



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 055 888 A1** 2010.05.12

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 055 888.5**

(22) Anmeldetag: **05.11.2008**

(43) Offenlegungstag: **12.05.2010**

(51) Int Cl.⁸: **B64D 13/08 (2006.01)**

B64D 15/00 (2006.01)

B64D 47/00 (2006.01)

(71) Anmelder:

Airbus Deutschland GmbH, 21129 Hamburg, DE

(74) Vertreter:

**WUESTHOFF & WUESTHOFF Patent- und
Rechtsanwälte, 81541 München**

(72) Erfinder:

Kelnhof, Jürgen, Dipl.-Ing., 21635 Jork, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 38 24 468 A1

US 29 44 987 A

WO 02/16 743 A1

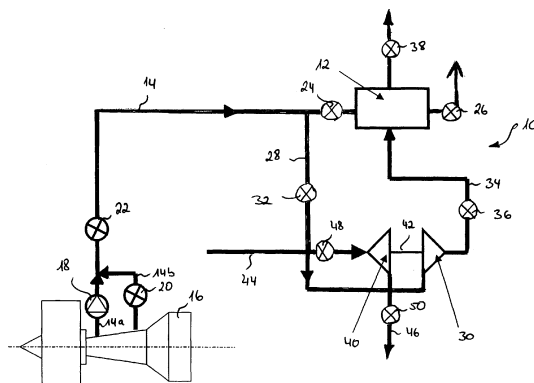
US 53 73 707 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **System zur Kühlung eines Wärmetauschers an Bord eines Flugzeugs**

(57) Zusammenfassung: Ein System (10) zur Kühlung eines Wärmetauschers (12) an Bord eines Flugzeugs umfasst eine Prozessluftleitung (28), deren erstes Ende mit einem Triebwerk (16) des Flugzeugs verbunden ist, um der Prozessluftleitung (28) Triebwerkszapfluft zuzuführen. Ein zweites Ende der Prozessluftleitung (28) ist mit einer Turbine (30) verbunden, um die die Prozessluftleitung (28) durchströmende Triebwerkszapfluft der Turbine (30) zuzuführen. Ein erstes Ende einer Kühlluftleitung (34) ist mit der Turbine (30) verbunden, um der Kühlluftleitung (34) durch Entspannung der Triebwerkszapfluft in der Turbine (30) erzeugte Kühlluft zuzuführen. Die Kühlluftleitung (34) ist dazu eingerichtet, die die Kühlluftleitung (34) durchströmende Kühlluft dem zu kühlenden Wärmetauscher (12) zuzuführen.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein System zur Kühlung eines Wärmetauschers an Bord eines Flugzeugs.

[0002] In modernen Verkehrsflugzeugen sind in verschiedenen Systemen, wie z. B. einer flugzeugeigenen Klimaanlage, einem Enteisierungssystem oder Kühlsystemen zur Kühlung wärmebelasteter Einrichtungen an Bord des Flugzeugs Wärmetauscher installiert. Die Wärmetauscher können, je nach Bedarf, als Gas/Gas-Wärmetauscher, Gas/Flüssigkeits-Wärmetauscher oder Flüssigkeits/Flüssigkeits-Wärmetauscher ausgebildet sein. Wärmetauscher, die dazu dienen, den Triebwerkskompressoren oder Hilfstriebwerkskompressoren entnommene heiße Zapfluft zur weiteren Verwendung in der Flugzeugklimaanlage oder dem Enteisierungssystem des Flugzeugs zu kühlen, werden derzeit durch dem Triebwerk entnommene Triebwerkskühlluft, die sogenannte "fan air" gekühlt. Alternativ dazu können die von heißer Triebwerkszapfluft durchströmten Wärmetauscher auch durch Umgebungsluft gekühlt werden, die einen Kühlluftkanal durchströmt. Zur Förderung der Umgebungsluft durch den Kühlluftkanal kann heiße Triebwerkszapfluft über eine Injektordüse in den Kühlluftkanal geleitet werden. Der durch die Injektion der Triebwerkszapfluft in den Kühlluftkanal erzeugte Strahlpumpeneffekt sorgt dann dafür, dass ausreichend Umgebungsluft in den Kühlluftkanal und durch den zu kühlenden Wärmetauscher gesaugt wird.

[0003] Insbesondere bei Flugzeugen, die mit Propellertriebwerken ausgestattet sind, besteht das Problem, dass den Triebwerken keine Triebwerkskühlluft entnommen werden kann. Die Kühlung eines von heißer Triebwerkszapfluft durchströmten Wärmetauschers erfordert dann zwangsläufig den Einsatz eines Kühlkanals, in den über eine Injektordüse heiße Triebwerkszapfluft injiziert wird, um Umgebungsluft durch den Kühlluftkanal und den zu kühlenden Wärmetauscher zu fördern. Die Injektion von hochverdichteter Triebwerkszapfluft in einen Kühlkanal kann jedoch aufgrund der Entspannung der Triebwerkszapfluft in dem Kühlkanal zu erheblichen Geräuschemissionen führen. Ferner ist zur Abfuhr großer Wärmemengen von dem von heißer Triebwerkszapfluft durchströmten Wärmetauscher ein hoher Kühlluftmassenstrom erforderlich, der nur durch die Injektion eines entsprechend hohen Injektionsluftmassenstroms in den Kühlkanal durch den Kühlkanal gefördert werden kann. Schließlich hat ein Kühlsystem, bei dem Umgebungsluft durch die Injektion von Triebwerkszapfluft in einen Kühlkanal durch den Kühlkanal gefördert wird, den Nachteil, dass die Triebwerkszapfluft nicht direkt, sondern nur indirekt zu Kühlung genutzt wird. Dies führt zu Einbußen in der Energieeffizienz des Systems.

[0004] Die Erfindung ist auf die Aufgabe gerichtet, ein System zur Kühlung eines Wärmetauschers an Bord eines Flugzeugs anzugeben, das ohne die Nutzung von Triebwerkskühlluft energieeffizient betrieben werden kann.

[0005] Zur Lösung dieser Aufgabe umfasst ein erfindungsgemäßes System zur Kühlung eines Wärmetauschers an Bord eines Flugzeugs eine Prozessluftleitung, deren erstes Ende mit einem Triebwerk des Flugzeugs verbunden ist, um der Prozessluftleitung Triebwerkszapfluft, d. h. Luft mit einem erhöhten Druck und mit einer erhöhten Temperatur zuzuführen. Ein zweites Ende der Prozessluftleitung ist mit einer Eingangsseite einer Turbine verbunden, um die die Prozessluftleitung durchströmende Triebwerkszapfluft der Turbine zuzuführen. In der Turbine wird die unter einem erhöhten Druck stehende Triebwerkszapfluft entspannt und erfährt dabei eine Abkühlung. Ein erstes Ende einer Kühlluftleitung ist daher mit einer Ausgangsseite der Turbine verbunden, um der Kühlluftleitung durch Entspannung der Triebwerkszapfluft in der Turbine erzeugte Kühlluft zuzuführen. Die Kühlluftleitung ist ferner dazu eingerichtet, die die Kühlluftleitung durchströmende Kühlluft dem zu kühlenden Wärmetauscher zuzuführen. Die Kühlluftleitung kann auf jede beliebige Weise thermisch mit dem Wärmetauscher gekoppelt sein. Wesentlich ist lediglich, dass ein ordnungsgemäßer Kühlenenergie transfer von der die Kühlluftleitung durchströmenden Kühlluft auf den zu kühlenden Wärmetauscher gewährleistet ist. Beispielsweise kann sich die Kühlluftleitung in geeigneter Form durch den Wärmetauscher erstrecken. Der zu kühlende Wärmetauscher kann ein Einzelwärmetauscher oder ein Mehrfachwärmetauscher sein.

[0006] Das erfindungsgemäße Kühlsystem ermöglicht ohne die Nutzung von Triebwerkskühlluft sowohl im Bodenbetrieb als auch im Flugbetrieb des Flugzeugs eine ordnungsgemäße Kühlung des an Bord des Flugzeugs vorgesehenen Wärmetauschers. Das Kühlsystem ist daher auch in mit Propellertriebwerken ausgestatteten Flugzeugen, bei denen eine Abzapfung von Triebwerkskühlluft nicht möglich ist, uneingeschränkt einsetzbar. Darüber hinaus ist das Kühlsystem verhältnismäßig geräuscharm betreibbar, so dass der Einsatz von Geräuschkämmmaterial, wie er bei aus dem Stand der Technik bekannten Kühlsystemen, bei denen Umgebungsluft durch die Injektion von Triebwerkszapfluft in einen Kühlkanal durch den Kühlkanal gefördert wird, erforderlich ist, vermieden werden kann. Dies ermöglicht Kosten- und Gewichteinsparungen. Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Kühlsystems ist sein einfacher Aufbau.

[0007] Das Kühlsystem kann daher, falls erforderlich, auf verhältnismäßig einfache Art und Weise in ein übergeordnetes Kühlsystem integriert werden.

