



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 010 399 A1** 2006.09.14

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 010 399.5**

(22) Anmeldetag: **07.03.2005**

(43) Offenlegungstag: **14.09.2006**

(51) Int Cl.⁸: **H01M 8/02** (2006.01)

(71) Anmelder:
Airbus Deutschland GmbH, 21129 Hamburg, DE

(74) Vertreter:
Maiwald Patentanwalts GmbH, 80335 München

(72) Erfinder:
**Gans, Hubert, 22763 Hamburg, DE; Stolte,
Ralf-Henning, 22763 Hamburg, DE; Piezunka,
Volker, 22559 Hamburg, DE**

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

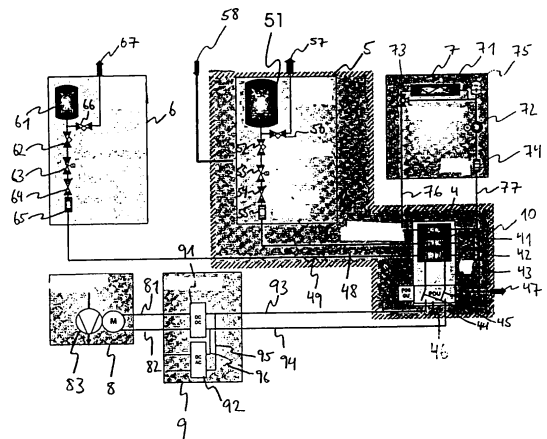
DE 12 00 611 B
US2004/01 55 149 A1
US2004/01 18 969 A1
US2004/00 69 897 A1
US2004/00 28 966 A1
US 51 06 035 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Brennstoffzellen-Notsystem**

(57) Zusammenfassung: In heutigen Flugzeugen wird die Notenergie bei Ausfall der Triebwerke oder des Hydraulik-Systems über eine Stauluftturbine bereitgestellt. Das System der Stauluftturbine ist aufgrund des Ausklappmechanismus und der rotierenden Bauteile mechanisch komplex und erfordert umfangreichen Wartungsaufwand. Gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird ein Brennstoffzellensystem zur Energieversorgung eines Luftfahrzeuges angegeben, umfassend eine Brennstoffzelle, einen Wasserstofftank und einen Sauerstofftank. Vorteilhafterweise wird hierdurch eine außenluftunabhängige, wartungsfreundliche und zuverlässige Energie-Notversorgung für Luftfahrzeuge bereitgestellt.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft die Energie-Notversorgung für Luftfahrzeuge. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung ein Brennstoffzellensystem zur Energieversorgung eines Luftfahrzeugs, ein Luftfahrzeug, umfassend ein entsprechendes Brennstoffzellensystem, eine Verwendung eines Brennstoffzellensystems und ein Verfahren zur Energie-Notversorgung in einem Luftfahrzeug.

Stand der Technik

[0002] In heutigen Luftfahrzeugen werden Stauluftturbinen (Ram Air Turbine, RAT) eingesetzt, um bei einem Ausfall der Triebwerke, der Generatoren oder des Hydraulik-Systems durch freie Anströmung des Rotors Notenergie bereitzustellen. Die Stauluftturbinen befinden sich hierbei im Ruhezustand innerhalb einer aerodynamischen Verkleidung und werden in Notsituationen mechanisch ausgeklappt.

[0003] Je nach Systemkonfiguration des Luftfahrzeugs treibt die vom Luftstrom angetriebene Welle des Rotors der Stauluftturbine eine hydraulische Pumpe, oder einen elektrischen Generator an. Die Energie der Stauluftturbine dient dabei vor allem der primären Flugsteuerung.

[0004] Das System der Stauluftturbine ist aufgrund des Ausklappmechanismus und der rotierenden Bauteile mechanisch komplex. Die Leistung des Systems nimmt mit abnehmender Fluggeschwindigkeit und abnehmendem Außendruck ab, während der Notenergiebedarf gerade vor oder bei der Landung besonders hoch ist. Die Stauluftturbine und ihre Funktionsfähigkeit kann nicht permanent überwacht werden. Die Stauluftturbine kann die volle Leistung nur bei einer von der Flugzeuggrenzschicht möglichst unbeeinflussten Anströmung gewährleisten. Daher ist die Integration der Staustrahlerturbine in das Luftfahrzeug aufwendig.

Aufgabenstellung

[0005] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine verbesserte Energie-Notversorgung für Luftfahrzeuge bereitzustellen.

[0006] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird die obige Aufgabe mittels einem Brennstoffzellensystem zur Energieversorgung eines Luftfahrzeugs gelöst, umfassend eine Brennstoffzelle, einen Wasserstofftank und einen Sauerstofftank, wobei der Wasserstofftank und der Sauerstofftank zur Versorgung der Brennstoffzelle an die Brennstoffzelle angeschlossen sind.

