

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50199/2023
(22) Anmeldetag: 15.03.2023
(45) Veröffentlicht am: 15.06.2024

(51) Int. Cl.: **H01M 8/249** (2016.01)
H01M 8/04298 (2016.01)
H01M 8/04537 (2016.01)
H01M 8/04858 (2016.01)

(56) Entgegenhaltungen:
QIU, Y. et al. "Progress and challenges in multi-stack fuel cell system for high power applications: Architecture and energy management" Green Energy and Intelligent Transportation [online]. 20. Jänner 2023 (20.01.2023). Bd. 2, Nr. 2, Seiten 100068. [ermittelt am 20. Oktober 2023]. <doi:10.1016/j.geits.2023.100068>. Ermittelt von <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S277315372300004X>>
WO 2019103388 A1
EP 3715250 A1

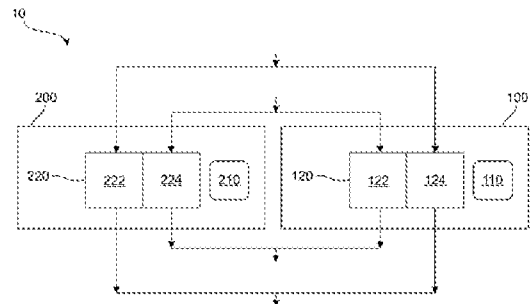
(73) Patentinhaber:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
Weingrill David Dipl.-Ing.
8152 Stallhofen (AT)
Weingrill Katharina B.Eng.
8152 Stallhofen (AT)

(74) Vertreter:
Gamper Bettina Dr.techn.
8020 Graz (AT)

(54) Brennstoffzellengruppe für die Erzeugung elektrischer Energie

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Brennstoffzellengruppe (10) für die Erzeugung elektrischer Energie, aufweisend genau ein einziges Haupt-Brennstoffzellensystem (100) mit wenigstens einem Haupt-Brennstoffzellenstapel (120) und wenigstens ein Neben-Brennstoffzellensystem (200) mit wenigstens einem Neben-Brennstoffzellenstapel (220), wobei das Haupt-Brennstoffzellensystem (100) und das wenigstens eine Neben-Brennstoffzellensystem (200) elektrisch parallel verschaltet sind, wobei das Haupt-Brennstoffzellensystem (100) ein Haupt-Kontrollmodul (110) aufweist für eine variable Kontrolle eines variablen Haupt-Betriebspunktes (HBP) und das wenigstens eine Neben-Brennstoffzellensystem (200) ein Neben-Schaltmodul (210) aufweist für ein Schalten zwischen einem Aus-Zustand (AZ) und wenigstens einem vorgegebenen Ein-Zustand (EZ), wobei das wenigstens eine Neben-Brennstoffzellensystem (200) und/oder das Neben-Schaltmodul (210) ausgebildet sind für ein Schalten zwischen einem Aus-Zustand (AZ) und genau einem einzigen, vorgegebenen Ein-Zustand (EZ).



Beschreibung

BRENNSTOFFZELLENGRUPPE FÜR DIE ERZEUGUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Brennstoffzellengruppe für die Erzeugung elektrischer Energie, ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Brennstoffzellengruppe sowie ein Computerprogrammprodukt zur Durchführung eines solchen Verfahrens.

[0002] Es ist bekannt, dass Brennstoffzellen verwendet werden, um elektrische Energie für stationäre oder mobile Einsatzzwecke zu erzeugen. Einzelne Brennstoffzellen werden dabei häufig in Brennstoffzellenstapeln angeordnet und bilden einzelne Brennstoffzellensysteme aus. Ein Brennstoffzellensystem kann einen oder mehrere Brennstoffzellenstapel aufweisen und benötigt für den Betrieb entsprechende Anschlüsse und Anschlusskomponenten, wie Zufuhrleitungen, Abfuhrleitungen, Kontrollventile, Kühlvorrichtungen und Ähnliches. Auch ist es bekannt, dass insbesondere bei stationärem Einsatz zur Erzeugung elektrischer Energie verschiedene Brennstoffzellensysteme zu einer Brennstoffzellengruppe zusammengesetzt werden und dadurch ein modulares Vervielfältigen der zur Verfügung gestellten elektrischen Leistung möglich wird.

[0003] Brennstoffzellengruppen für die Erzeugung elektrischer Energie sind beispielsweise aus QIU, Y. et al. "Progress and challenges in multi-stack fuel cell system for high power applications: Architecture and energy management" Green Energy and Intelligent Transportation [online], 20. Jänner 2023 (20.01.2023). Bd. 2, Nr. 2, Seiten 100068, der WO 2019103388 A1 und der EP 3715250 A1 bekannt.

[0004] Nachteilhaft bei den bekannten Lösungen für Brennstoffzellengruppen ist es, dass die Komplexität mit der Anzahl der eingesetzten einzelnen Brennstoffzellensysteme ansteigen kann. Jedes dieser Brennstoffzellensysteme ist ein eigenständiges und voll funktionsfähiges Brennstoffzellensystem mit entsprechenden Anschlüssen, Kontrollkomponenten und Ähnlichem.

[0005] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine effiziente Brennstoffzellengruppe bereit zu stellen. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, in kostengünstiger und einfacher Weise eine gleiche oder sogar bessere Variabilität beim Betrieb einer Brennstoffzellengruppe, insbesondere mit reduzierten Kosten und/oder reduzierter Komplexität, zur Verfügung zu stellen.

[0006] Die voranstehende Aufgabe wird gelöst durch eine Brennstoffzellengruppe mit den Merkmalen des Anspruchs 1, ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 7 sowie ein Computerprogrammprodukt mit den Merkmalen des Anspruchs 12. Weitere Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Brennstoffzellengruppe beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren sowie dem erfindungsgemäßen Computerprogrammprodukt und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird beziehungsweise werden kann.

[0007] Eine erfindungsgemäße Brennstoffzellengruppe dient der Erzeugung von elektrischer Energie. Diese kann sowohl für einen mobilen als auch für einen stationären Einsatz ausgebildet sein. Eine solche Brennstoffzellengruppe weist ein Haupt-Brennstoffzellensystem mit wenigstens einem Haupt-Brennstoffzellenstapel auf. Weiter ist eine solche Brennstoffzellengruppe mit wenigstens einem Neben-Brennstoffzellensystem mit wenigstens einem Neben-Brennstoffzellenstapel ausgestattet. Das Haupt-Brennstoffzellensystem und das wenigstens eine Neben-Brennstoffzellensystem sind miteinander elektrisch parallel verschaltet. Eine erfindungsgemäße Brennstoffzellengruppe zeichnet sich dadurch aus, dass das Haupt-Brennstoffzellensystem ein Haupt-Kontrollmodul aufweist für eine variable Kontrolle eines variablen Haupt-Betriebs. Das Neben-Brennstoffzellensystem ist mit einem Neben-Schaltmodul ausgestattet für ein Schalten zwischen einem Aus-Zustand und wenigstens einem vorgegebenen Ein-Zustand.