Schließlich benötigt das erfindungsgemäße Kühlsystem lediglich verhältnismäßig wenig Einbauraum.

[0008] Die Prozessluftleitung des erfindungsgemäßen Kühlsystems kann unmittelbar mit dem Triebwerk des Flugzeugs verbunden sein. Alternativ dazu kann die Prozessluftleitung jedoch auch über (eine) weitere Leitung(en) oder andere Komponenten mit dem Triebwerk des Flugzeugs in Verbindung stehen. Beispielsweise kann die Prozessluftleitung von einer Triebwerkszapflulleitung abzweigen, deren erstes Ende mit dem Triebwerk des Flugzeugs verbunden ist, um der Triebwerkszapflulleitung Triebwerkszapfluft zuzuführen. Die Triebwerkszapflulleitung kann andere Systeme an Bord des Flugzeugs, wie z. B. die Flugzeugklimaanlage oder ein Enteissungssystem des Flugzeugs mit Triebwerkszapfluft versorgen. Falls dies zur weiteren Verwertung der Triebwerkszapfluft beispielsweise in den oben genannten Flugzeugsystemen erforderlich ist, kann die Triebwerkszapflulleitung, die die Triebwerkszapflulleitung durchströmende Triebwerkszapfluft einer geeigneten Kühleinrichtung zuführen. Beispielsweise kann die Triebwerkszapflulleitung dazu eingerichtet sein, die die Triebwerkszapflulleitung durchströmende Triebwerkszapfluft durch den Wärmetauscher zu leiten, der mittels des erfindungsgemäßen Kühlsystems gekühlt wird.

[0009] Die Prozessluftleitung kann bezogen auf die Strömungsrichtung der Triebwerkszapfluft durch die Triebwerkszapflulleitung stromaufwärts des zu kühlenden Wärmetauschers von der Triebwerkszapflulleitung abzweigen. Bei einer derartigen Anordnung kann die Triebwerkszapfluft der Prozessluftleitung und folglich der Turbine ohne Druck- und Temperaturverluste zugeführt werden. Falls dies gewünscht oder erforderlich ist, kann die Prozessluftleitung bezogen auf die Strömungsrichtung der Triebwerkszapfluft durch die Triebwerkszapflulleitung jedoch auch stromabwärts des Wärmetauschers von der Triebwerkszapflulleitung abzweigen.

[0010] Der zu kühlende Wärmetauscher kann ausschließlich durch die die Kühlluftleitung durchströmende Kühlluft gekühlt werden. Alternativ dazu kann der zu kühlende Wärmetauscher jedoch auch in einem von Umgebungsluft durchströmbareren Kühlkanal angeordnet sein. Der Kühlkanal kann beispielsweise in Form eines Stauluftkanals ausgebildet sein. Im Flugbetrieb des Flugzeugs kann der Wärmetauscher dann durch Umgebungsluft gekühlt werden, die den Kühlkanal durchströmt, wohingegen im Bodenbetrieb des Flugzeugs eine Kühlung des Wärmetauschers durch die die Kühlluftleitung durchströmende Kühlluft möglich ist. Ferner kann bei einer derartigen Anordnung zumindest im Flugbetrieb des Flugzeugs eine gleichzeitige Kühlung des Wärmetauschers durch Umgebungsluft und Kühlluft aus der Kühlluftleitung erfolgen. Dadurch kann die Kühlleistung des erfindungsgemäßen Kühlsystems erhöht werden.

ungsgemäßen Kühlsystems erhöht werden.

[0011] Je nach Bauart des Wärmetauschers können die den Kühlkanal durchströmende Umgebungsluft und die Kühlluft aus der Kühlluftleitung als separate Luftströme durch den Wärmetauscher geleitet werden. Alternativ dazu ist es jedoch auch denkbar, die den Kühlkanal durchströmende Umgebungsluft und die Kühlluft aus der Kühlluftleitung stromaufwärts oder stromabwärts des Wärmetauschers zu einem einzigen Luftstrom zusammenzufassen. Eine derartige Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Kühlsystems kann beispielsweise durch eine in den Kühlkanal mündende Kühlluftleitung realisiert werden.

[0012] Das erfindungsgemäße System zur Kühlung eines Wärmetauschers an Bord eines Flugzeugs umfasst vorzugsweise ferner einen von der Turbine angetriebenen Kompressor, der dazu eingerichtet ist, Umgebungsluft anzusaugen und zu verdichten. Beispielsweise können die Turbine und der Kompressor in Form einer Kompressor/Turbinen-Einheit ausgeführt und auf einer gemeinsamen Welle angeordnet sein. Die von dem Kompressor angesaugte und verdichtete Umgebungsluft kann ungenutzt in die Umgebung zurückgeführt werden. Vorzugsweise wird die von dem Kompressor erzeugte verdichtete Luft jedoch einer weiteren Nutzung zugeführt. Beispielsweise kann die von dem Kompressor erzeugte verdichtete Luft anderen Flugzeugsystemen, wie z. B. der Flugzeugklimaanlage zugeführt werden. Alternativ oder zusätzlich dazu ist jedoch auch die Nutzung der von dem Kompressor erzeugten verdichteten Luft in dem erfindungsgemäßen Kühlsystem möglich.

[0013] Beispielsweise kann eine Eingangsseite des Kompressors mit einer Umgebungsluftleitung verbunden sein, um Umgebungsluft in die Umgebungsluftleitung zu fördern, wobei die Umgebungsluftleitung dazu eingerichtet sein kann, die die Umgebungsluftleitung durchströmende Umgebungsluft dem zu kühlenden Wärmetauscher zuzuführen. Mit anderen Worten, der Kompressor kann dazu genutzt werden, dem Wärmetauscher zusätzlich zu der Kühlluft aus der Kühlluftleitung kühlende Umgebungsluft zuzuführen. Dadurch kann nicht nur die Kühlleistung, sondern auch die Energieeffizienz des Kühlsystems gesteigert werden. Die Umgebungsluftleitung kann auf jede beliebige Weise thermisch mit dem Wärmetauscher gekoppelt sein. Wesentlich ist lediglich, dass ein ordnungsgemäßer Kühlenenergie transfer von der die Umgebungsluftleitung durchströmenden Umgebungsluft auf den zu kühlenden Wärmetauscher gewährleistet ist.

[0014] Falls der zu kühlende Wärmetauscher in einem von Umgebungsluft durchströmbareren Kühlkanal angeordnet ist, kann die Eingangsseite des Kompressors auch mit dem Kühlkanal verbunden sein, um Umgebungsluft durch den Kühlkanal zu fördern.

Mit anderen Worten, die Umgebungsluftleitung, die mit der Eingangsseite des Kompressors in Verbindung steht, kann teilweise oder vollständig durch den Kühlkanal gebildet werden. Alternativ dazu ist es auch denkbar, die Umgebungsluftleitung und den Kühlkanal so zu gestalten, dass die Umgebungsluftleitung oder ein Abschnitt der Umgebungsluftleitung in den Kühlkanal mündet, so dass über die Umgebungsluftleitung aus der Umgebung gesaugte Umgebungsluft in den Kühlkanal zugeführt werden kann.

[0015] Bei einer alternativen Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Kühlsystems ist eine Ausgangsseite des Kompressors mit einer Kompressorluftleitung verbunden, um der Kompressorluftleitung verdichtete Kompressorluft zuzuführen, wobei die Kompressorluftleitung dazu eingerichtet ist, die die Kompressorluftleitung durchströmende Kompressorluft dem zu kühlenden Wärmetauscher zuzuführen. Auch bei dieser Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Kühlsystems wird der Kompressor dazu genutzt, dem Wärmetauscher zusätzliche kühlende Luft zuzuführen. Somit erlaubt auch diese Ausführungsform des Kühlsystems eine Steigerung der Kühlleistung und der Energieeffizienz des Systems. Die Kompressorluftleitung kann auf jede beliebige Weise thermisch mit dem Wärmetauscher gekoppelt sein. Wesentlich ist lediglich, dass ein ordnungsgemäßer Kühlenenergie transfer von der die Kompressorluftleitung durchströmenden Kompressorluft auf den zu kühlenden Wärmetauscher gewährleistet ist.

[0016] Die Kompressorluftleitung kann sich in Form einer separaten Leitung durch den zu kühlenden Wärmetauscher erstrecken. Alternativ dazu kann die Kompressorluftleitung jedoch auch in die Kühlluftleitung münden, so dass die die Kompressorluftleitung durchströmende Kompressorluft und die die Kühlluftleitung durchströmende Kühlluft in Form eines einzigen Luftstroms durch den Wärmetauscher geleitet werden können. Falls der Wärmetauscher in einem von Umgebungsluft durchströmbaran Kühlkanal angeordnet ist, kann die Kompressorluftleitung oder ein Abschnitt der Kompressorluftleitung auch in den Kühlkanal münden. Ferner kann die Ausgangsseite des Kompressors unmittelbar mit dem Kühlkanal verbunden sein, so dass die Kompressorluftleitung vollständig oder teilweise durch den Kühlkanal gebildet werden kann. Schließlich kann der Kompressor auch in den Kühlkanal integriert sein.

