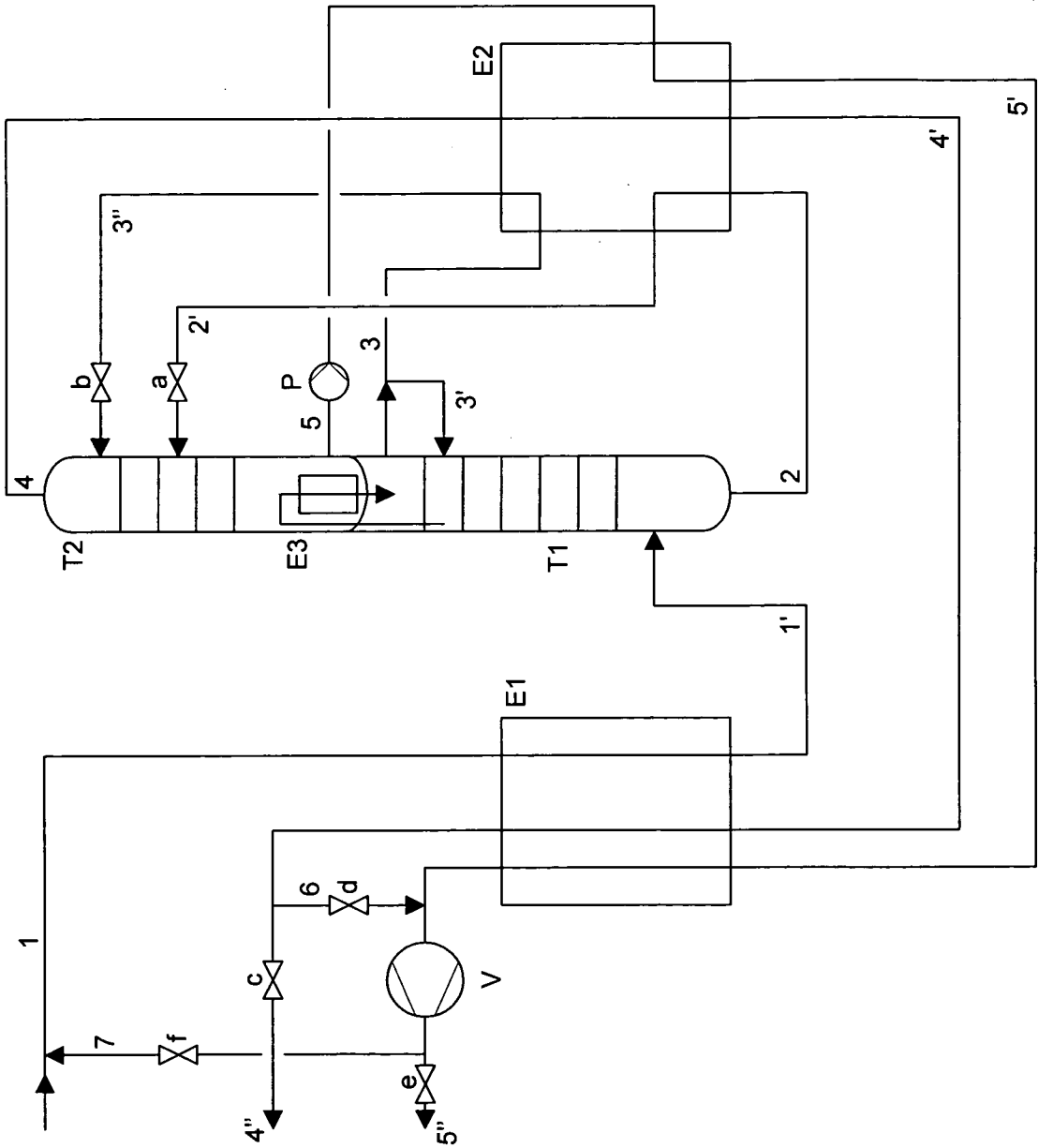


Fig. 2