[0008] Eine erfindungsgemäße Brennstoffzellengruppe basiert auf der Grundidee, dass durch

das elektrische parallele Verschalten von zwei oder mehr Brennstoffzellensystemen ein Vervielfältigen der maximal zur Verfügung stellbaren Leistungen möglich ist. Diese modulare Bauweise dient in der bekannten Weise dazu, in unterschiedlichen Einsatzsituationen einfach eine hohe und damit vielfältigbare Leistungsmöglichkeit für eine solche Brennstoffzellengruppe zur Verfügung zu stellen. Im Unterschied zu den bekannten Lösungen sind jedoch das Haupt-Brennstoffzellensystem und das wenigstens eine Neben-Brennstoffzellensystem hinsichtlich wenigstens einem entscheidenden Konstruktionsmerkmal unterschiedlich ausgebildet. Bei dem Haupt-Brennstoffzellensystem handelt es sich um ein klassisches Brennstoffzellensystem, welches ein Haupt-Kontrollmodul aufweist, um eine variable Kontrolle des Betriebs durchzuführen. Ein Haupt-Betriebspunkt kann dabei zum Beispiel ein Betriebspunkt hinsichtlich der bei dieser Betriebsweise erzeugten elektrischen Leistung sein. Ein variabler Haupt-Betriebspunkt kann also insbesondere vollständig und kontinuierlich veränderbar sein und damit vollständig variabel eine Kontrollmöglichkeit zur Verfügung stellen, sodass das Haupt-Brennstoffzellensystem im Wesentlichen vollständig flexibel unterschiedlichste Betriebspunkte als Haupt-Betriebspunkte anfahren kann. Mit anderen Worten ist das Haupt-Brennstoffzellensystem in der Lage, die abgegebene elektrische Leistung komplett variabel abhängig vom Haupt-Betriebspunkt zu kontrollieren und damit variabel unterschiedliche Leistungsanforderungen zu erfüllen.

[0009] Bei dem Neben-Brennstoffzellensystem fehlt ein solches variables Kontrollieren mittels eines Kontrollmoduls. Vielmehr ist dieses ersetzt durch ein einfaches Neben-Schaltmodul. Hier ist bereits zu erkennen, dass ein Schaltmodul gerade kein variables Kontrollieren mehr ermöglicht, sondern ausschließlich ein Umschalten zwischen vorgegebenen Zuständen. Bei diesen vorgegebenen Zuständen handelt es sich um einen Aus-Zustand und wenigstens einen vorgegebenen Ein-Zustand. Eine besonders einfache Ausführungsform eines solchen Neben-Brennstoffzellensystems weist ein Neben-Schaltmodul auf, welches genau einen einzigen vorgegebenen Ein-Zustand aufweist, welcher beispielsweise 100% der maximal abgebbaren elektrischen Leistung entspricht. Nunmehr ist es also möglich, dass das Neben-Schaltmodul nicht mehr aufwendig in kontrollierender Weise variabel den Betriebspunkt des Neben-Brennstoffzellensystem variiert, sondern das Neben-Brennstoffzellensystem ausschließlich ein- oder ausschaltet. Mit anderen Worten kann das Neben-Brennstoffzellensystem die vom ihm zur Verfügung stellbare maximale elektrische Leistung im Ein-Zustand zur Verfügung stellen und abgeben oder eben nicht, wenn es sich im Aus-Zustand befindet.

[0010] Der wesentliche Vorteil der erfindungsgemäßen Brennstoffzellengruppe liegt aus konstruktiver Sicht darin, dass das Neben-Brennstoffzellensystem durch den Verzicht auf eine variable Kontrollmöglichkeit deutlich vereinfacht werden kann. Insbesondere kann auf diverse Sensoren, Bypässe, Strömungskontrollventile und Ähnliches verzichtet werden. Auch der nachfolgende Aufwand in der Überwachung und dem Schalten des Neben-Brennstoffzellensystems ist deutlich reduziert, da keine aufwendige variable Kontrollschleife mehr notwendig ist. Insbesondere kann das Neben-Brennstoffzellensystem einfach in steuernder Weise geschaltet werden, während das Haupt-Kontrollmodul für das Haupt-Brennstoffzellensystem eine Regelungsschleife mit Feedback-Informationen zum tatsächlichen Betriebszustand des Haupt-Brennstoffzellensystems zur Verfügung stellen muss. Ein Beispiel für eine Komplexitätsreduktion ist weiter, dass bevorzugt die Feuchte nicht mehr geregelt werden muss, da insbesondere die Regelschleife mit dem Feuchtesensor und dem Befeuchter-Bypassventil eingespart werden können. Darüber hinaus können für ein solches einfaches Neben-Brennstoffzellensystem insbesondere kleinere oder gar keine Befeuchter vorgesehen sein. Auch ist darauf hinzuweisen, dass Sonderbetriebssituationen beispielsweise ein Anfahren der Brennstoffzellengruppe, insbesondere in Form eines Kaltstarts bei kalten Umgebungstemperaturen nurmehr für das Haupt-Brennstoffzellensystem berücksichtigt werden müssen. So können beispielsweise Vorheizelemente oder Ähnliches ausschließlich im Haupt-Brennstoffzellensystem vorgesehen sein, sodass das einzelne oder mehrere Neben-Brennstoffzellensysteme auch auf solche kostenintensiven Zusatzkomponenten verzichten kann. Solche Sonderbetriebssituationen werden demnach zum Beispiel bei einem Kaltstart immer vom Haupt-Brennstoffzellensystem zur Verfügung gestellt und abgedeckt. Die Neben-Brennstoffzellensysteme dienen ausschließlich dazu, in einem regulären Normbetrieb der Brennstoffzellengruppe die abgebbare Leistung der Brennstoffzellengruppe zu multiplizieren und zu

vervielfachen.

[0011] Bei einer erfindungsgemäßen Brennstoffzellengruppe ist es vorgesehen, dass das Neben-Brennstoffzellensystem und/oder das Neben-Schaltmodul ausgebildet sind für das Schalten zwischen einem Aus-Zustand und genau einem einzigen, vorgegebenen Ein-Zustand. Während das grundsätzliche Konzept der Reduktion der Komplexität für die Neben-Brennstoffzellensysteme bereits dann erreicht wird, wenn zwei oder mehr Ein-Zustände in vorgegebener Weise voneinander unterscheidbar und schaltbar sind, wird dieser Vorteil noch weiter verstärkt, wenn ausschließlich ein einziger Ein-Zustand vorgegeben wird. Insbesondere handelt es sich bei diesem einen einzigen Ein-Zustand für das Neben-Brennstoffzellensystem um die als Dauerleistung maximal abgebbare Leistung dieses Neben-Brennstoffzellensystems, sodass diese Ausführungsform auch als eine binären Schaltweise bezeichnet werden kann. Mit anderen Worten ist das Neben-Schaltmodul bei dieser Ausführungsform so ausgebildet, dass es das Neben-Brennstoffzellensystem entweder komplett ausschalten oder komplett auf die gewünschte Maximalleistung einschalten kann. Eine Variation zwischen diesem einen Aus-Zustand und diesem einzigen Ein-Zustand ist bei der vereinfachten Ausgestaltung des Neben-Brennstoffzellensystems nicht mehr notwendig und daher auch nicht mehr möglich. Die Reduktion auf einen einzigen vorgegebenen Ein-Zustand verstärkt damit die Vorteile, die mit einer erfindungsgemäßen Brennstoffzellengruppe erreicht werden können.

[0012] Weitere Vorteile sind erzielbar, wenn bei einer erfindungsgemäßen Brennstoffzellengruppe das Neben-Brennstoffzellensystem frei von wenigstens einer der folgenden Komponenten ausgebildet ist:

- Bypassventil für Zuluftbefeuchter,
- Bypassventil für Zuluftturbinen,
- Wasserabscheider für Abluft,
- Thermostatventil für Kühlkreislauf,
- Wärmetauscher für Brennstoffzufuhr und/oder Brennstoffabfuhr,
- Purge Ventil für Brennabgas,
- Temperatursensor am Stapelzugang des Kühlkreislaufs,
- Temperatursensor am Stapelausgang des Kühlkreislaufs,
- Drucksensor im Abluftabschnitt.