[0017] Bevorzugte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Systems zur Kühlung eines Wärmetauschers an Bord eines Flugzeugs werden nun anhand der beigefügten schematischen Zeichnungen näher erläutert, von denen:

[0018] [Fig. 1](#) eine erste Ausführungsform eines Systems zur Kühlung eines Wärmetauschers an Bord eines Flugzeugs zeigt,

[0019] [Fig. 2](#) eine zweite Ausführungsform eines Systems zur Kühlung eines Wärmetauschers an Bord eines Flugzeugs zeigt,

[0020] [Fig. 3](#) eine dritte Ausführungsform eines Systems zur Kühlung eines Wärmetauschers an Bord eines Flugzeugs zeigt,

[0021] [Fig. 4](#) eine vierte Ausführungsform eines Systems zur Kühlung eines Wärmetauschers an Bord eines Flugzeugs zeigt,

[0022] [Fig. 5](#) eine fünfte Ausführungsform eines Systems zur Kühlung eines Wärmetauschers an Bord eines Flugzeugs zeigt,

[0023] [Fig. 6](#) eine sechste Ausführungsform eines Systems zur Kühlung eines Wärmetauschers an Bord eines Flugzeugs zeigt,

[0024] [Fig. 7](#) eine siebte Ausführungsform eines Systems zur Kühlung eines Wärmetauschers an Bord eines Flugzeugs zeigt und

[0025] [Fig. 8](#) eine achte Ausführungsform eines Systems zur Kühlung eines Wärmetauschers an Bord eines Flugzeugs zeigt.

[0026] Ein in [Fig. 1](#) mit **10** bezeichnetes Kühlsystem dient dazu, an Bord eines Flugzeugs einen Wärmetauscher **12** mit Kühlenergie zu versorgen. Der Wärmetauscher **12** kann als Einfach- oder Mehrfachwärmetauscher ausgeführt sein und wird von heißer Triebwerkszapflut durchströmt, die dem Wärmetauscher **12** von einer Triebwerkszapflutleitung **14** zugeführt wird. An ihrem ersten Ende weist die Triebwerkszapflutleitung **14** zwei Triebwerkszapflutleitungs zweige **14a**, **14b** auf. Die Triebwerkszapflutleitungs zweige **14a**, **14b** sind an unterschiedlichen Positionen mit einem Triebwerk **16** des Flugzeugs verbunden. Dem Triebwerk **16** entnommene heiße Triebwerkszapflut strömt somit über die Triebwerkszapflutleitungs zweige **14a**, **14b** in die Triebwerkszapflutleitung **14** und von dort durch den Wärmetauscher **12**.

[0027] Nach den Durchströmen des Wärmetauschers **12** wird die Triebwerkszapflut einer nicht näher veranschaulichten Flugzeugklimaanlage sowie einem ebenfalls nicht dargestellten Flügelenteilungssystem des Flugzeugs zugeführt.

[0028] Die den Triebwerkszapflutleitungs zweig **14b** durchströmende Triebwerkszapflut hat einen höheren Systemdruck als die Triebwerkszapflut, die durch den Triebwerkszapflutleitungs zweig **14a** aus dem Triebwerk **16** des Flugzeugs abgeführt wird. Um zu verhindern, dass die unter einem höheren Druck stehende Triebwerkszapflut aus dem Triebwerkszapflutleitungs zweig **14b** über den Triebwerks-

zapflutleitungszweig **14a** in das Triebwerk **16** zurückströmt, ist in dem Triebwerkzapflutleitungszweig **14a** ein Rückschlagventil **18** angeordnet. Die Triebwerkzapflutströmung durch den Triebwerkzapflutleitungszweig **14b** wird dagegen durch ein Steuerventil **20** gesteuert. Weitere Steuerventile **22**, **24** steuern die Strömung der Triebwerkzapflut durch die Triebwerkzapflutleitung **14** zwischen einem Verbindungspunkt der Triebwerkzapflutleitungszweige **14a**, **14b** und dem Wärmetauscher **12**. Schließlich ist ein weiteres Steuerventil **26** stromabwärts des Wärmetauschers **12** in der Triebwerkzapflutleitung **14** angeordnet, das die Zufuhr von Triebwerkzapflut in die Flugzeugklimaanlage und das Flügelenteisungssystem des Flugzeugs steuert.

[0029] Stromaufwärts des Wärmetauschers **12** zweigt von der Triebwerkzapflutleitung **14** eine Prozessluftleitung **28** ab. Ein mit der Triebwerkzapflutleitung **14** verbundenes erstes Ende der Prozessluftleitung **28** ist somit über die Triebwerkzapflutleitung **14** und die Triebwerkzapflutleitungszweige **14a**, **14b** mit dem Triebwerk **16** des Flugzeugs verbunden, so dass die Prozessluftleitung **28**, ebenso wie die Triebwerkzapflutleitung **14**, von dem Triebwerk **16** entnommener heißer Triebwerkzapflut durchströmt wird. Ein zweites Ende der Prozessluftleitung **28** ist mit einer Eingangsseite einer Turbine **30** verbunden, so dass der Turbine **30** über die Prozessluftleitung **28** heiße hochverdichtete Triebwerkzapflut zugeführt wird. Die Steuerung der Triebwerkzapflutströmung durch die Prozessluftleitung **28** erfolgt mittels eines in der Prozessluftleitung **28** stromaufwärts der Turbine **30** angeordneten Steuerventils **32**.

[0030] Beim Durchströmen der Turbine **30** wird die heiße hochverdichtete Triebwerkzapflut entspannt und erfährt dabei eine Abkühlung. Die entspannte abgekühlte Triebwerkzapflut wird als Kühlluft einer Kühlluftleitung **34** zugeführt, deren erstes Ende mit einer Ausgangsseite der Turbine **30** verbunden ist. In ihrem weiteren Verlauf ist die Kühlluftleitung **34** thermisch mit dem Wärmetauscher **12** gekoppelt, so dass die Kühlenergie der die Kühlluftleitung **34** durchströmenden Kühlluft zur Kühlung des Wärmetauschers **12** genutzt werden kann. Die thermische Kopplung zwischen der Kühlluftleitung **34** und dem Wärmetauscher **12** kann auf jede beliebige geeignete Weise hergestellt werden. Beispielsweise kann sich die Kühlluftleitung **34** durch den Wärmetauscher **12** erstrecken. Die Steuerung der Kühlluftströmung durch die Kühlluftleitung **34** zwischen der Ausgangsseite der Turbine **30** und dem Wärmetauscher **12** erfolgt mit Hilfe eines Steuerventils **36**.

[0031] Stromabwärts des Wärmetauschers **12**, d. h. nachdem die die Kühlluftleitung **34** durchströmende Kühlluft ihre Kühlenergie an den Wärmetauscher, d. h. die den Wärmetauscher **12** durchströmende heiße Triebwerkzapflut aus der Triebwerkzapflutleitung

14 abgegeben hat, wird die die Kühlluftleitung **34** durchströmende Kühlluft an die Umgebung abgeführt. Die Kühlluftabfuhr an die Umgebung wird mit Hilfe eines Steuerventils **38** gesteuert, das stromabwärts des Wärmetauschers **12** in der Kühlluftleitung **34** angeordnet ist.

[0032] Die durch die Entspannung der heißen hochverdichteten Triebwerkzapflut in der Turbine **30** erzeugte Energie wird zum Antreiben eines Kompressors **40** genutzt, der mit der Turbine **30** eine Kompressor/Turbinen-Einheit bildet und mit der Turbine **30** auf einer gemeinsamen Welle **42** angeordnet ist. Eine Eingangsseite des Kompressors **40** ist mit einer Umgebungsluftleitung **44** verbunden, so dass der Kompressor **40** im Betrieb über die Umgebungsluftleitung **44** Umgebungsluft ansaugt. In dem Kompressor **40** wird die Umgebungsluft verdichtet. Eine Ausgangsseite des Kompressors **40** ist mit einer Kompressorluftleitung **46** verbunden. Die die Kompressorluftleitung **46** durchströmende verdichtete Kompressorluft kann ungenutzt in die Umgebung abgeführt werden. Alternativ dazu kann die Kompressorluft aus der Kompressorluftleitung **46** jedoch auch einem anderen System des Flugzeugs, beispielsweise der Flugzeugklimaanlage oder einem anderen Kompressorluft benötigenden System zugeführt werden. Die Steuerung der Umgebungsluftströmung durch die Umgebungsluftleitung **44** erfolgt mittels eines in der Umgebungsluftleitung **44** angeordneten Steuerventils **48**. Zur Steuerung der Kompressorluftströmung durch die Kompressorluftleitung **46** ist in der Kompressorluftleitung **46** ein Steuerventil **50** angeordnet.

