

(12)

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50812/2023  
(22) Anmeldetag: 04.10.2023  
(45) Veröffentlicht am: 15.01.2025

(51) Int. Cl.: **H01M 8/043** (2016.01)  
**H01M 8/04537** (2016.01)  
**H01M 8/04858** (2016.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
JP 2022155267 A  
JP 2019153425 A  
US 2020251761 A1

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

(72) Erfinder:  
Schubert Thomas Dipl.-Ing.  
8323 St. Marein bei Graz (AT)  
Zimmermann Jörg Dipl.-Ing.  
8010 Graz (AT)  
Hausegger Julia BSc  
8041 Graz (AT)

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

(54) **Kontrollverfahren für eine Kontrolle einer kurzfristigen, temporären Leistungsreduktion eines Brennstoffzellensystems**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Kontrollverfahren für eine Kontrolle einer kurzfristigen, temporären Leistungsreduktion eines Brennstoffzellensystems (100), wobei die folgenden Schritte vorgesehen sind:

- Erfassen einer Reduktionsanforderung (RA) zur kurzfristigen, temporären Leistungsreduktion für das Brennstoffzellensystem (100),
- Reduktion des Betriebsstroms (BI) des Brennstoffzellensystems (100) auf einen Leerlauf-Stromwert (LI),
- Betreiben wenigstens einer Betriebskomponente (B) des Brennstoffzellensystems (100) mit unreduzierter elektrischer Komponenten-Betriebsleistung (KBL).

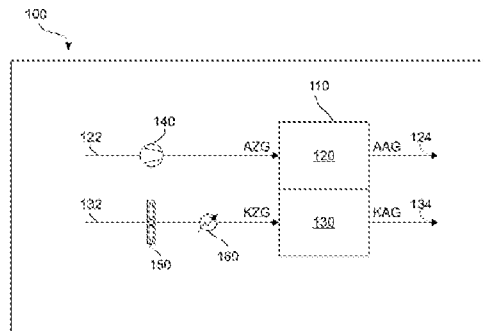


Fig. 1

## Beschreibung

### KONTROLLVERFAHREN FÜR EINE KONTROLLE EINER KURZFRISTIGEN, TEMPORÄREN LEISTUNGSREDUKTION EINES BRENNSTOFFZELLENSYSTEMS

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Kontrollverfahren für eine Kontrolle einer kurzfristigen, temporären Leistungsreduktion eines Brennstoffzellensystems, ein Computerprogrammprodukt zur Durchführung eines solchen Kontrollverfahrens, eine Kontrollvorrichtung zur Durchführung eines solchen Kontrollverfahrens sowie ein Brennstoffzellensystem mit einer solchen Kontrollvorrichtung.

**[0002]** Es ist bekannt, dass Brennstoffzellensysteme zur Erzeugung elektrischer Energie, insbesondere für den Antrieb von Fahrzeugen eingesetzt werden und werden sollen. Dabei ist zu beachten, dass neben unterschiedlichen Lastanforderungen in Sondersituationen auch eine sehr schnelle Lastreduktion für ein Brennstoffzellensystem notwendig sein kann. Wird ein Brennstoffzellensystem beispielsweise für Fahrzeuge eingesetzt, so kann beim Durchdrehen der Räder, bei einem kurzfristigen Bergabfahren oder bei einem starken Bremsvorgang die aktuell produzierte elektrische Leistung des Brennstoffzellensystems die aktuelle Lastanforderung deutlich übersteigen.