[0013] Bei der voranstehenden Aufzählung handelt es sich um eine nicht abschließende Liste. Selbstverständlich ist es bevorzugt zwei oder mehr, insbesondere alle verzichtbaren Komponenten aus dem Neben-Brennstoffzellensystem konstruktiv zu entfernen, sodass die Reduktion der Komplexität des Neben-Brennstoffzellensystems optimiert, insbesondere maximiert wird. Dabei ist gut ersichtlich, dass nicht nur eine reduzierte Komplexität hinsichtlich geringerem Kostenaufwand möglich wird, sondern auch eine Reduktion der Bauteile zum geringeren Platzbedarf sowie auch zu reduziertem Verschleiß führt. Nicht zuletzt ist hier auch darauf hinzuweisen, dass das exakte Schalten zwischen einem einzigen Aus-Zustand und einem oder mehreren vordefinierten Ein-Zuständen so vorgegeben werden kann, dass unerwünschte Betriebsituationen in Teillastbereichen, welche mit einem erhöhten Verschleiß oder einer verstärkten Alterung des Neben-Brennstoffzellensystems einhergehen würden, im Wesentlichen vollständig ausgeschlossen werden können. Dies führt dazu, dass der Verschleiß durch solche Teillastbereiche sich auf das Haupt-Brennstoffzellensystem fokussiert und die Neben-Brennstoffzellensysteme dementsprechend mit deutlich verschleißärmerer Betriebsweise eingesetzt werden können.

[0014] Weitere Vorteile kann es mit sich bringen, wenn bei einer erfindungsgemäßen Brennstoffzellengruppe die Brennstoffzellengruppe genau ein einziges Haupt-Brennstoffzellensystem und/oder wenigstens zwei Neben-Brennstoffzellensysteme aufweist. Darunter ist zu verstehen, dass eine einfache Skalierbarkeit vorgesehen ist mit zwei oder mehr Brennstoffzellensystemen, welche identische oder unterschiedliche Ausgestaltungen aufweisen können, wie dies später noch erläutert wird. Diese Ausführungsform zeigt besonders gut die modulare Aufbaumöglichkeit

solcher Brennstoffzellengruppen insbesondere in Bezug darauf, dass unabhängig von der Größe der Brennstoffzellengruppe und insbesondere unabhängig von der Anzahl der Neben-Brennstoffzellensysteme immer genau ein einziges Haupt-Brennstoffzellensystem vorgesehen wird. Mit anderen Worten wird beim Skalieren der Brennstoffzellengruppe hinsichtlich der notwendigen abzugebenden elektrischen Leistung ausschließlich die Anzahl der kostengünstigen und einfachen Neben-Brennstoffzellensysteme solange erhöht, bis die gewünschte Abgabeleistung zur Verfügung gestellt werden kann. Ausschließlich ein einziges teures und komplexes Haupt-Brennstoffzellensystem reicht aus, um mit dem später noch näher erläuterten Kontrollverfahren, die gewünschte Flexibilität beim Erfüllen von Leistungsanforderungen zur Verfügung stellen zu können.

[0015] Vorteilhaft ist es weiter, wenn bei einer erfindungsgemäßen Brennstoffzellengruppe wenigstens zwei Neben-Brennstoffzellensysteme vorgesehen sind mit identischer oder im Wesentlichen identischer Leistung. Der modulare Aufbau einer solchen Brennstoffzellengruppe wird damit noch weiter optimiert, da vorzugsweise alle Neben-Brennstoffzellensysteme mit identischer oder im Wesentlichen identischer Leistung ausgebildet sind. Dies erlaubt eine deutlich vereinfachte Kontrolle und insbesondere eine vereinfachte Skalierbarkeit. Auch ist der Kostenaufwand bei identischen Neben-Brennstoffzellensystemen hinsichtlich der Konstruktion, der Montage, aber auch der Fertigung deutlich reduziert. Mit anderen Worten kann eine beliebige Skalierung erzielt werden, sodass bei jeder Erhöhung der maximalen notwendigen Leistung für die Brennstoffzellengruppe die entsprechende notwendige Anzahl an Neben-Brennstoffzellensystemen bei der Auslegung der Brennstoffzellengruppe durch einfache Faktorisierung hinzugefügt werden kann.

[0016] Vorteile kann es auch mit sich bringen, wenn bei einer erfindungsgemäßen Brennstoffzellengruppe wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme mit unterschiedlicher Leistung vorgesehen sind. Dabei können gegebenenfalls die unterschiedlichen Leistungen der Neben-Brennstoffzellensysteme sich jeweils verdoppeln. Selbstverständlich kann auch eine solche Ausführungsform mit unterschiedlich großen Neben-Brennstoffzellen kombiniert werden mit einer Brennstoffzellengruppe, in der zwei oder mehr identische Neben-Brennstoffzellensysteme vorgesehen sind. Unter identischen oder unterschiedlichen Neben-Brennstoffzellensystemen ist dabei im Sinne der vorliegenden Erfindung insbesondere die identische Leistungsabgabe als maximale Leistungsabgabe zu verstehen. Bevorzugt sind solche identischen Neben-Brennstoffzellensysteme jedoch auch hinsichtlich der verwendeten Komponenten, Konstruktionsweisen oder Ähnlichem identisch oder im Wesentlichen identisch ausgebildet.

[0017] Darüber hinaus kann es Vorteile mit sich bringen, wenn bei einer erfindungsgemäßen Brennstoffzellengruppe das wenigstens eine Haupt-Brennstoffzellensystem die gleiche oder eine größere Leistung aufweist als ein kleinstes Neben-Brennstoffzellensystem. Die identische Leistung bezieht sich dabei auf das Neben-Brennstoffzellensystem mit der geringsten Leistung aus allen in der Auslegung hinzugefügten Neben-Brennstoffzellensystemen. Dadurch, dass nun das Haupt-Brennstoffzellensystem nicht die kleinste Leistung, sondern vielmehr eine größere Leistung als das kleinste Neben-Brennstoffzellensystem aufweist, wird es immer möglich, beim Überschreiten der maximalen Leistung dieses kleinsten Neben-Brennstoffzellensystems ein Umschalten vom Haupt-Brennstoffzellensystem auf das Neben-Brennstoffzellensystem zu erzielen. Auch dies wird als konstruktiver Vorteil sichtbar und insbesondere durch die spätere Erläuterung der unterschiedlichen Kontrollverfahren noch besser verdeutlicht.

[0018] Es ist auch Gegenstand der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren für eine Kontrolle einer erfindungsgemäßen Brennstoffzellengruppe vorzusehen, welches die folgenden Schritte aufweist:

- Erfassen einer Leistungsanforderung an die Brennstoffzellengruppe,
- Ermitteln der notwendigen Anzahl dem vorgegebenen Ein-Zustand zu betreibenden Neben-Brennstoffzellensysteme zur Erfüllung der erfassten Leistungsanforderung,
- Ermitteln des notwendigen Haupt-Betriebspunktes für das variabel zu betreibende Haupt-Brennstoffzellensystem zur Erfüllung der Differenz der Leistung der zu betreibenden Neben-Brennstoffzellensysteme zu der erfassten Leistungsanforderung,

- Vorgeben der ermittelten Anzahl der Neben-Brennstoffzellensysteme und des ermittelten Haupt-Betriebspunktes des Haupt-Brennstoffzellensystems für den Betrieb des Haupt-Brennstoffzellensystems.