[0033] Das in [Fig. 2](#) gezeigte Kühlsystem **10** unterscheidet sich von der in [Fig. 1](#) veranschaulichten Anordnung dadurch, dass der Wärmetauscher **12** in einem Kühlkanal **52** angeordnet ist. Der Kühlkanal **52** wird von Umgebungsluft durchströmt und kann beispielsweise in Form eines Stauluftkanals ausgebildet sein. Zur Steuerung der Umgebungsluftströmung durch den Kühlkanal **52** ist ein Steuerventil **54** vorgesehen. Das Steuerventil **54** kann beispielsweise in Form einer Stauluftkanaleinlassklappe ausgebildet sein.

[0034] Im Flugbetrieb des Flugzeugs, wenn das Flugzeug eine entsprechend hohe Eigengeschwindigkeit besitzt, wird der Kühlkanal **52** von Umgebungsluft durchströmt, so dass der Wärmetauscher **12** ausschließlich durch die Kühlenergie gekühlt werden kann, die in der den Kühlkanal **52** durchströmende Umgebungsluft enthalten ist. Alternativ dazu ist im Flugbetrieb des Flugzeugs jedoch auch eine Kühlung des Wärmetauschers **12** durch eine Kombination aus dem Kühlkanal **52** durchströmender Umgebungsluft und Kühlluft aus der Kühlluftleitung **34** möglich. Im Flugbetrieb des Flugzeugs kann somit durch die Nutzung der Kühlkanal **52** durchströmenden Umge-

bungsluft und der Kühlluft aus der Kühlluftleitung 34 zur Kühlung des Wärmetauschers 12 die Kühlleistung des Systems erhöht werden. Falls der Wärmetauscher 12 auch ausschließlich durch die den Kühlkanal 52 durchströmende Umgebungsluft gekühlt werden kann, kann auf die Entnahme von Triebwerkszapfluff über die Prozessluftleitung 28 verzichtet werden. Hierzu kann beispielsweise das Steuerventil 32 geschlossen werden. Im Bodenbetrieb des Flugzeugs sorgt dagegen die Kühlluft aus der Kühlluftleitung 34 für eine ausreichende Kühlung des Wärmetauschers 12.

[0035] Die den Kühlkanal 52 durchströmende Umgebungsluft und die Kühlluft aus der Kühlluftleitung 34 können als separate Luftströme durch den Wärmetauscher 12 geleitet oder anderweitig in thermischen Kontakt mit dem Wärmetauscher 12 gebracht werden. Alternativ dazu können die den Kühlkanal 52 durchströmende Umgebungsluft und die Kühlluft aus der Kühlluftleitung 34 jedoch auch stromaufwärts oder stromabwärts des Wärmetauschers zu einem einzigen Luftstrom vereinigt werden. Hierzu kann, wie in Fig. 2 gezeigt ist, die Kühlluftleitung 34 in den Kühlkanal 52 münden. Im übrigen ein entsprechender Aufbau und die Funktionsweise des in Fig. 2 gezeigten Kühlsystems 10 dem Aufbau und der Funktionsweise der in Fig. 1 veranschaulichten Anordnung.

[0036] Das in Fig. 3 gezeigte Kühlsystem 10 unterscheidet sich von der Anordnung gemäß Fig. 1 dadurch, dass die Prozessluftleitung 28 nicht stromaufwärts, sondern stromabwärts des Wärmetauschers 12 von der Triebwerkszapfluffleitung 14 abzweigt. Im übrigen entsprechen der Aufbau und die Funktionsweise des Kühlsystems 10 gemäß Fig. 3 dem Aufbau und der Funktionsweise des in Fig. 1 veranschaulichten Systems.

[0037] In ähnlicher Weise unterscheidet sich das in Fig. 4 gezeigte Kühlsystem 10 von dem System gemäß Fig. 2 dadurch, dass die Prozessluftleitung 28 nicht stromaufwärts, sondern stromabwärts des Wärmetauschers 12 von der Triebwerkszapfluffleitung 14 abzweigt. Im übrigen entsprechen der Aufbau und die Funktionsweise des in Fig. 4 gezeigten Kühlsystems 10 dem Aufbau und der Funktionsweise der Anordnung gemäß Fig. 2.

[0038] Fig. 5 zeigt ein Kühlsystem 10, das sich von dem System gemäß Fig. 1 dadurch unterscheidet, dass die mit der Eingangsseite des Kompressors 40 verbundene Umgebungsluftleitung 44 thermisch mit dem Wärmetauscher 12 gekoppelt ist. Die Kühlenergie, die in der von dem Kompressor 40 durch die Umgebungsluftleitung 44 gesaugten Umgebungsluft enthalten ist, kann somit zur Kühlung des Wärmetauschers 12 genutzt werden. Die Nutzung der Leistung des Kompressors 40 zur Bereitstellung zusätzlicher

Kühlenergie für den Wärmetauscher 12 ermöglicht auf energieeffiziente Weise eine Erhöhung der Kühlleistung des Kühlsystems 10. Zur Steuerung der Umgebungsluftströmung durch die Umgebungsluftleitung 44 ist in der Umgebungsluftleitung zwischen dem Wärmetauscher 12 und der Eingangsseite des Kompressors 40 ein weiteres Steuerventil 56 vorgesehen. Im übrigen entsprechen der Aufbau und die Funktionsweise des in Fig. 5 gezeigten Kühlsystems 10 dem Aufbau und der Funktionsweise der Anordnung gemäß Fig. 1.

[0039] Fig. 6 zeigt ein Kühlsystem 10, das sich von dem System gemäß Fig. 5 dadurch unterscheidet, dass der Wärmetauscher 12 in einem Kühlkanal 52 angeordnet ist und dass die Umgebungsluftleitung 44, durch die der Kompressor 40 Umgebungsluft ansaugt einen in den Kühlkanal 52 mündenden ersten Abschnitt 44a sowie einen den Kühlkanal 52 mit der Eingangsseite des Kompressors 40 verbindenden zweiten Abschnitt 44b aufweist. Der Kompressor 40 saugt somit Umgebungsluft durch den Kühlkanal 52. Im übrigen entsprechen der Aufbau und die Funktionsweise des Kühlsystems 10 gemäß Fig. 6 dem Aufbau und der Funktionsweise der in Fig. 5 veranschaulichten Anordnung.

[0040] Fig. 7 zeigt ein Kühlsystem 10, das sich von dem System gemäß Fig. 1 dadurch unterscheidet, dass die mit der Ausgangsseite des Kompressors 40 verbundene Kompressorluftleitung 46 thermisch mit dem Wärmetauscher 12 gekoppelt ist. Mit anderen Worten, die Kompressorluftleitung 46 führt dem Wärmetauscher 12 zur Kühlung die die Kompressorluftleitung 46 durchströmende verdichtete Kompressorluft zu. Nach dem Durchströmen des Wärmetauschers 12 wird die Kompressorluft aus der Kompressorluftleitung 46, ähnlich wie die Kühlluft aus der Kühlluftleitung 34, in die Umgebung abgeführt. Zur Steuerung der Abfuhr der Kompressorluft aus der Kompressorluftleitung 46 ist ein Steuerventil 58 vorgesehen. In der in Fig. 7 gezeigten Anordnung werden die Kompressorluft aus der Kompressorluftleitung 46 und die Kühlluft aus der Kühlluftleitung 34 als separate Luftströme durch den Wärmetauscher 12 geleitet und stromabwärts des Wärmetauschers 12 an die Umgebung abgeführt. Alternativ dazu können die Kompressorluft aus der Kompressorluftleitung 46 und die Kühlluft aus der Kühlluftleitung 34 stromaufwärts oder stromabwärts des Wärmetauschers 12 auch zu einem einzigen Luftstrom vereinigt werden.

[0041] Schließlich zeigt Fig. 8 ein Kühlsystem 10, das sich von der Anordnung gemäß Fig. 7 dadurch unterscheidet, dass der Wärmetauscher 12 in einem Kühlkanal 52 angeordnet ist. Der Wärmetauscher 12 kann somit durch Kühlluft aus der Kühlluftleitung 34, Kompressorluft aus der Kompressorluftleitung 46 und den Kühlkanal 52 durchströmende Umgebungsluft gekühlt werden. Die Steuerung der Rückführung

der den Kühlkanal **52** durchströmenden Umgebungsluft in Umgebung stromabwärts des Wärmetauschers **12** erfolgt mittels eines Steuerventils **60**. Wiederum können die Kühlluft aus der Kühlluftleitung **34**, die Kompressorluft aus der Kompressorluftleitung **46** und die den Kühlluftkanal **52** durchströmende Umgebungsluft als separate Luftströme durch den Wärmetauscher **12** geleitet werden. Alternativ dazu können einzelne oder alle Luftströme stromaufwärts oder stromabwärts des Wärmetauschers **12** jedoch auch zu einem einzigen Luftstrom vereinigt werden.