[0007] Durch diese Ausgestaltungsform des Brennstoffzellensystems ist stets gewährleistet, dass die

Brennstoffzelle zu jedem Zeitpunkt während ihres Betriebs mit ausreichenden Mengen an Wasserstoffgas und Sauerstoffgas versorgt wird, selbst wenn sich das Flugzeug beispielsweise in großen Höhen befindet, in denen der Außendruck gering ist. Durch die direkte Versorgung des Brennstoffzellensystems mit Wasserstoff und Sauerstoff aus entsprechenden Vorratsbehältern oder Tanks ist ein schnelles Anlaufen des Brennstoffzellensystems gewährleistet, ohne dass vorher Umgebungsluft zur Versorgung der Brennstoffzellen verdichtet werden muss. Da das Brennstoffzellensystem keine bzw. wenige bewegliche Komponenten besitzt, ist eine sehr hohe Systemverfügbarkeit gewährleistet.

[0008] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist die Brennstoffzelle in Form einer Niedertemperatur-Brennstoffzelle ausgeführt, wobei die Brennstoffzelle innerhalb einer Kabine des Luftfahrzeugs angeordnet ist.

[0009] Vorteilhafterweise ist durch die Anordnung der Brennstoffzelle innerhalb der Kabine des Luftfahrzeugs bei Normalbetrieb des Luftfahrzeugs stets eine ausreichend hohe Umgebungstemperatur bereitgestellt, so dass die Brennstoffzelle auch ohne Anwärmphase direkt und schnell startbar ist. Somit kann vorteilhafterweise Heizenergie eingespart werden, welche erforderlich wäre, wenn die Brennstoffzelle außerhalb des beheizten Druckbereichs der Kabine bei Umgebungsbedingungen installiert wäre.

[0010] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist der Wasserstofftank in Form einer Wasserstoffdruckgasflasche ausgeführt und der Sauerstofftank in Form einer Sauerstoffdruckgasflasche ausgeführt.

[0011] Hierdurch wird eine sichere und flexible Speicherung und Lagerung der Ressourcen Wasserstoff und Sauerstoff bereitgestellt. Beispielsweise können die Wasserstoff- und Sauerstoffdruckgasflaschen derart gelagert werden, dass Wartungspersonal leicht auf sie zugreifen kann, um ihre Funktionsfähigkeit zu überprüfen bzw. die Flaschen auszutauschen. Hierdurch wird der Wartungs- und Instandhaltungsaufwand des Notsystems erheblich reduziert.

[0012] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist der Sauerstofftank weiterhin zur Sauerstoffnotversorgung der Passagiere bei einem Druckabfall in der Kabine einsetzbar. Vorteilhafterweise können somit Notversorgungskomponenten (Sauerstoffspeicher) reduziert werden, so dass für das Brennstoffzellensystem kein separater, zusätzlicher Sauerstofftank erforderlich ist. Weiterhin kann der Sauerstofftank des Brennstoffzellensystems zur Sauerstoffnotversorgung der Passagiere und zur gleichzeitigen Versorgung der Brennstoffzelle ausgeführt sein, so dass eine Redundanz er-

reicht wird, was die Sicherheit weiter erhöht.

[0013] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung umfasst das Brennstoffzellensystem weiterhin eine Leistungsverteilungseinheit. Das Brennstoffzellensystem ist bei Normalbetrieb des Luftfahrzeugs inaktiv und die Leistungsverorgungseinheit ist derart ausgeführt, dass sie das Brennstoffzellensystem bei einer Energieunterversorgung automatisch aktivieren kann.

[0014] Vorteilhafterweise ist somit gewährleistet, dass das Brennstoffzellensystem bei Normalbetrieb des Luftfahrzeugs keine Ressourcen (auf welche es bei Notbetrieb zugreift) verbraucht, so dass sich der Instandhaltungsaufwand des Notsystems reduziert (da beispielsweise die Wasserstofftanks und die Sauerstofftanks erst nach einer Verwendung des Brennstoffzellensystems, oder nach einem definierten Wartungsintervall ausgetauscht werden müssen). Weiterhin kann die Leistungsverteilungseinheit zur automatischen und schnellen Aktivierung des Brennstoffzellensystems ausgeführt sein, welche beispielsweise auf einen Spannungsabfall der Energieversorgung des Luftfahrzeugs reagiert. Um die Systemsicherheit zu erhöhen, kann die automatische Zuschaltung des Brennstoffzellensystems derart gestaltet werden, dass bei Energieunterversorgung bzw. Spannungsabfall ein Relais oder ein vergleichbares Schaltelement das Brennstoffzellensystem automatisch aktiviert.

[0015] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung weist das Brennstoffzellensystem weiterhin einen Wandler auf, welcher zur Erzeugung einer für den Bordbetrieb geeigneten Strom/Spannungscharakteristik ausgeführt ist.