[0019] Ein erfindungsgemäßes Verfahren bringt durch den Einsatz einer erfindungsgemäßen Brennstoffzellengruppe die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf eine erfindungsgemäße Brennstoffzellengruppe erläutert worden sind. Erfindungsgemäß wird durch das Erfassen der Leistungsanforderung in bekannter Weise nun vorgegeben, welche elektrische Leistungsmenge von der Brennstoffzellengruppe zur Verfügung gestellt werden muss. In einem Ermittlungsschritt wird durch das erfindungsgemäße Kontrollverfahren nun die erfasste Leistungsanforderung möglichst optimiert aufgeteilt. In diesem ersten Schritt wird also ermittelt, wie viele Neben-Brennstoffzellensysteme notwendig sind, um insbesondere ein ganzzahliges Vielfaches als Hauptteil der Leistungsanforderung durch den Betrieb im jeweils vorgegebenen Ein-Zustand zu erfüllen. Nur die verbleibende und damit variabel von der tatsächlichen Leistungsanforderung abhängende Differenz zu diesem durch die Neben-Brennstoffzellensysteme erfüllten Hauptteil wird dann anschließend von dem Haupt-Brennstoffzellensystem abgedeckt, da nur dieses so variabel betrieben werden kann. Für den anschließenden Betrieb werden also die ausgewählten und ermittelten Neben-Brennstoffzellensysteme vom Aus-Zustand in den Ein-Zustand versetzt und die noch fehlende Differenz zum vollständigen Erfüllen der Leistungsanforderung durch das entsprechende variable Kontrollieren und Einstellen des variablen Hauptbetriebs mittels des Haupt-Brennstoffzellensystems erzeugt.

[0020] Es kann Vorteile mit sich bringen, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren für die Ermittlung der notwendigen Anzahl der zu betreibenden Neben-Brennstoffzellensysteme aus den möglichen Komponenten diejenige Kombination mit der geringsten Anzahl ausgewählt und im letzten Schritt vorgegeben wird. Üblicherweise, insbesondere bei komplexen Brennstoffzellengruppen mit zwei oder deutlich mehr Neben-Brennstoffzellensystemen wird es eine Vielzahl von Situationen geben, bei welchem eine Leistungsanforderung durch unterschiedliche Kombinationen aus der Vielzahl der Neben-Brennstoffzellensysteme erfüllt werden kann. Bei dieser Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird nun diejenige Kombination gewählt, welche die minimale Anzahl an Neben-Brennstoffzellensystemen einschaltet. Dies führt zu einer Reduktion im Verschleiß, da immer die minimale Anzahl an Neben-Brennstoffzellensystemen betrieben wird.

[0021] Alternativ oder zusätzlich kann es Vorteile mit sich bringen, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren bei der Vorgabe der Anzahl der Neben-Brennstoffzellensystem diejenigen bevorzugt werden, welche sich zum Vorgabezeitpunkt bereits in einem Ein-Zustand befinden. Dies kann als einzelner Optimierungs- oder Auswahlschritt vorgegeben sein oder aber mit anderen Optimierungsvorgaben kombiniert werden. Befindet sich eine Brennstoffzellengruppe bereits in einer Betriebsituation bei der eine laufende Leistungsanforderung erfüllt wird, kann sich die Leistungsanforderung ändern, zum Beispiel ansteigen. Nunmehr kann bei der Vorgabe der Anzahl der Neben-Brennstoffzellensysteme für die nun gestiegene Leistungsanforderung entweder eine freie Neukombination aller Neben-Brennstoffzellensysteme erfolgen und/oder die bereits laufenden Neben-Brennstoffzellensysteme und damit deren aktueller Betriebsstatus berücksichtigt werden. Mit anderen Worten kann dies dazu führen, dass entgegen der Ausführungsform gemäß dem voranstehenden Absatz zwar nicht die niedrigste Anzahl aller möglichen Kombinationen der Neben-Brennstoffzellensysteme für die Erfüllung der Leistungsanforderung ausgewählt wird, jedoch die Anzahl der Schaltvorgänge dadurch reduziert wird, dass bereits laufende Neben-Brennstoffzellensysteme beim Anstieg oder beim Verändern der Leistungsanforderung weiter betrieben werden.

[0022] Weiter von Vorteil kann es ebenfalls sein, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren bei der Vorgabe der Anzahl der Neben-Brennstoffzellensysteme deren Nähe zum Haupt-Brennstoffzellensystem berücksichtigt wird. Dies gilt insbesondere in Sonderbetriebsituationen, wie beispielsweise einem Kaltstart. Wie bereits erläutert worden ist, können die Neben-Brennstoffzellensysteme hinsichtlich ihrer Konstruktionsweise und ihrer Komponenten deutlich einfacher ausgestaltet sein. Mit Bezug auf Kaltstartsituationen können sie zum Beispiel auf eigene Vorheizvor-

richtungen verzichten, da sie erst zu einem Zeitpunkt eingeschaltet werden, wenn das Vorheizen eines wesentlichen Teils der Brennstoffzellengruppe bereits durch den Betrieb des Haupt-Brennstoffzellensystems erfolgt ist. Insbesondere in solchen Kaltstartsituationen breitet sich die erzeugte Wärme des Haupt-Brennstoffzellensystems hinsichtlich der Nähe zu den unterschiedlichen Neben-Brennstoffzellensystemen mit einem unterschiedlichen Zeitaufwand aus. Je näher ein Neben-Brennstoffzellensystem in einer Kaltstartsituation räumlich an dem Haupt-Brennstoffzellensystem angeordnet ist, umso schneller wird eine Temperaturübertragung auf dieses nächstgelegene Neben-Brennstoffzellensystem stattfinden. Hier ist gut ersichtlich, dass diese Vorgabe der örtlichen Korrelation eines Neben-Brennstoffzellensystems zu einem Haupt-Brennstoffzellensystem auch zeitlich temporär vorgegeben werden kann, zum Beispiel ausschließlich bei definierten Umgebungstemperaturen und/oder ausschließlich mit Bezug auf eine besondere Betriebssituation.

[0023] Weiter von Vorteil kann es sein, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren nach der Vorgabe eine Überwachung der zur Verfügung gestellten Leistung des wenigstens einen Haupt-Brennstoffzellensystems und/oder des wenigstens einen Neben-Brennstoffzellensystems überwacht und mit der Leistungsanforderung verglichen wird. Mit anderen Worten wird es hier möglich mittels des Kontrollverfahrens eine Kontrollschleife oder auch eine Regelschleife einzubinden, welche es erlaubt, nicht nur in steuernder Weise die gewünschte Leistungsanforderung zu erfüllen, sondern darüber hinaus auch den Erfüllungsgrad der gestellten Leistungsanforderung zu überwachen und zu erkennen. Dies bringt die erfindungsgemäßen Vorteile noch weiter, da die Erfüllung auch tatsächlich in quantitativer Weise überwacht werden kann.

[0024] Ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Computerprogrammprodukt, aufweisend Befehle, welche bei der Ausführung durch einen Computer diesen veranlassen die Schritte des Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung auszuführen. Damit bringt auch ein solches Computerprogrammprodukt die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf ein erfindungsgemäßes Verfahren erläutert worden sind.

[0025] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnungen Ausführungsbeispiele der Erfindung im Einzelnen beschrieben sind. Es zeigen schematisch:

[0026] Fig. 1 eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Brennstoffzellengruppe,

[0027] Fig. 2 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Brennstoffzellengruppe,

[0028] Fig. 3 eine mögliche Betriebssituation,

[0029] Fig. 4 eine weitere mögliche Betriebssituation,

[0030] Fig. 5 eine weitere mögliche Betriebssituation,

[0031] Fig. 6 mögliche unterschiedliche Leistungen in einer Brennstoffzellengruppe,

[0032] Fig. 7 andere mögliche Leistungen innerhalb einer Brennstoffzellengruppe.