[0042] Die Steuerventile **20** bis **26**, **32**, **36**, **37**, **48**, **50** und **54** bis **58** können von einer elektronischen Steuereinheit gesteuert werden. Alternativ dazu können auch mehrere elektronische Steuereinheiten zur Steuerung der Ventile **20** bis **26**, **32**, **36**, **38**, **48**, **50** und **54** bis **58** vorhanden sein. Ferner kann, je nach Anwendungsanforderungen auf einzelne Ventile oder alle Ventile verzichtet werden. Darüber hinaus können die in den [Fig. 5](#) bis [Fig. 8](#) gezeigten Kühlsysteme **10** auch dadurch modifiziert werden, dass die Prozessluftleitung **28** nicht stromaufwärts, sondern stromabwärts des Wärmetauschers **12** von der Triebwerkszapflleitung **14** abzweigt. Ferner kann der Kompressor **40** in den Kühlkanal **52** integriert sein.

Patentansprüche

1. System (**10**) zur Kühlung eines Wärmetauschers (**12**) an Bord eines Flugzeugs, mit:

- einer Prozessluftleitung (**28**), deren erstes Ende mit einem Triebwerk (**16**) des Flugzeugs verbunden ist, um der Prozessluftleitung (**28**) Triebwerkszapflluft zuzuführen, und deren zweites Ende mit einer Eingangsseite einer Turbine (**30**) verbunden ist, um die die Prozessluftleitung (**28**) durchströmende Triebwerkszapflluft der Turbine (**30**) zuzuführen, und
- einer Kühlluftleitung (**34**), deren erstes Ende mit einer Ausgangsseite der Turbine (**30**) verbunden ist, um der Kühlluftleitung (**34**) durch Entspannung der Triebwerkszapflluft in der Turbine (**30**) erzeugte Kühlluft zuzuführen, und die dazu eingerichtet ist, die die Kühlluftleitung (**34**) durchströmende Kühlluft dem zu kühlenden Wärmetauscher (**12**) zuzuführen.

2. Kühlsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Prozessluftleitung (**28**) von einer Triebwerkszapflleitung (**14**) abzweigt, deren erstes Ende mit dem Triebwerk (**16**) des Flugzeugs verbunden ist, um der Triebwerkszapflleitung (**14**) Triebwerkszapflluft zuzuführen, und die dazu eingerichtet ist, die die Triebwerkszapflleitung (**14**) durchströmende Triebwerkszapflluft zur Kühlung durch den Wärmetauscher (**12**) zu leiten.

3. Kühlsystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Prozessluftleitung (**28**) bezogen auf die Strömungsrichtung der Triebwerkszapflluft durch die Triebwerkszapflleitung (**14**)

stromaufwärts oder stromabwärts des Wärmetauschers (**12**) von der Triebwerkszapflleitung (**14**) abzweigt.

4. Kühlsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der zu kühlende Wärmetauscher (**12**) in einem von Umgebungsluft durchströmenden Kühlkanal (**52**) angeordnet ist.

5. Kühlsystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass Kühlluftleitung (**34**) in den Kühlkanal (**52**) mündet.

6. Kühlsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch einen von der Turbine (**30**) angetriebenen Kompressor (**40**), der dazu eingerichtet ist, Umgebungsluft anzusaugen und zu verdichten.

7. Kühlsystem nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass eine Eingangsseite des Kompressors (**40**) mit einer Umgebungsluftleitung (**44**) verbunden ist, um Umgebungsluft in die Umgebungsluftleitung (**44**) zu fördern, wobei die Umgebungsluftleitung (**44**) dazu eingerichtet ist, die die Umgebungsluftleitung (**44**) durchströmende Umgebungsluft dem zu kühlenden Wärmetauscher (**12**) zuzuführen.

8. Kühlsystem nach den Ansprüchen 4 und 7, dadurch gekennzeichnet, dass ein Abschnitt (**44a**) der Umgebungsluftleitung (**44**) in den Kühlkanal (**52**) mündet und/oder dass die Umgebungsluftleitung (**44**) zumindest teilweise durch den Kühlkanal (**52**) gebildet wird.

9. Kühlsystem nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass eine Ausgangsseite des Kompressors (**40**) mit einer Kompressorluftleitung (**46**) verbunden ist, um der Kompressorluftleitung (**46**) verdichtete Kompressorluft zuzuführen, wobei die Kompressorluftleitung (**46**) dazu eingerichtet ist, die die Kompressorluftleitung (**46**) durchströmende Kompressorluft dem zu kühlenden Wärmetauscher (**12**) zuzuführen.

10. Kühlsystem nach den Ansprüchen 4 und 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein Abschnitt der Kompressorluftleitung (**46**) in den Kühlkanal (**52**) mündet und/oder dass die Kompressorluftleitung (**46**) zumindest teilweise durch den Kühlkanal (**52**) gebildet wird.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