[0016] Weiterhin kann ein Kühlsystem zugeschaltet werden, welches zur Kühlung zumindest der Brennstoffzelle ausgeführt ist. Hierdurch wird gewährleistet, dass selbst bei erhöhter Leistung der Brennstoffzelle eine ungewünschte Brennstoffzellen-Betriebstemperaturerhöhung verhindert wird. Somit kann die Brennstoffzelle kontinuierlich betrieben werden.

[0017] Weiterhin ist es möglich, dass der Wandler oder eine andere Regelungseinrichtung (wie beispielsweise die Leistungsverteilungseinheit) bei variierendem Energiebedarf Brennstoffzellen zu- oder abschaltet, um die Systemleistung den wechselnden Anforderungen anzupassen.

[0018] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung umfasst das Brennstoffzellensystem weiterhin eine Temperatur-Regelungseinrichtung zur Regelung der Temperatur der Brennstoffzelle, so dass die Temperatur der Brennstoffzelle innerhalb einem vorbestimmten Bereich haltbar ist.

[0019] Die Temperatur-Regelungseinrichtung kann nicht nur zur Kühlung der Brennstoffzelle verwendet werden, sondern auch zur Erwärmung, um beispielsweise eine ausreichende Starttemperatur für die Brennstoffzelle bereitzustellen. Hierdurch kann die Anlaufphase des Brennstoffzellensystems verkürzt werden.

[0020] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung umfasst das Brennstoffzellensystem weiterhin eine vom elektrischen Strom der Brennstoffzelle angetriebene Hydraulikpumpe, welche zur Bereitstellung von Hydraulik-Energie an ein Luftfahrzeug-Steuerungssystem ausgeführt ist. Somit ist stets gewährleistet, dass ausreichende Hydraulik-Energie für das Luftfahrzeug-Steuerungssystem bereitgestellt ist.

[0021] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird ein einfaches, schnelles und sicheres Verfahren zur Energie-Notversorgung in einem Luftfahrzeug angegeben, bei dem Wasserstoff aus einem Wasserstofftank der Brennstoffzelle zugeführt wird, um die Brennstoffzelle mit Wasserstoffgas zu versorgen. Weiterhin wird Sauerstoff aus einem Sauerstofftank der Brennstoffzelle zugeführt, um die Brennstoffzelle mit Sauerstoffgas zu versorgen. Unter Verwendung des der Brennstoffzelle zugeführten Wasserstoffgases und Sauerstoffgases wird elektrische Energie innerhalb der Brennstoffzelle zur Notstromversorgung im Luftfahrzeug erzeugt, wobei der Wasserstofftank und der Sauerstofftank zur Versorgung der Brennstoffzelle an die Brennstoffzelle angeschlossen sind. Durch die Anwendung des Verfahrens ist eine Energie-Notversorgung in einem Luftfahrzeug gewährleistet, welche außenluftunabhängig ist, eine kurze Anlaufphase aufweist und weitgehend ohne bewegliche mechanische Komponenten ausführbar ist.

[0022] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel kann der Brennstoffzellenstapel „Dead-Ended“ (kaskadiert), oder mittels rezirkulierender Strömung beispielsweise einer Strahl-Pumpe betrieben werden, um Emissionen zu minimieren.

[0023] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel kann ein passiver Wasserabscheider als integrales Bauteil zur Druckregelung verwendet werden.

[0024] Weitere Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und den nebengeordneten Ansprüchen.

Ausführungsbeispiel

[0025] Im Folgenden werden mit Verweis auf die Figuren bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0026] [Fig. 1](#) zeigt eine exemplarische Darstellung einer Staustrahltriebwerke.

[0027] [Fig. 2](#) zeigt eine schematische Darstellung eines Brennstoffzellensystems gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0028] [Fig. 1](#) zeigt eine exemplarische Darstellung einer Staustrahltriebwerke, welche im Wesentlichen aus Rotor **1** und hydraulischer Pumpe **2** besteht. Die Staustrahltriebwerke ist im Ruhezustand eingeklappt und wird im Notfall, beispielsweise bei Triebwerksausfall oder beim Ausfall des Bordhydrauliksystems oder beim Ausfall der Generatoren, mechanisch ausgeklappt. Durch den Fahrtwind wird der Rotor angeströmt und erzeugt mechanische Energie, welche die hydraulische Pumpe **2** antreibt. Aufgrund des komplizierten Ausklappmechanismus, welcher enormer mechanischer Beanspruchung standhalten muss, und aufgrund der rotierenden Bauteile ist die Ausführung der Staustrahltriebwerke und ihrer Aufhängung mechanisch komplex. Die Staustrahltriebwerke und ihre Funktionsfähigkeit kann in der Regel nicht permanent überwacht werden und erfordert daher einen erhöhten Wartungsaufwand.