[0033] In Figur 1 ist schematisch eine Brennstoffzellengruppe 10 dargestellt. Diese ist hier mit einem Haupt-Brennstoffzellensystem 100 und einem einzigen Neben-Brennstoffzellensystem 200 ausgestattet. Das Haupt-Brennstoffzellensystem 100 weist einen Haupt-Brennstoffzellenstapel 120 mit einem Haupt-Anodenabschnitt 122 und einem Haupt-Kathodenabschnitt 124 auf. Hier sind entsprechende Gaszuführungsabschnitte und Gasabführungsabschnitte vorgesehen, um das gewünschte Zuführgas zu dem Haupt-Brennstoffzellensystem zu führen und das entstehende Abgas von diesem wegzuleiten. In gleicher Weise ist in der Brennstoffzellengruppe 10 ein Neben-Brennstoffzellensystem 200 vorgesehen mit einem Neben-Brennstoffzellenstapel 220, welcher wiederum einen Neben-Anodenabschnitt 222 und einen Neben-Kathodenabschnitt 224 aufweist.

[0034] Wie der Figur 1 gut zu entnehmen ist, findet eine Kontrolle und ein Schalten auf Systemebene statt. Hierfür ist dem Haupt-Brennstoffzellensystem 100 ein Haupt-Kontrollmodul 110 angeordnet, welches in der Lage ist, auf die unterschiedlichen Kontrollkomponenten, insbesondere

Ventile oder andere Vorrichtungen, Einfluss zu nehmen, um einen Haupt-Betriebspunkt HBP des Haupt-Brennstoffzellensystems 100 variabel einstellen zu können. In dem Neben-Brennstoffzellensystem 200 ist keine Kontrollmöglichkeit, sondern nur eine Schaltmöglichkeit in Form des Neben-Schaltmoduls 210 vorgesehen, welches in der Lage ist, insbesondere ein reines Ein- und Ausschalten dieses Neben-Brennstoffzellensystems 200 zu gewährleisten. Die genaue Schaltfunktionalität und -logik wird nachfolgend später näher erläutert.

[0035] Die Figur 2 zeigt eine Skalierung der Ausführungsform der Figur 1. Hier ist ein weiterhin ein einziges Haupt-Brennstoffzellensystem 100 dargestellt, welches zum Beispiel in der ähnlichen oder identischen Weise der Figur 1 ausgebildet sein kann. Darüber hinaus sind auch hier drei, beispielsweise identische, Neben-Brennstoffzellensysteme 200 vorgesehen, welche jeweils mit einem einzelnen eigenen Neben-Schaltmodul 210 ausgestattet sind. Nachfolgend wird die Schaltlogik für unterschiedliche Betriebssituationen erläutert.

[0036] In der Figur 3 ist auf der linken Seite im Diagramm dargestellt, dass das Haupt-Brennstoffzellensystem 100 eine Leistung LH aufweist, welche hier im Wesentlichen der maximalen Leistung LN des Neben-Brennstoffzellensystems 200 entspricht. Hier ist bereits gut zu erkennen, dass die maximale Leistung LN des Neben-Brennstoffzellensystems 200 hier als einziger Ein-Zustand EZ und das vollständige Herunterfahren als Aus-Zustand AZ definiert ist. Um nun ein Kontrollverfahren durchzuführen, wird im ersten Schritt eine Leistungsanforderung LA erfasst, welche hier höher ist als die einzelnen maximalen Leistungen LN und LH und durch den dritten Balken von rechts dargestellt ist. Um diese Leistungsanforderung LA zu erfüllen, ist deutlich erkennbar, dass in einem ersten Schritt das eine Neben-Brennstoffzellensystem 200 eingeschaltet wird, sodass es sich gemäß der ganz rechten Aufeinanderstapelung der einzelnen Leistungen im Ein-Zustand EZ befindet. Von der maximal möglichen Leistung LH des Haupt-Brennstoffzellensystems 200 wird nur ein Teil benötigt, um die fehlende Differenz zu erbringen, sodass entsprechend ein variabler Haupt-Betriebspunkt HBP so eingestellt wird, dass die Addition des Ein-Zustandes EZ gemäß Neben-Brennstoffzellensystem 200 und Haupt-Betriebspunkt HBP des Haupt-Brennstoffzellensystems 100 gemeinsam exakt oder im Wesentlichen exakten Leistungsanforderung LH ergeben und diese damit erfüllen.

[0037] In der Figur 4 ist eine Variation in der Betriebssituation zur Figur 3 dargestellt, diese unterscheidet sich ausschließlich dadurch, dass nun eine geringere Leistungsanforderung LH vorgegeben wird. Die Kombination der beiden Module, also des Haupt-Brennstoffzellensystems 100 und des Neben-Brennstoffzellensystems 200 ist jedoch immer noch notwendig, um diese leicht reduzierte Leistungsanforderung LA zu erfüllen. Im Schaltzustand des Neben-Brennstoffzellensystems 200 ändert sich nichts, da dieses im Ein-Zustand EZ verbleibt. Im Unterschied zur Figur 4 ist jedoch die nun verbleibende Differenz vom Ein-Zustand EZ des Neben-Brennstoffzellensystems 200 zur Leistungsanforderung LA verringert, sodass entsprechend auch durch variablen Kontrolleinfluss des Haupt-Kontrollmoduls 110 der variable Haupt-Betriebspunkt HBP niedriger gesetzt werden kann und somit das Haupt-Brennstoffzellensystem 100 mit geringerer Leistung betrieben werden kann. Trotzdem wird auch hier die Leistungsanforderung LA durch den kombinierten Betrieb des Haupt-Brennstoffzellensystems 100 und des Neben-Brennstoffzellensystems 200 erfüllt.

[0038] Auch die Figur 5 basiert auf der Erläuterung zu den Figuren 3 und 4, jedoch ist hier die Leistungsanforderung LA noch weiter abgesenkt worden, insbesondere unter die maximalen Leistungsfähigkeiten LH und LN des Haupt-Brennstoffzellensystems 100 und des Neben-Brennstoffzellensystems 200. Hier ist gut zu erkennen, dass nun das Neben-Brennstoffzellensystem 200 in den Aus-Zustand AZ versetzt wird und die verringerte Leistungsanforderung LA ausschließlich durch einen bezüglich der Figur 4 wieder erhöhten variablen Haupt-Betriebspunkt HBP alleine vom Haupt-Brennstoffzellensystem 100 erfüllt werden kann.

[0039] Die Figuren 6 und 7 zeigen zwei unterschiedlich ausgelegte, mögliche Konfigurationen einer Brennstoffzellengruppe 10. Gemäß der Figur 6 sind sowohl das Haupt-Brennstoffzellensystem 100 als auch die drei (I, II, III) Neben-Brennstoffzellensysteme 200 hier mit identischen Leistungen LH und LN ausgebildet. Dies führt dazu, dass ähnlich wie dies mit Bezug zu den Figuren

3, 4 und 5 erläutert worden ist, sozusagen wie in einem Puzzle eine Kombination der einzelnen Neben-Brennstoffzellensysteme 200 mit der Variation des Haupt-Betriebspunktes HBP die unterschiedlichen Leistungsanforderungen LA erfüllen kann. Die maximal verfügbare Leistung ergibt sich durch die Summe der drei Leistungen LN und der einen Leistung LH.

[0040] Die Figur 7 zeigt eine Variante, bei der sich die unterschiedlichen Neben-Brennstoffzellensysteme 200 hinsichtlich der maximalen Leistung LN unterscheiden. Hier ist eine jeweilige Verdopplung von I auf II und weiter zu III hinsichtlich der maximalen Leistung LN zu erkennen. Auch hier wird es jedoch möglich durch das Ein- und Ausschalten und das Variieren für das alleinige Haupt-Brennstoffzellensystem 100 variabel jede Form der Leistungsanforderung LA variabel durch Kombination der Kontrolle des Haupt-Brennstoffzellensystems 100 und Schalten des Neben-Brennstoffzellensystems 200 zu erfüllen.

[0041] Die voranstehende Erläuterung der Ausführungsformen beschreibt die vorliegende Erfindung ausschließlich im Rahmen von Beispielen.