**[0003]** Nachteilhaft bei den bekannten Lösungen ist es, dass die Variabilität und Kontrollflexibilität von Brennstoffzellensystemen relativ gering ist, also ein relativ träger normaler Betriebsmodus vorliegt. Wird über einen gewissen Zeitraum eine Leistungsreduktion des Brennstoffzellensystems, insbesondere auf nahezu 0 notwendig, so müssen bestehende Systeme in einem sogenannten Idle-Mode, welcher auch als Leerlaufzustand bezeichnet wird, versetzt werden. Auch in einem solchen Leerlaufzustand wird jedoch eine gewisse elektrische Leistung erzeugt, welche zum Beispiel in einer Batterievorrichtung zwischengespeichert werden muss. Dieser Leerlaufzustand kann nur eine gewisse Zeit eingesetzt werden und danach muss das Brennstoffzellensystem in einen kompletten Aus-Zustand überführt werden. Bekannte Brennstoffzellensysteme werden daher häufig komplett ausgeschaltet und müssen anschließend für das Erzeugen von elektrischer Leistung wieder neu in Betrieb gesetzt werden, also hochgefahren werden.

**[0004]** Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die voranstehend beschriebenen Nachteile zumindest teilweise zu beheben. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, in kostengünstiger und einfacher Weise eine reaktionsschnelle Möglichkeit für sprunghafte Lastreduktionen an einem Brennstoffzellensystem zur Verfügung zu stellen.

**[0005]** Die voranstehende Aufgabe wird gelöst durch ein Kontrollverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1, ein Computerprogrammprodukt mit den Merkmalen des Anspruchs 12, eine Kontrollvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 13 sowie ein Brennstoffzellensystem mit den Merkmalen des Anspruchs 14. 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 dem erfindungsgemäßen Kontrollverfahren beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Computerprogrammprodukt, der erfindungsgemäßen Kontrollvorrichtung sowie dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird beziehungsweise werden kann.

**[0006]** Erfindungsgemäß wird ein Kontrollverfahren vorgeschlagen für eine Kontrolle einer kurzfristigen, temporären Leistungsreduktion eines Brennstoffzellensystems. Ein solches Kontrollverfahren zeichnet sich durch die folgenden Schritte aus:

**[0007]** - Erfassen einer Reduktionsanforderung zur kurzfristigen, temporären Leistungsreduktion für das Brennstoffzellensystem,

**[0008]** - Reduktion des Betriebsstroms des Brennstoffzellensystems auf einen Leerlauf-Stromwert,

**[0009]** - Betreiben wenigstens einer Betriebskomponente des Brennstoffzellensystems mit un-reduzierter elektrischer Komponenten-Betriebsleistung.

**[0010]** Ein erfindungsgemäßes Kontrollverfahren wird insbesondere einen Teil eines normalen Betriebskontrollverfahrens für ein Brennstoffzellensystem ausbilden. Dieses erfindungsgemäße Kontrollverfahren basiert darauf, dass eine Reduktionsanforderung erfasst wird. Diese kann aktiv von anderen Teilen eines Kontrollmoduls erzeugt werden. Wird das Brennstoffzellensystem zum Beispiel für den Antrieb eines Fahrzeugs eingesetzt, so kann es bei diesem Fahrzeug aufgrund der Umweltbedingungen zum Durchdrehen der Räder kommen. Ist dies der Fall, kann eine entsprechende Fahrkontrolle eine Reduktionsanforderung im Sinne der vorliegenden Erfindung ausgeben, welche vom Kontrollverfahren erfasst wird. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass es sich bei der Reduktionsanforderung um eine kurzfristige und temporäre Leistungsreduktion für das Brennstoffzellensystem handelt. Unter einer kurzfristigen Leistungsreduktion ist dabei ein möglichst schnelles Reduzieren zu verstehen. Während üblicherweise bei der Kontrolle der normalen Betriebsweise von Brennstoffzellensystemen diese über Rampen auf- und abgefahren werden, ist im Gegensatz zu diesem rampenartigen Verändern der Leistungssituation ein kurzfristiges Reduzieren der Leistung auch als sprunghaftes oder auch sofortiges Reduzieren der Leistung zu verstehen. Unter einer temporären Leistungsreduktion ist eine begrenzte Zeitdauer zu verstehen, über welche diese Leistungsreduktion anhält. Eine dauerhafte Leistungsreduktion, beispielsweise beim Abstellen des Fahrzeugs oder bei längerer Leistungsreduktion mit entsprechend langer Bergabfahrt, ist dahingehend von einer kurzfristigen, temporären Leistungsreduktion gemäß der vorliegenden Erfindung zu unterscheiden.