[0029] [Fig. 2](#) zeigt eine schematische Darstellung eines Brennstoffzellen-Notsystems gemäß eines Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung. Wie in [Fig. 2](#) zu erkennen, weist das Brennstoffzellen-Notsystem eine Brennstoffzelleneinrichtung **4** auf, welche einen Brennstoffzellen-Stack **41**, der eine Mehrzahl von Brennstoffzellen aufweist, Dosierventile **42**, **43**, Leistungsverteilungseinheit **46** und Schalter und Zuleitungen **44**, **45** umfasst. Die Brennstoffzelleneinrichtung **4** ist beispielsweise innerhalb einer feuersicheren Umhausung **10** angeordnet, die auch Geräte zur Feuererkennung und -löschung beinhalten kann. Die bei Betrieb der Brennstoffzelleneinrichtung **4** entstehenden Edukte oder Abgase können über Ventilationsleitung **47** und Dosierventile **42**, **43** aus der Umhausung **10** abgeleitet werden.

[0030] Die Brennstoffzellen **41** werden mit Wasserstoff und Sauerstoff versorgt. Hierfür sind Wasserstoffbereitstellungseinrichtung **5** und Sauerstoffbereitstellungseinrichtung **6** vorgesehen, welche über entsprechende Leitungen **48**, **49** mit der Brennstoffzelleneinrichtung **4** verbunden sind.

[0031] Die Wasserstoffbereitstellungseinrichtung **5** umfasst im Wesentlichen einen Wasserstoffspeicher **51**, Ventile **52**, **53**, **54**, **56**, Zuleitung **58** und Filter **55**. Weiterhin umfasst die Wasserstoffbereitstellungsvorrichtung **5** eine Ventilationsleitung **57**.

[0032] Der Wasserstoffspeicher **51** kann in Form einer Wasserstoffdruckgasflasche **51** ausgeführt sein, welche leicht zu warten und leicht und schnell auszutauschen ist. Die Wasserstoffbereitstellungseinrichtung

5 kann beispielsweise innerhalb eines feuersicheren Gehäuses **10** angeordnet sein, welches z. B. dasselbe ist, wie das Gehäuse **10**, in dem sich die Brennstoffzelleneinrichtung **4** befindet. Natürlich kann es aber auch ein separates Gehäuse **10** sein.

[0033] Der in dem Wasserstoffspeicher **51** gespeicherte Wasserstoff wird über die Leitung **48** an die Brennstoffzellen **41** abgegeben. Die Abgaberate kann über das Druckregelventil **52** und das seriell zugeschaltete Solenoid-Ventil **53** eingestellt werden. Weiterhin kann ein Sicherheitsventil **54** vorgesehen sein, welches beispielsweise ein Rückschlagen des Gasstroms von der Brennstoffzelleneinrichtung **4** in den Wasserstoffspeicher **51** verhindern kann. Das Sicherheitsventil **54** kann weiterhin dazu dienen, eine ungewollte Überversorgung der Brennstoffzelleneinrichtung **4** mit Wasserstoff zu verhindern. Durch die Redundanz der drei Ventile **52**, **53**, **54** ist eine hohe Systemsicherheit gewährleistet. Weiterhin kann ein Filter **55** vorgesehen sein, welcher beispielsweise innerhalb der Wasserstoffbereitstellungsvorrichtung **5** hinter den Ventilen **52** bis **54** angeordnet ist und eine Filterung des Gases durchführt, bevor es in die Brennstoffzellen **41** eingeleitet wird. Natürlich kann der Filter auch direkt vor den Brennstoffzellen **41** oder der Brennstoffzelleneinrichtung **4** angeordnet sein.

[0034] Weiterhin kann ein Druckablassventil oder Druckregulierungsventil **56** vorgesehen sein, welches bei einem überhöhten Druckanstieg oder bei einer Wasserstoffüberversorgung Wasserstoff aus dem Gehäuse **10** ableiten kann. Hierfür dient Leitung **57**. das Gehäuse **10** kann beispielsweise feuersicher sein.

[0035] Zuleitung **58** dient zum Beispiel zum Ventilieren des Raumes zwischen dem Inneren des Gehäuses **10** und der Gehäuseumgebung.

[0036] Die Sauerstoffversorgung erfolgt über die Sauerstoffbereitstellungsvorrichtung **6**, welche im Wesentlichen Sauerstoffspeicher **61** und Ventile **62**, **63**, **64**, **66** und Filter **65** aufweist. Der Sauerstoffspeicher **61** kann beispielsweise als Druckgasflasche ausgeführt sein, welche einfach und schnell gewartet oder ausgetauscht werden kann.

[0037] Weiterhin kann der Sauerstoffspeicher **61** neben der Versorgung der Brennstoffzellen **41** mit Sauerstoff auch zur Sauerstoffnotversorgung der Passagiere eingesetzt werden. Beispielsweise ist hier eine Sauerstofftankredundanz möglich, so dass sich die Passagiere im Notfall von dem Sauerstoff aus dem Sauerstofftank **61** bedienen können oder im umgekehrten Fall die Brennstoffzellen **41** auf Sauerstoff zurückgreifen können, welcher für die Passagiere vorgesehen ist.