BEZUGSZEICHENLISTE

- 10 Brennstoffzellengruppe

- 100 Haupt-Brennstoffzellensystem
- 110 Haupt-Kontrollmodul
- 120 Haupt-Brennstoffzellenstapel
- 122 Haupt-Anodenabschnitt
- 124 Haupt-Kathodenabschnitt

- 200 Neben-Brennstoffzellensystem
- 210 Neben-Schaltmodul
- 220 Neben-Brennstoffzellenstapel
- 222 Neben-Anodenabschnitt
- 224 Neben-Kathodenabschnitt

- HBP Haupt-Betriebspunkt
- AZ Aus-Zustand
- EZ Ein-Zustand

- LA Leistungsanforderung
- LN Leistung Neben-Brennstoffzellensystem
- LH Leistung Haupt-Brennstoffzellensystem

Patentansprüche

1. Brennstoffzellengruppe (10) für die Erzeugung elektrischer Energie, aufweisend genau ein einziges Haupt-Brennstoffzellensystem (100) mit wenigstens einem Haupt-Brennstoffzellenstapel (120) und wenigstens ein Neben-Brennstoffzellensystem (200) mit wenigstens einem Neben-Brennstoffzellenstapel (220), wobei das Haupt-Brennstoffzellensystem (100) und das wenigstens eine Neben-Brennstoffzellensystem (200) elektrisch parallel verschaltet sind, wobei das Haupt-Brennstoffzellensystem (100) ein Haupt-Kontrollmodul (110) aufweist für eine variable Kontrolle eines variablen Haupt-Betriebspunktes (HBP) und das wenigstens eine Neben-Brennstoffzellensystem (200) ein Neben-Schaltmodul (210) aufweist für ein Schalten zwischen einem Aus-Zustand (AZ) und wenigstens einem vorgegebenen Ein-Zustand (EZ), **dadurch gekennzeichnet**, dass das wenigstens eine Neben-Brennstoffzellensystem (200) und/oder das Neben-Schaltmodul (210) ausgebildet sind für ein Schalten zwischen einem Aus-Zustand (AZ) und genau einem einzigen, vorgegebenen Ein-Zustand (EZ).
2. Brennstoffzellengruppe (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Neben-Brennstoffzellensystem (200) frei von wenigstens einer der folgenden Komponenten ausgebildet ist:
 - Bypassventil für Zuluftbefeuchter
 - Bypassventil für Zuluftturbine
 - Wasserabscheider für Abluft
 - Thermostatventil für Kühlkreislauf
 - Wärmetauscher für Brennstoffzufuhr und/oder Brennstoffabfuhr
 - Purge Ventil für Brennabgas
 - Temperatursensor am Stapeleingang des Kühlkreislaufs
 - Temperatursensor am Stapelausgang des Kühlkreislaufs
 - Drucksensor im Abluftabschnitt
3. Brennstoffzellengruppe (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Brennstoffzellengruppe (10) wenigstens zwei Neben-Brennstoffzellensysteme (200) aufweist.
4. Brennstoffzellengruppe (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens zwei Neben-Brennstoffzellensysteme (200) vorgesehen sind mit identischer oder im Wesentlichen identischer Leistung (LN).
5. Brennstoffzellengruppe (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens zwei Neben-Brennstoffzellensysteme (200) mit unterschiedlicher Leistung (LN) vorgesehen sind.
6. Brennstoffzellengruppe (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das eine Haupt-Brennstoffzellensystem (100) die gleiche oder eine größere Leistung (LH) aufweist als ein kleinstes Neben-Brennstoffzellensystem (200).
7. Verfahren für eine Kontrolle eine Brennstoffzellengruppe (10) mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 6, aufweisend die folgenden Schritte:
 - Erfassen einer Leistungsanforderung (LA) an die Brennstoffzellengruppe (10),
 - Ermitteln der notwendigen Anzahl der im vorgegebenen Ein-Zustand (EZ) zu betreibenden Neben-Brennstoffzellensysteme (200) zur Erfüllung der erfassten Leistungsanforderung (LA),
 - Ermitteln des notwendigen Haupt-Betriebspunktes (HBP) für das variabel zu betreibende Haupt-Brennstoffzellensystem (100) zur Erfüllung der Differenz der Leistung der zu betreibenden Neben-Brennstoffzellensysteme (200) zu der erfassten Leistungsanforderung (LA),

- Vorgeben der ermittelten Anzahl der Neben-Brennstoffzellensysteme (200) und des ermittelten Haupt-Betriebspunktes (HBP) des Haupt-Brennstoffzellensystems (100) für den Betrieb des Haupt-Brennstoffzellensystems (100).
- 8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass für die Ermittlung der notwendigen Anzahl der zu betreibenden Neben-Brennstoffzellensysteme (200) aus den möglichen Kombinationen diejenige Kombination mit der geringsten Anzahl ausgewählt und im letzten Schritt mit vorgegeben wird.
- 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei der Vorgabe der Anzahl der Neben-Brennstoffzellensysteme (200) diejenigen bevorzugt werden, welche sich zum Vorgabezeitpunkt bereits in einem Ein-Zustand (EZ) befinden.
- 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei der Vorgabe der Anzahl der Neben-Brennstoffzellensysteme (200) deren Nähe zum Haupt-Brennstoffzellensystem (100) berücksichtigt wird.
- 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass nach der Vorgabe eine Überwachung der zur Verfügung gestellten Leistung des einen Haupt-Brennstoffzellensystems (100) und/oder des wenigstens eines Neben-Brennstoffzellensystems (200) überwacht und mit der Leistungsanforderung (LA) verglichen wird.
- 12. Computerprogrammprodukt, aufweisend Befehle, welche bei der Ausführung durch einen Computer diesen veranlassen die Schritte eines Verfahrens mit Merkmalen eines der Ansprüche 7 bis 11 auszuführen.