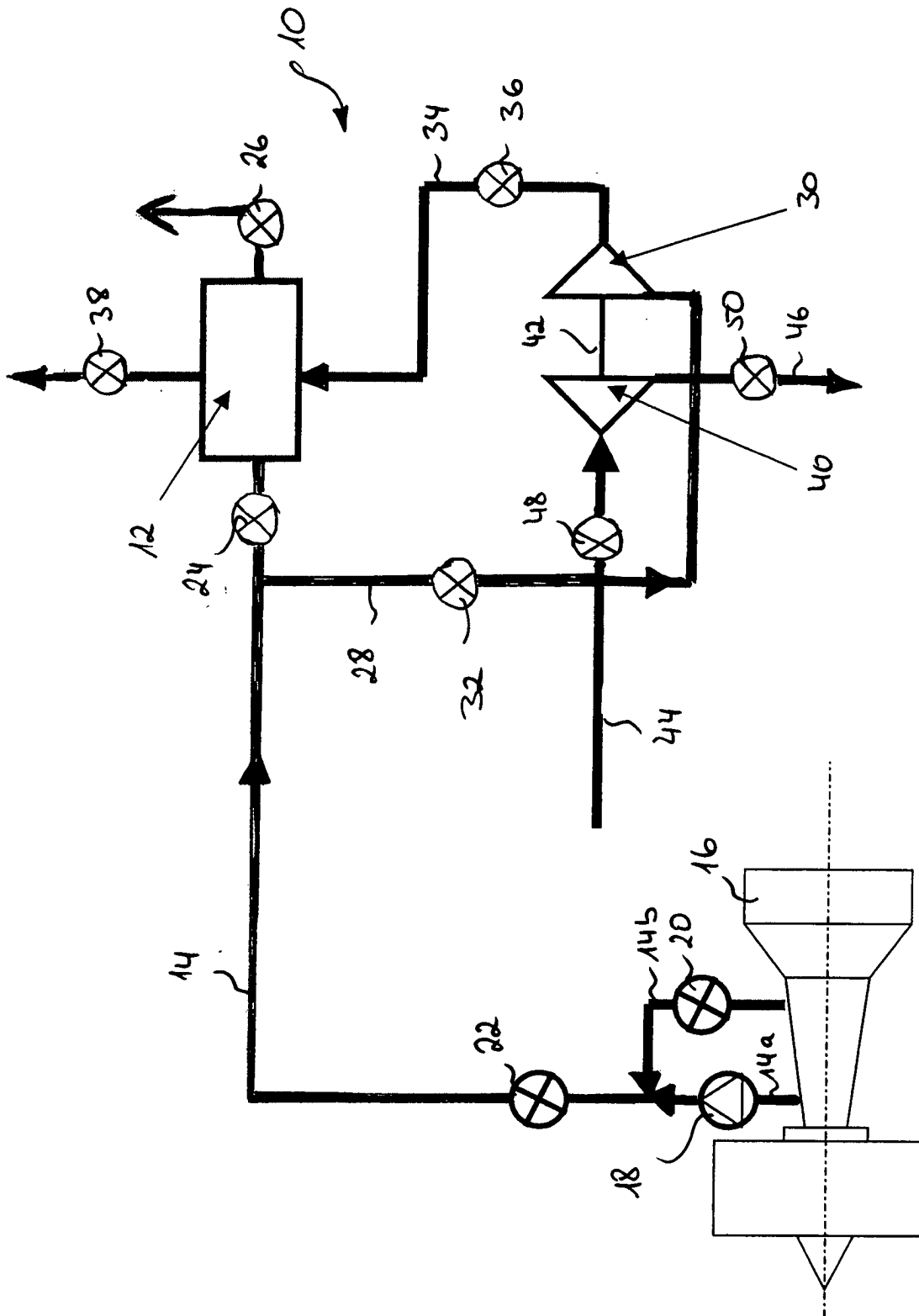


FIG. 1

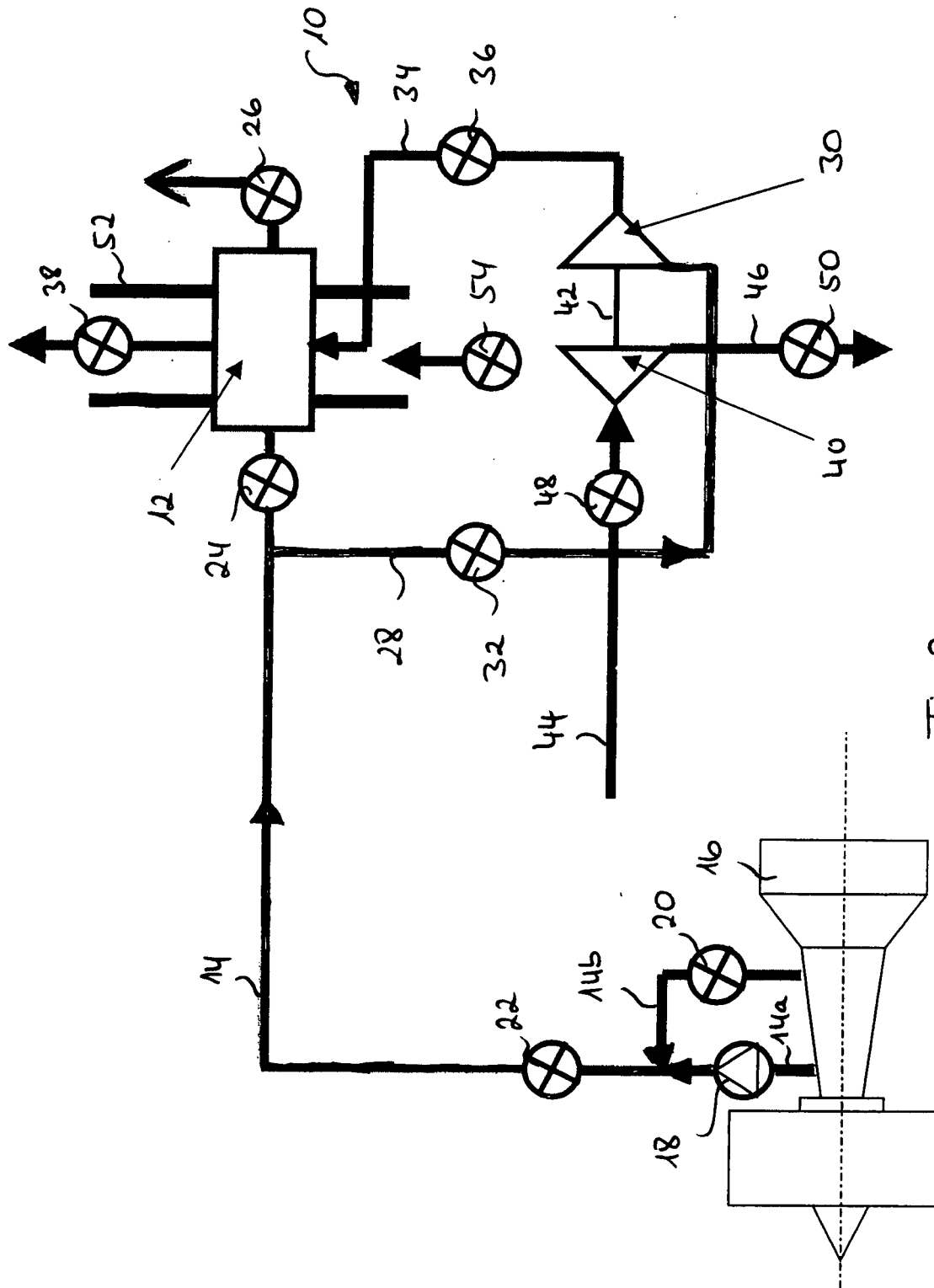


FIG. 2

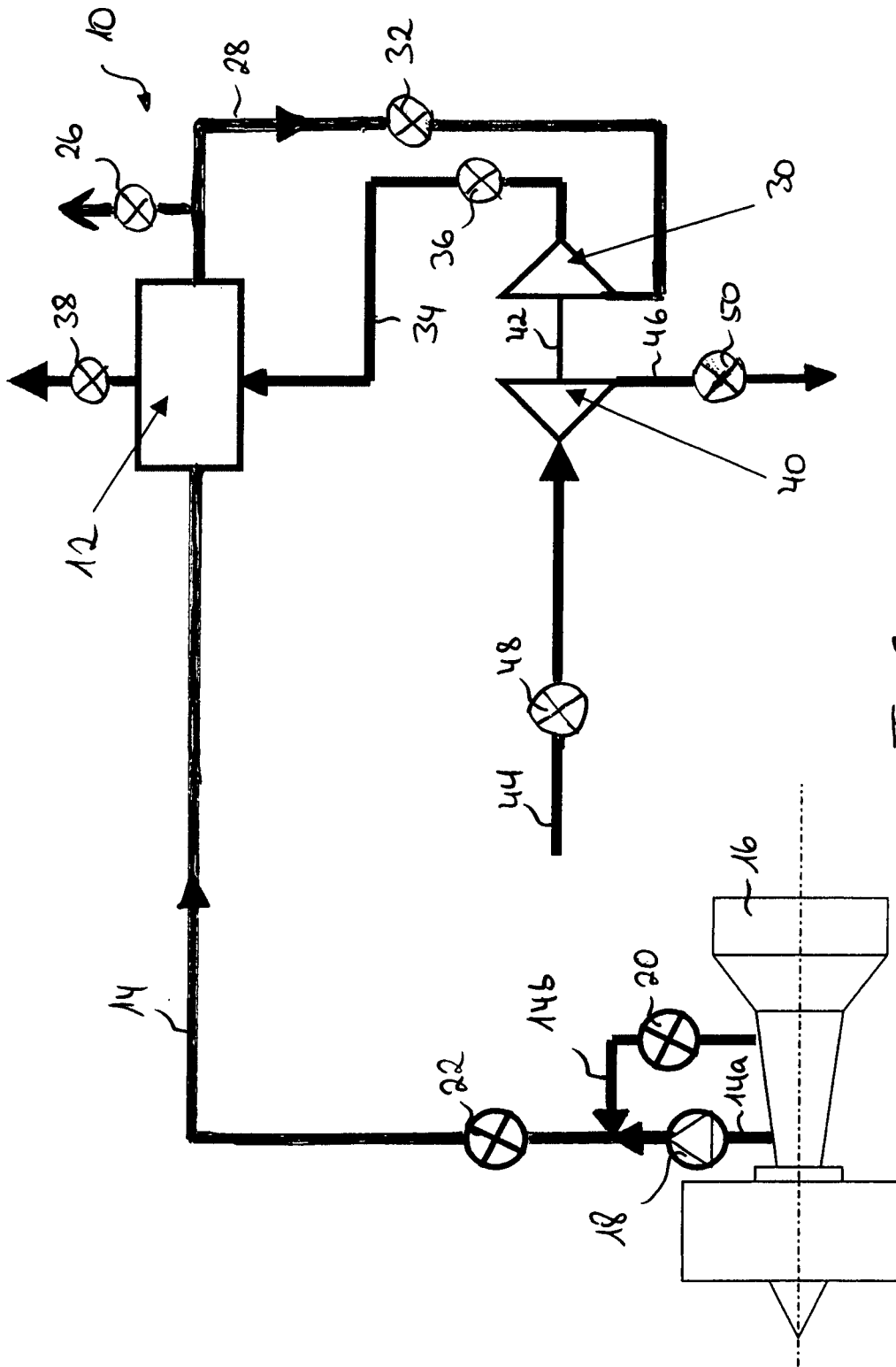