**[0011]** Sobald ein erfindungsgemäßes Kontrollverfahren eine solche Reduktionsanforderung zur kurzfristigen, temporären Leistungsreduktion erfasst hat, werden zwei Folgeschritte ausgelöst. Diese folgenden Schritte können nacheinander, aber auch zeitlich parallel, durchgeführt werden. Zum einen erfolgt eine Reduktion des Betriebsstroms des Brennstoffzellensystems auf einen Leerlauf-Stromwert. Dieser Leerlauf-Stromwert ist insbesondere geringer als der übliche Stromwert unter Last für das Brennstoffzellensystem. Vorzugsweise ist dieser Leerlauf-Stromwert zwar im Bereich knapp über oder nahe bei 0 Ampere, jedoch nicht exakt bei 0 Ampere. Mit anderen Worten wird der Betriebsstrom des Brennstoffzellensystems heruntergeregelt, jedoch nicht auf 0 gesetzt, sodass kein Ausschalten und damit auch kein Shutdown des Brennstoffzellensystems notwendig ist. Darüber hinaus scheint es wichtig zu sein, den Betriebsstrom nicht weiter zu reduzieren, damit eine Zellspannung nicht zu hoch wird, was eine Degradation fördern kann.

**[0012]** Als zweiter Schritt erfolgt das Betreiben wenigstens einer Betriebskomponente des Brennstoffzellensystems mit un-reduzierter elektrischer Komponenten-Betriebsleistung. Die normale Betriebsweise würde dazu führen, dass im Leerlaufbetrieb alle Betriebskomponenten des Brennstoffzellensystems ebenfalls in einen Leerlaufmodus schalten. Wird in einer Leerlaufsituation im normalen Betrieb bei einem Brennstoffzellensystem keine elektrische Leistung abgefragt, so können sämtliche Betriebskomponenten, wie Heizvorrichtungen, Gebläsevorrichtungen, Kompressoren und Ähnliches, ebenfalls in einen entsprechenden Leerlaufzustand versetzt werden, mit welchem diese nur einen sehr geringen elektrischen Verbrauch aufweisen. Dies dient üblicherweise dazu, im Leerlaufbetrieb die elektrischen Speicherressourcen des Fahrzeugs zu schonen und zu vermeiden, dass unnötiger Energieverbrauch entsteht.

**[0013]** Gemäß der Erfindung ist das erfindungsgemäße Kontrollverfahren insbesondere für eine Kontrolle einer kurzfristigen, temporären Leistungsreduktion eines PEM-Brennstoffzellensystems ausgebildet.

**[0014]** Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird jedoch entgegengesetzt dieser üblichen Betriebsstrategie gehandelt. Dies erfolgt jedoch nur dann, wenn auch eine Reduktionsanforderung zur kurzfristigen und temporären Leistungsreduktion erfasst worden ist. Nur in diesem Fall erfolgt gerade kein Reduzieren des Betriebs der weiteren Betriebskomponenten des Brennstoffzellensystems in einer Leerlaufsituation, sondern vielmehr ein Weiterbetreiben bei un-reduzierter elektrischer Komponenten-Betriebsleistung. Unter einer un-reduzierten elektrischen Komponenten-Betriebsleistung sind dabei im Wesentlichen zwei Varianten zu verstehen. Wird die Betriebskompo-

nente bereits mit einer definierten Betriebsleistung betrieben, so kann ein Weiterbetrieb mit unveränderter und damit gleichbleibender oder statischer elektrischer Komponenten-Betriebsleistung erfolgen. Je nach Betriebssituation beim Erfassen der Reduktionsanforderung kann es jedoch auch vorteilhaft sein, dass im Rahmen des unreduzierten Weiterbetriebs ein Erhöhen der elektrischen Komponenten-Betriebsleistung stattfindet.