[0038] Das Ventil **62** dient der Druckregelung inner-

halb des Leitungssystems **49**. Weiterhin kann ein Solenoid-Ventil **63** vorgesehen sein, welches dem Regelventil **62** vor- oder nachgeschaltet ist. Weiterhin kann ein Sicherheitsventil **64** vorgesehen sein. Die Redundanz der seriell geschalteten Ventile **62** bis **64** ermöglicht eine erhöhte Systemsicherheit und sichere Regelung der Sauerstoffversorgung der Brennstoffzelleneinrichtung **4**.

[0039] Druckablassventil **66** kann zum Ablassen von Sauerstoff aus der Sauerstoffbereitstellungsvorrichtung **6** über Ventilationsleitung **67** vorgesehen sein.

[0040] Das Brennstoffzellen-Notsystem ist bei Normalbetrieb des Luftfahrzeuges inaktiv. Die Leistungsverteilungseinheit **46** umfasst elektrische Leitungen und Schalter **44**, **45** und kann dazu ausgeführt sein, bei einer Energieunterversorgung im Luftfahrzeug das Brennstoffzellen-Notsystem automatisch zu aktivieren und den durch das Brennstoffzellen-Notsystem erzeugten Strom bzw. die erzeugte elektrische Energie den entsprechenden Verbrauchern im Luftfahrzeug bereitzustellen. Hierfür können die Dosier- und Regelventile **62** bis **64** und **52** bis **54** und auch die Ablassventile **42**, **43**, **56**, **66** und die Schalter **44**, **45** von einer zentralen Steuereinrichtung, welche beispielsweise in der Leistungsverteilungseinheit **46** integriert ist, automatisch angesteuert werden. Die Leistungsverteilungseinheit **46** kann hierfür beispielsweise in Form einer Regeleinrichtung ausgeführt sein, welche die Leistungsabgabe der Brennstoffzelleneinrichtung **4** und die Rohstoffversorgung der Brennstoffzellen **41** (Wasserstoff und Sauerstoff) entsprechend dem Bedarf regelt.

[0041] Weiterhin kann eine Wandlereinheit **9** vorgesehen sein, welche im Wesentlichen Gleichstrom/Gleichstromwandler **91** und Gleichstrom/Wechselstromwandler **92** umfasst. Die Wandler **91**, **92** sind über Leitungen **93**, **94** und ggf. über Leitungen **95**, **96** mit der Brennstoffzelleneinrichtung **4** verbunden und dienen der Erzeugung einer für den Bordbetrieb geeigneten Strom/Spannungscharakteristik. Somit ist vorteilhafterweise gewährleistet, dass selbst bei schwankenden Energieanforderungen stets ausreichende Leistung bei konstanter Spannung bereitgestellt wird. Die Wandlereinrichtung **9** kann weiterhin mit der Leistungsverteilungseinheit **46** gekoppelt sein, so dass Informationen zwischen der Wandlereinheit **9** und der Leistungsverteilungseinheit **46** austauschbar sind. Beispielsweise kann die Leistungsverteilungseinheit **46** auf ein Signal der Wandlereinheit **9**, welches mitteilt, dass nicht genügend Leistung bereitgestellt wird, die Sauerstoff- und Wasserstoffversorgung erhöhen.

[0042] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung kann das Brennstoffzellen-Notsystem eine elektrische Dauerleistung von 40 kW

über eine halbe Stunde abgeben.

[0043] Weiterhin kann eine Kühleinheit **7** vorgesehen sein, welche zur Kühlung der Brennstoffzellen **41** vorgesehen ist. Die Kühleinheit **7** umfasst im Wesentlichen ein Kühlelement **71**, ein Dreiwegeventil **73**, eine Pumpe **72**, einen Filter **74** und einen Überlauf bzw. Kühlflüssigkeitsspeicher **75**. Weiterhin sind entsprechende Leitungen **76**, **77** vorgesehen. Hierdurch wird ein Kühlkreislauf ausgebildet, welcher die Brennstoffzellen **41** auf einer vorteilhaften Betriebstemperatur halten kann. Natürlich kann das Kühlsystem **7** auch als Temperaturregelungseinrichtung **7** ausgeführt sein, um nicht nur eine Kühlung bei Betrieb der Brennstoffzellen **41** bereitzustellen, sondern auch um eine Heizung der Brennstoffzellen **41** bereitzustellen, beispielsweise damit die Brennstoffzellen ausreichend schnell gestartet werden kann. Somit ist die Temperatur der Brennstoffzellen **41** innerhalb einem vorbestimmten Bereich haltbar, beispielsweise oberhalb 5°C. Das Kühl- oder Temperatur-Regelungssystem **7** kann mit der Regelungseinrichtung **46** gekoppelt sein, so dass eine zentrale Regelung der Kühl- oder Heizleistung erzielt wird. Somit ist vorteilhaft gewährleistet, dass die Anlaufphase der Brennstoffzelle **41** beispielsweise nur wenige Sekunden dauert, abhängig von den Anforderungen beispielsweise der Flugsteuerung des Luftfahrzeuges.