Hierzu 7 Blatt Zeichnungen

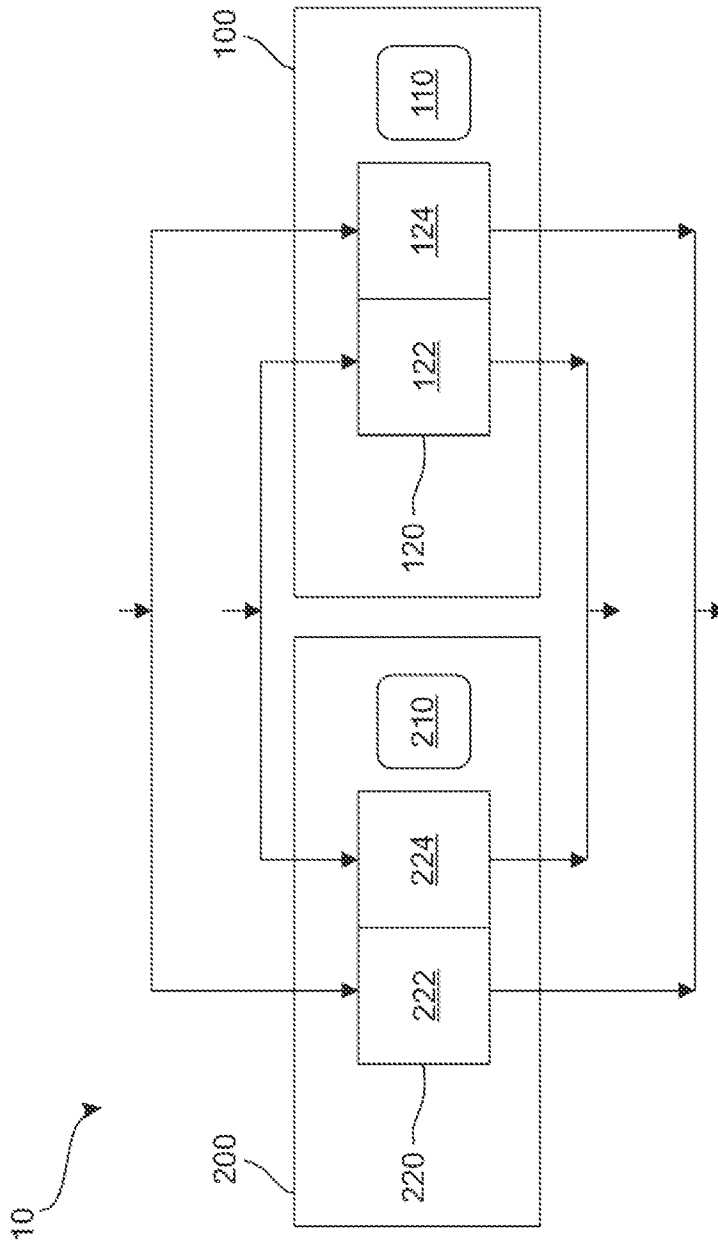


Fig. 1

2/7

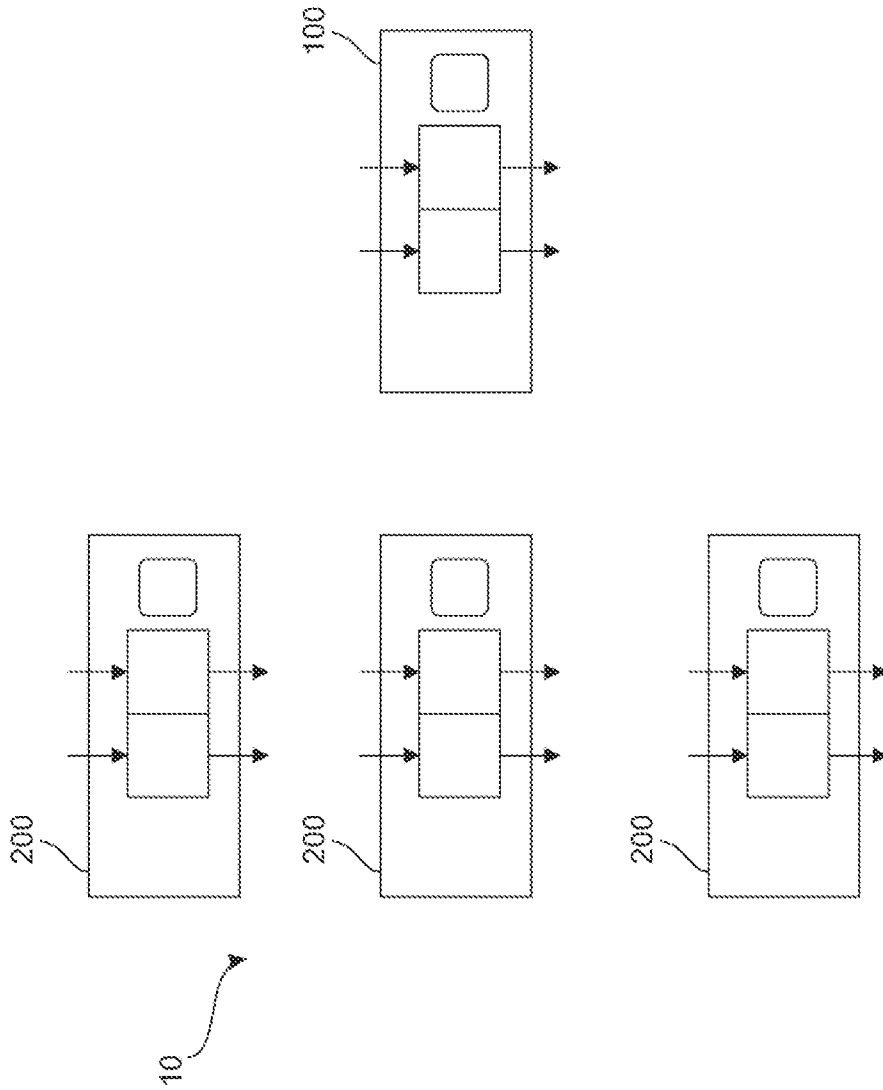


Fig. 2

3/7

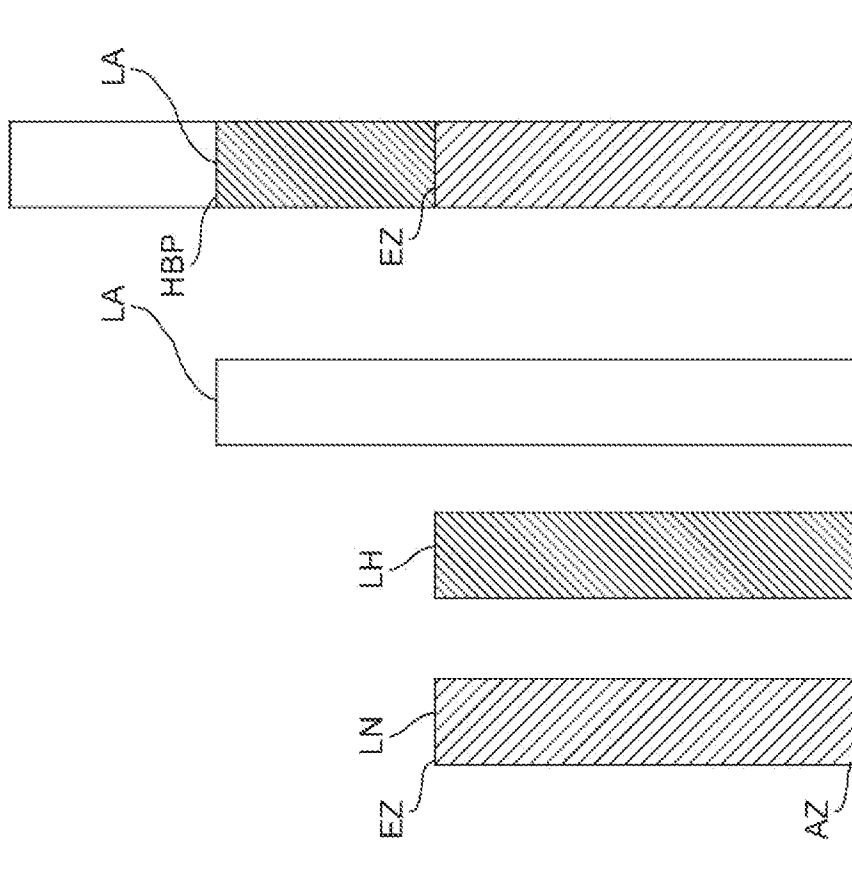


Fig. 3

4/7