Fig. 3

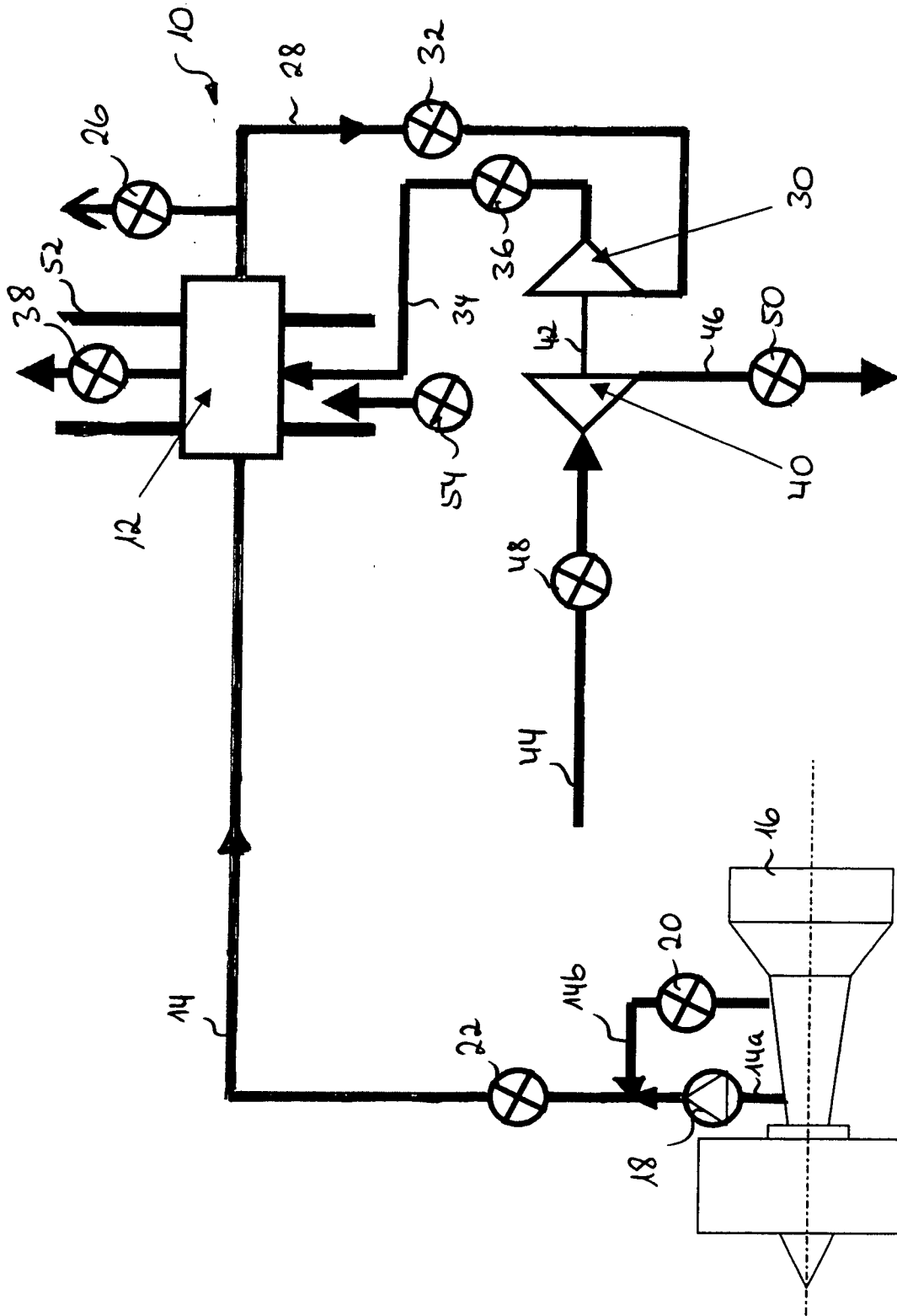


Fig. 4

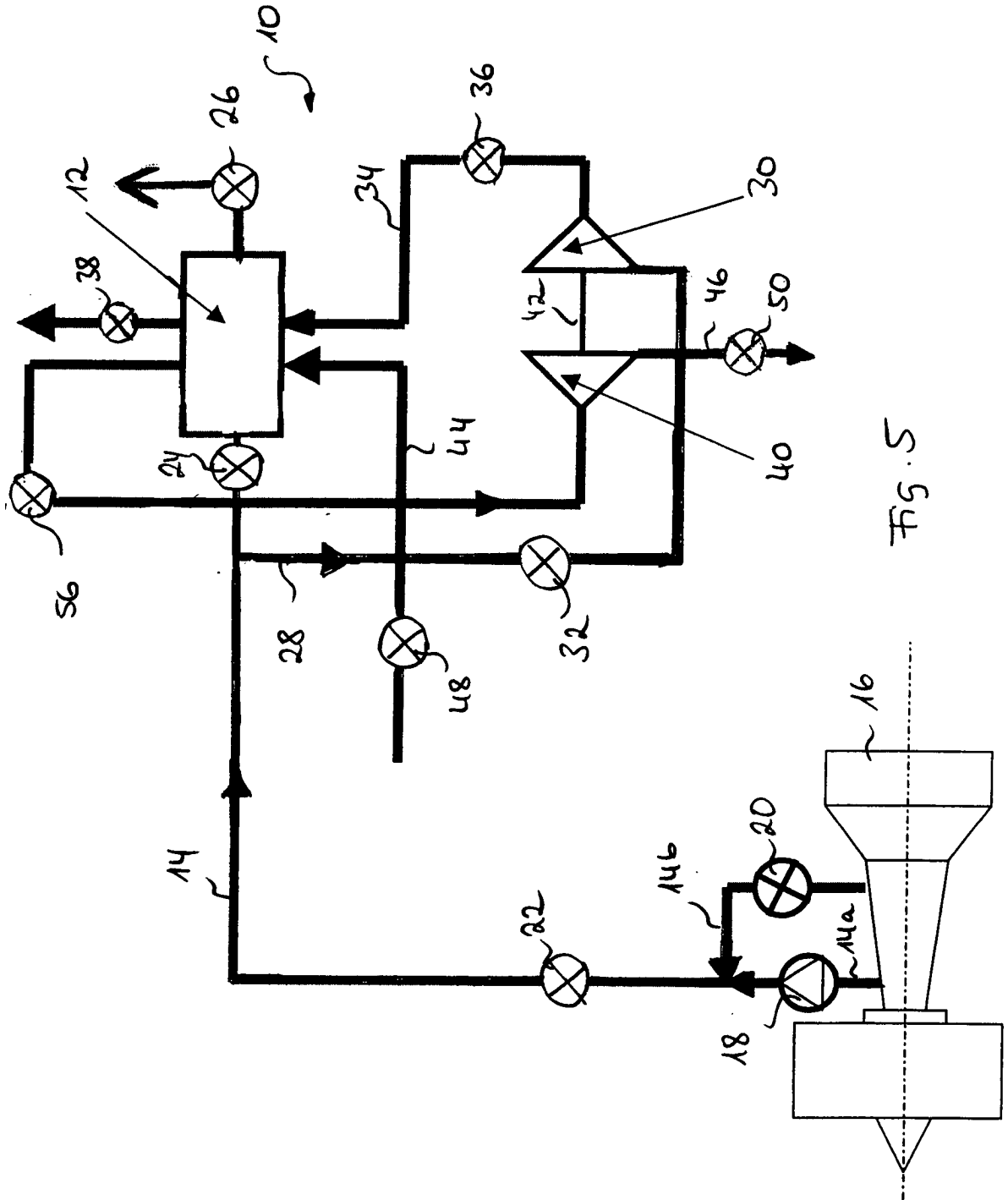


FIG. 5