[0044] Weiterhin kann das Brennstoffzellen-Notsystem eine Hydraulikpumpeneinrichtung **8** aufweisen, welche eine elektrisch betriebene Hydraulikpumpe **83** umfasst, die über entsprechende Leitungen **81**, **82** mit dem Wandler **9** verbunden ist.

[0045] Der Motorregler der Hydraulikpumpe **83** kann alternativ über einen separaten elektrischen Anschluß mit elektrischer Bordenergie versorgt werden, so dass die Pumpe **83** unabhängig vom Brennstoffzellen-Notsystem betrieben werden kann.

[0046] Wird eine Energie-Unterversorgung an Bord des Luftfahrzeuges festgestellt, werden die Steuer- und Regelventile **62** bis **64** und **52** bis **54** derart eingestellt, dass Sauerstoffgas und Wasserstoffgas über Leitungen **49**, **48** an die Brennstoffzellen **41** geliefert wird. Unter Verwendung des der Brennstoffzellen **41** zugeführten Wasserstoffgases und Sauerstoffgases erfolgt dann eine Erzeugung von elektrischer Energie innerhalb der Brennstoffzelle zur Notstromversorgung im Luftfahrzeug. Die Regelung der einzelnen Komponenten, wie beispielsweise der Ventile **62** bis **64**, **52** bis **54**, **57**, **67**, **41**, **42**, der Temperatur-Regelungseinrichtung **7**, der Wandlereinrichtung **9** und der hydraulischen Pumpe **8** kann über eine zentrale Regelungs- oder Verteilungseinrichtung **46** geregelt werden.

[0047] Das außenluftunabhängige Brennstoffzellen-Notsystem hat eine sehr hohe Systemverfügbar-

keit, da es keine bzw. wenige bewegliche Komponenten besitzt. Es ist in der Lage, bei dem Ausfall der Energieversorgung ausreichend schnell die notwendige Energie bereitzustellen. Die Energieabgabe erfolgt im Gegensatz zur Staustrahlerturbine unabhängig von der Flughöhe, der Fluggeschwindigkeit und dem Anströmwinkel. Der Füllstand der Druckflaschen kann elektronisch überwacht werden. Durch die Überwachung sind die Wartungskosten im Vergleich zur Staustrahlerturbine gering, die Gasflaschen sind bei Routineinspektionen auswechselbar, ähnlich den Feuerlöschflaschen. Das System kann einem Funktionstest unterzogen werden.

[0048] Das außenluftunabhängige Brennstoffzellen-Notsystem kann für den Betrieb an Bord von Verkehrsflugzeugen eingesetzt werden. Die Hauptkomponenten des Systems umfassen einen kompakten Brennstoffzellenstapel **41**, Wasserstoff- und Sauerstoffgastanks **51**, **61**, Druckminder-, Magnetabsperrend- und Regelventile **62** bis **64**, **66**, **52** bis **54**, **56**, **41**, **42** sowie evtl. elektrische Wandler **91**, **92**, um die elektrische Energie ins Bordnetz einzuspeisen, sowie evtl. ein Kühlsystem **7** für den Brennstoffzellenstapel **41**.

[0049] Die Wasserstoff- und Sauerstofftanks **51**, **61** und deren nutzbarer Gasinhalt sind so zu dimensionieren, dass die Betriebszeit des Systems ausreicht, die verbleibende Flugzeit bei Ausfall aller Triebwerke abzudecken. Dabei sind moderne Hochdruckgastanks aus Verbundwerkstoff vorteilhaft, die bei den geringen benötigten Brennstoffmengen günstige Tankgewichte ermöglichen und sich durch geringe Gasverlusten auszeichnen. Der Füllstand der Druckflaschen kann elektronisch überwacht werden. Durch die Überwachung und die geringe Leckage können lange Wartungsintervalle erzielt werden. Die Brennstoffzelle liefert elektrische Leistung, die entsprechend dem Bedarf an Bord des Luftfahrzeugs, z. B. in hydraulische Energie für die Flugsteuerung mittels einer elektrisch angetriebenen Pumpe **83**, gewandelt wird.

[0050] Die Erfindung beschränkt sich in ihrer Ausführung nicht auf die in den Figuren dargestellten bevorzugten Ausführungsformen. Vielmehr ist eine Vielzahl von Varianten denkbar, welche von der dargestellten Lösung und dem erfindungsgemäßen Prinzip auch bei grundsätzlich anders gearteten Ausführungsformen Gebrauch macht.