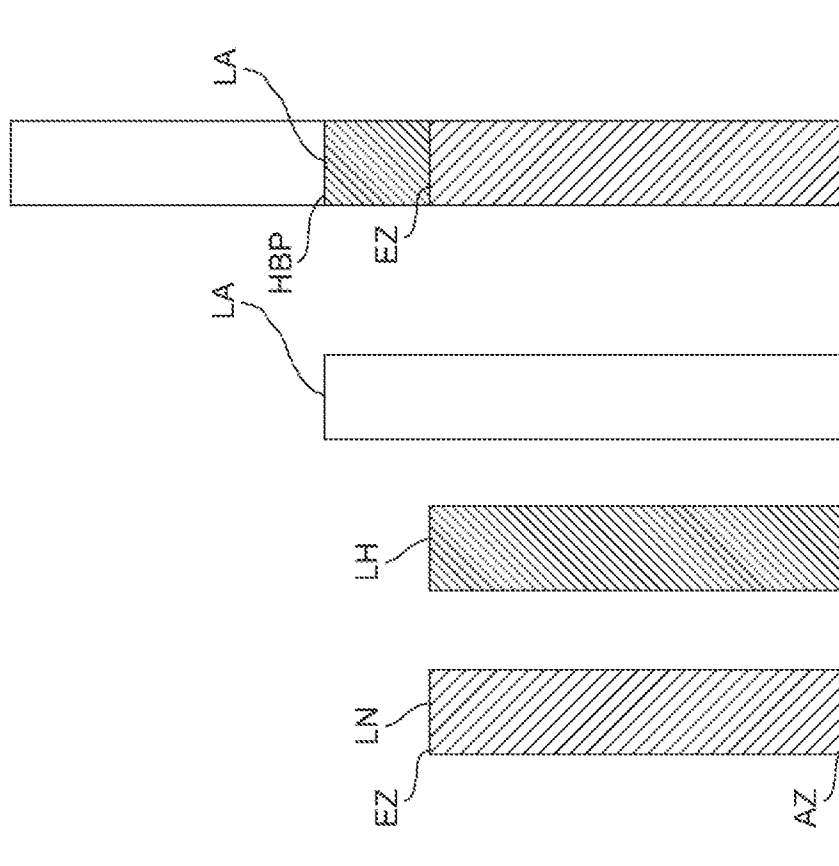


Fig. 4

5/7

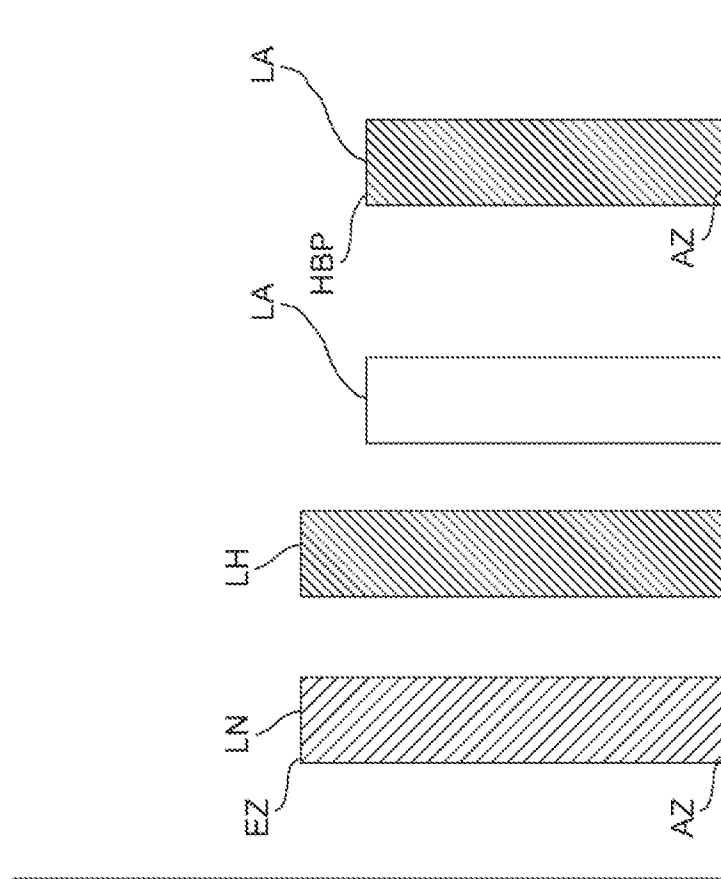


Fig. 5

6/7

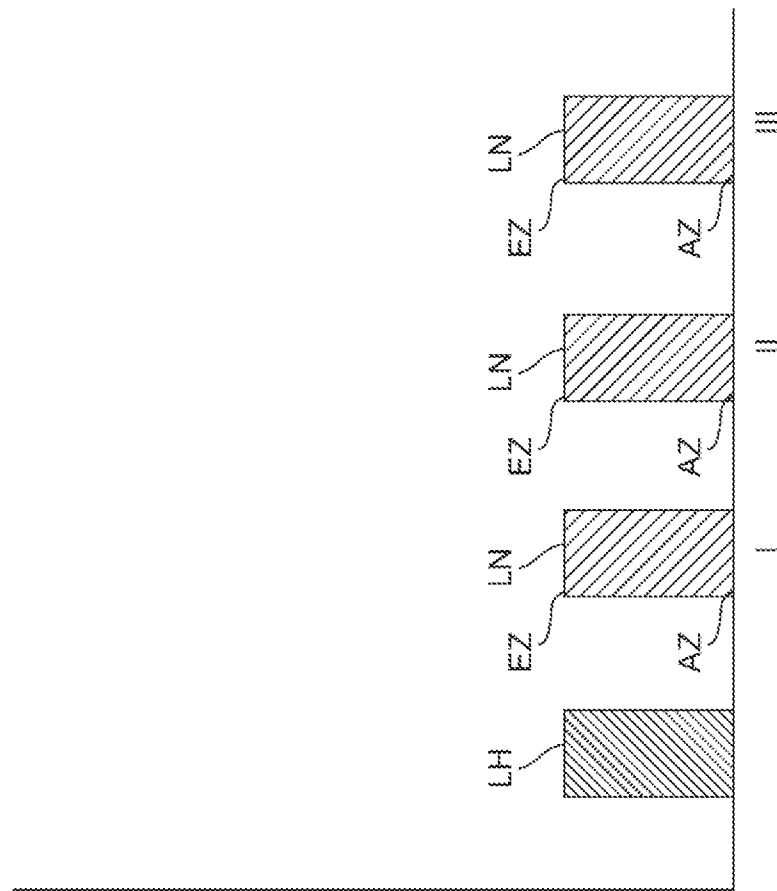


Fig. 6

7/7

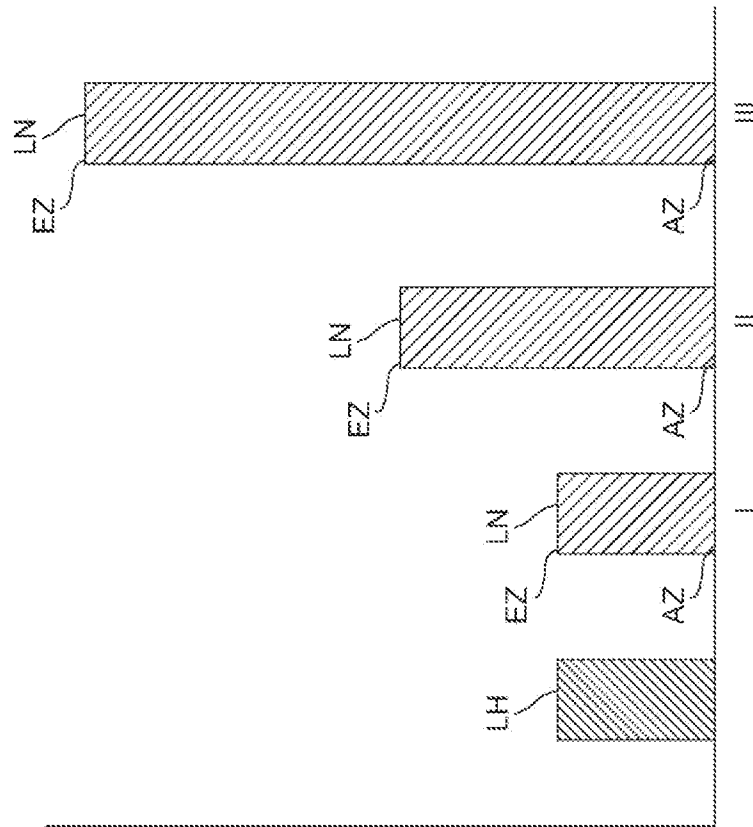


Fig. 7