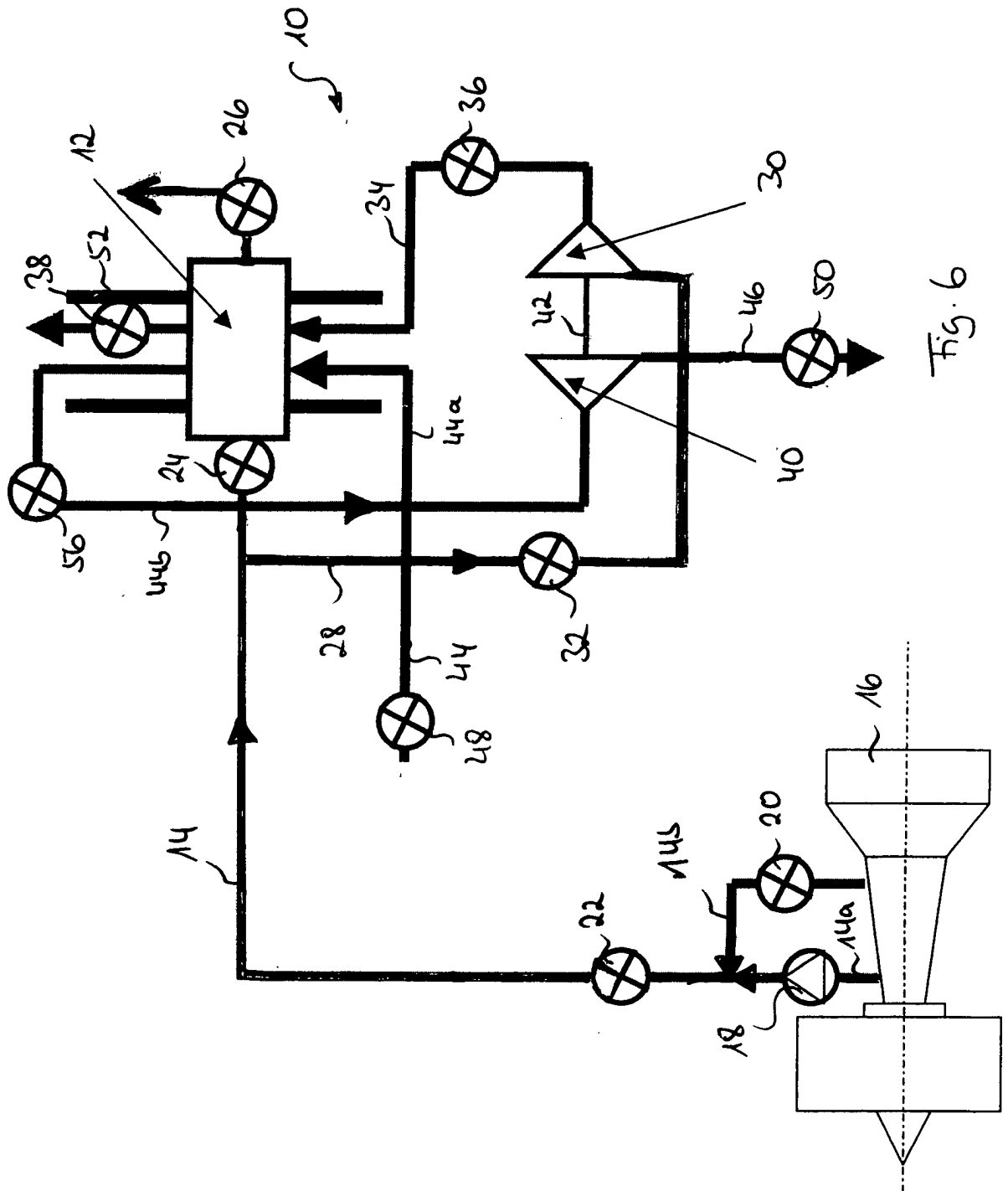


Fig. 6

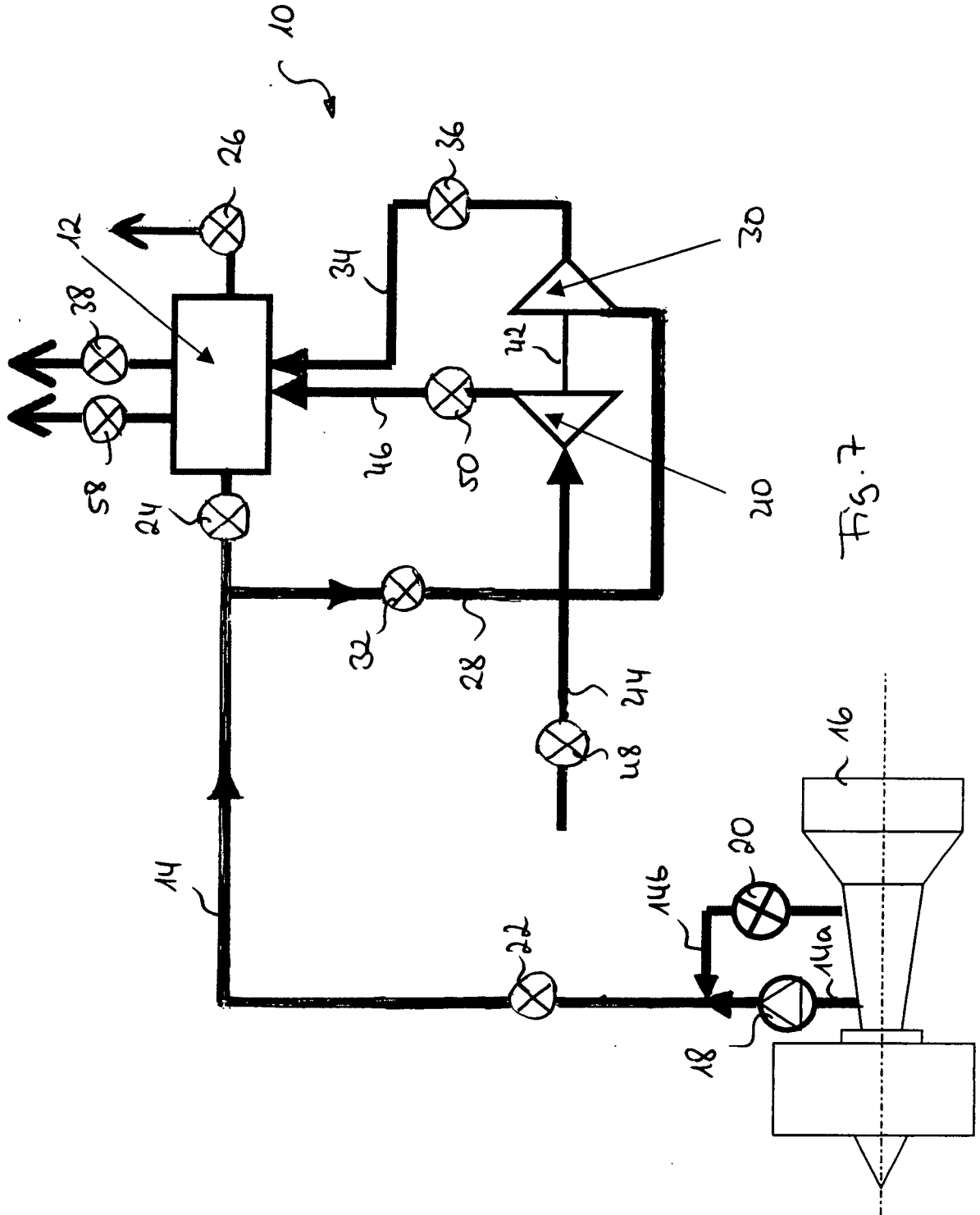


Fig. 7

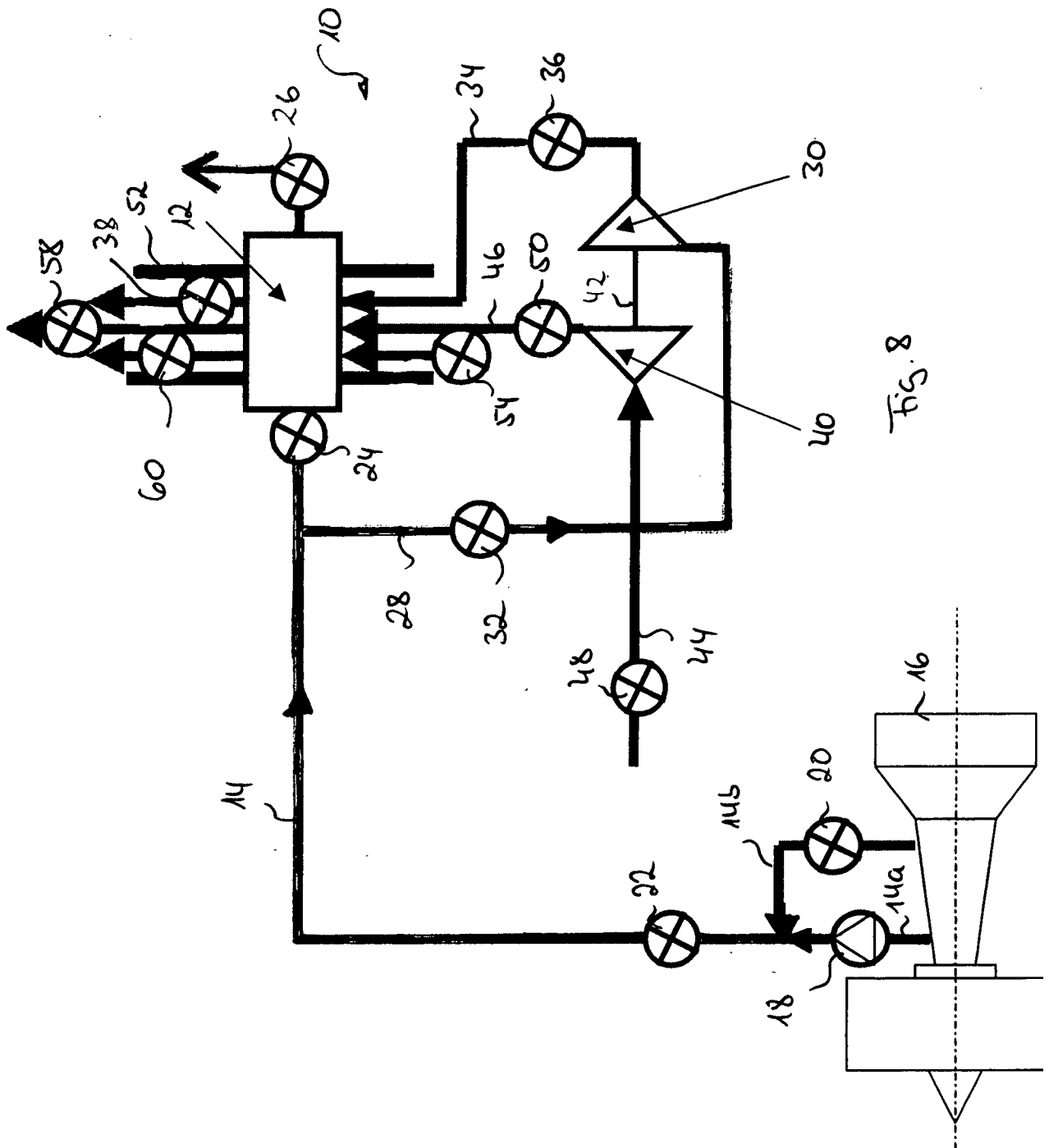


Fig. 8