[0051] Ergänzend ist darauf hinzuweisen, dass „umfassend“ keine anderen Elemente oder Schritte ausschließt und „eine“ oder „ein“ keine Vielzahl ausschließt. Ferner sei darauf hingewiesen, dass Merkmale oder Schritte, die mit Verweis auf eines der obigen Ausführungsbeispiele beschrieben worden sind, auch in Kombination mit anderen Merkmalen oder Schritten anderer oben beschriebener Ausführungsbeispiele verwendet werden können. Bezugszeichen

in den Ansprüchen sind nicht als Einschränkung anzusehen.

Patentansprüche

1. Brennstoffzellensystem zur Energieversorgung eines Luftfahrzeugs, das Brennstoffzellensystem umfassend:

eine Brennstoffzelle (**41**);
einen Wasserstofftank (**51**);
einen Sauerstofftank (**61**);
wobei der Wasserstofftank (**51**) und der Sauerstofftank (**61**) zur Versorgung der Brennstoffzelle (**41**) an die Brennstoffzelle (**41**) angeschlossen sind.

2. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1, wobei die Brennstoffzelle (**41**) eine Niedertemperatur-Brennstoffzelle (**41**) ist; und wobei die Brennstoffzelle (**41**) innerhalb des druckbelüfteten und klimatisierten Bereiches des Luftfahrzeugs angeordnet ist.

3. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Wasserstofftank (**51**) eine Wasserstoffdruckgasflasche ist; und wobei der Sauerstofftank (**61**) eine Sauerstoffdruckgasflasche ist.

4. Brennstoffzellensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Sauerstofftank (**61**) zur Sauerstoffnotversorgung von Passagieren bei einem Druckabfall in der Kabine einsetzbar ist.

5. Brennstoffzellensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiterhin umfassend: eine Leistungsverteilungseinheit (**46**); wobei das Brennstoffzellensystem bei Normalbetrieb des Luftfahrzeugs inaktiv ist; und wobei die Leistungsverteilungseinheit (**46**) zur Aktivierung des Brennstoffzellensystems bei einer Energieunterversorgung von bordinternen Verbrauchern ausgeführt ist.

6. Brennstoffzellensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiterhin umfassend: einen Wandler (**9**), ausgeführt zur Erzeugung einer für den Bordbetrieb geeigneten Strom/Spannungscharakteristik.

7. Brennstoffzellensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiterhin umfassend: ein Kühlsystem (**7**), ausgeführt zur Kühlung zumindest der Brennstoffzelle (**41**).

8. Brennstoffzellensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiterhin umfassend: eine von der Brennstoffzelle (**41**) angetriebene Hydraulikpumpe (**8**), ausgeführt zur Bereitstellung von Hydraulik-Energie an ein Luftfahrzeug-Steuerungs-

system.

9. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 7 oder 8, weiterhin umfassend:

eine Temperatur-Regelungs- und Heizeinrichtung integriert in das Kühlsystem (7), ausgeführt zur Regelung einer Temperatur der Brennstoffzelle (41), so dass die Temperatur der Brennstoffzelle (41) innerhalb einem vorbestimmten Bereich haltbar ist.

10. Brennstoffzellensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Brennstoffzellensystem ein Brennstoffzellen-Notsystem ist.

11. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 8 bis 10, weiterhin umfassend:

einen Motorregler für die Hydraulikpumpe (83); wobei der Motorregler für die Hydraulikpumpe (83) neben der Energieversorgung durch das Brennstoffzellensystem einen weiteren elektrischen Anschluss an die Bordenergieversorgung aufweist.

12. Luftfahrzeug, umfassend ein Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 9.

13. Verwendung eines Brennstoffzellensystems nach einem der Ansprüche 1 bis 9 in einem Luftfahrzeug.

14. Verfahren zur Energie-Notversorgung in einem Luftfahrzeug, umfassend die folgenden Schritte:
Zuführen von Wasserstoff aus einem Wasserstofftank (51) zu einer Brennstoffzelle (41) zur Versorgung der Brennstoffzelle (41) mit Wasserstoffgas;
Zuführen von Sauerstoff aus einem Sauerstofftank (61) zur Brennstoffzelle (41) zur Versorgung der Brennstoffzelle (41) mit Sauerstoffgas;
Erzeugen von elektrischer Energie in der Brennstoffzelle (41) zur Notstromversorgung in dem Luftfahrzeug unter Verwendung des der Brennstoffzelle (41) zugeführten Wasserstoffgases und Sauerstoffgases; wobei der Wasserstofftank (51) und der Sauerstofftank (61) zur Versorgung der Brennstoffzelle (41) an die Brennstoffzelle (41) angeschlossen sind.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

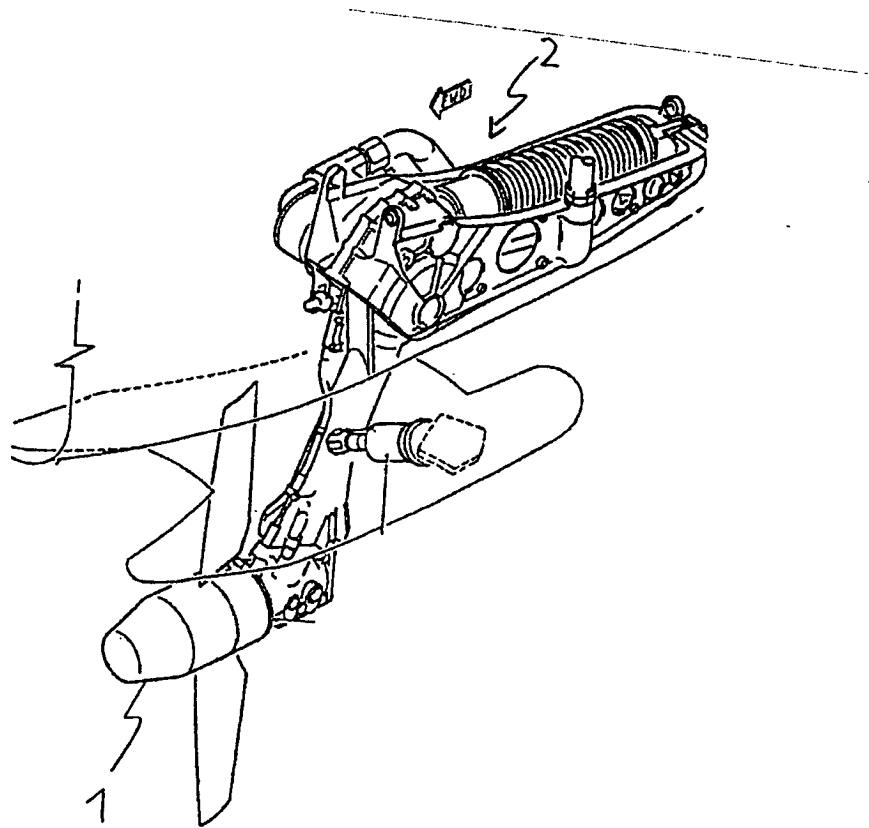


Fig. 1

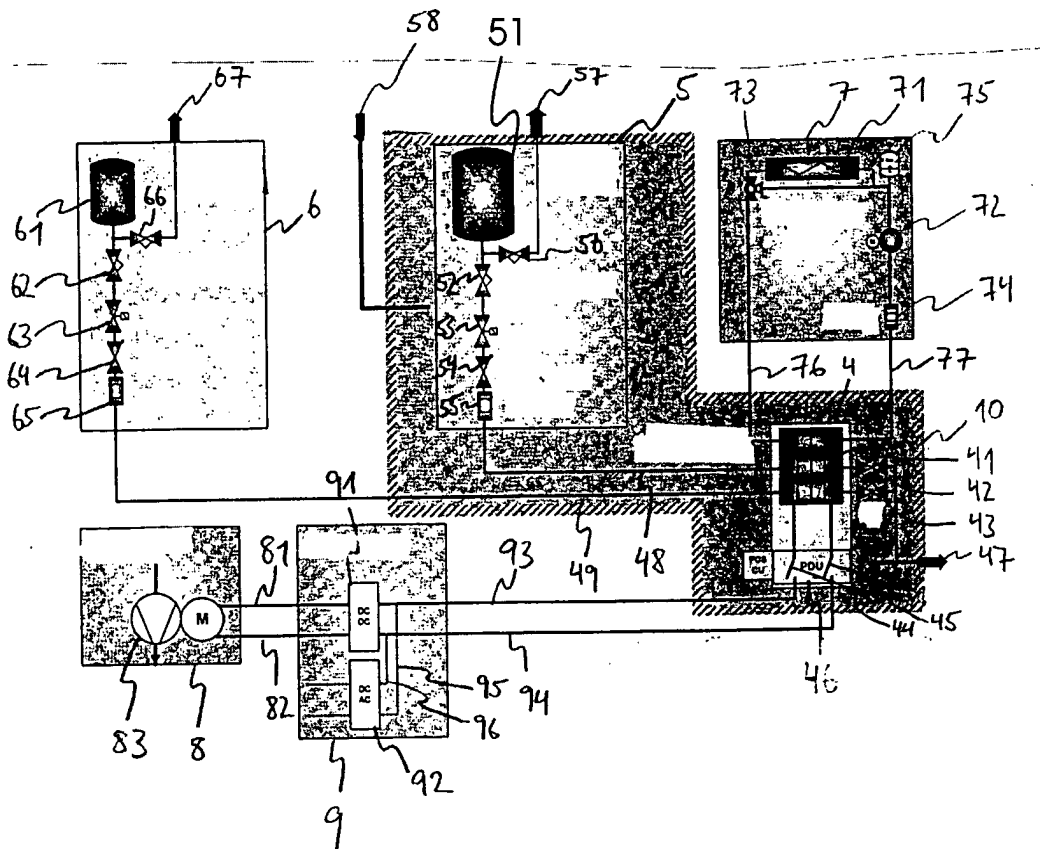


Fig. 2