**[0015]** Dadurch, dass nun bei einem erfindungsgemäßen Kontrollverfahren entgegen der üblichen Betriebsstrategie eine oder mehrere Betriebskomponenten mit unreduzierter elektrischer Komponenten-Betriebsleistung weiterbetrieben werden, steht ein elektrischer Verbraucher zur Verfügung. Da es sich um eine temporäre und kurzfristige Leistungsreduktion für das Brennstoffzellensystem handelt und der Betriebsstrom auf den Leerlauf-Stromwert gesetzt wird, wird das Brennstoffzellensystem trotz einer nicht mehr vorhandenen kurzfristigen, temporären Leistungsanforderung seitens des Abnehmers in Form des Fahrzeugs trotzdem weiter elektrische Leistung zur Verfügung stellen. Je nach Ausstattung des Fahrzeugs kann diese elektrische Leistung aber nur zu einem geringen Teil, beispielsweise in einer Batterievorrichtung oder Kondensatoren, gespeichert werden. Bei bekannten Lösungen ist daher die Geschwindigkeit, mit welcher die Leistung am Brennstoffzellensystem abgebaut werden kann, der limitierende Faktor, für das Reduzieren der abgegebenen Last und damit die Reaktionsgeschwindigkeit auf die kurzfristige, temporäre Leistungsreduktion.

**[0016]** Durch ein erfindungsgemäßes Kontrollverfahren wird es nun möglich, in Form des Weiterbetriebs wenigstens einer Betriebskomponente trotz des Leerlaufbetriebs für das Brennstoffzellensystem einen elektrischen Verbraucher zur Verfügung zu stellen, welcher diese weiterhin erhöhte Leistungsabgabe des Brennstoffzellensystems aufnehmen kann. Zusätzlich zu der üblichen Speicherfunktionalität einer Batterievorrichtung oder vorhandener Kondensatoren kann nun ein elektrischer Verbraucher die zu diesem kurzfristigen, temporären Zeitraum nicht benötigte elektrische Energie aufnehmen und für den Betrieb verwenden. Dies führt dazu, dass ohne Eingriff in das Brennstoffzellensystem eine Antwort auf die kurzfristige und temporäre Leistungsreduktion erfolgen kann, welche deutlich sprunghafter und damit schneller und flexibler ausgestattet sein kann als dies bei klassischen Kontrollverfahren für Brennstoffzellensysteme der Fall ist.

**[0017]** Da ein erfindungsgemäßes Kontrollverfahren sich mit kurzfristigen und temporären Leistungsreduktionen für das Brennstoffzellensystem beschäftigt, wird vorzugsweise auch ein Endsignal oder eine Erhöhungsanforderung für das Ende der kurzfristigen, temporären Leistungsreduktion erfasst, um das Kontrollverfahren für das Brennstoffzellensystem wieder in den normalen Betriebsmodus zu überführen. Hier ist ein weiterer Vorteil eines erfindungsgemäßen Kontrollverfahrens gut zu erkennen. So wird im Gegensatz zu bekannten Lösungen trotz der schnellen und sprunghaften Leistungsreduktion für den Verbraucher in Form des Fahrzeugantriebs das Brennstoffzellensystem weiterhin in einer Leerlaufsituation gehalten und muss nicht vollständig heruntergefahren werden. Für das Ende der kurzfristigen, temporären Leistungsreduktion steht nun das Brennstoffzellensystem im Leerlaufbetrieb für einen flexiblen und ebenfalls schnellen oder sogar sprunghaften Anstieg der Leistungsanforderung wieder zur Verfügung. Im Gegensatz zu den bekannten Lösungen ist also nicht nur die Antwort auf die Leistungsreduktion, sondern auch das Zurückkehren in den Normalbetriebsmodus für das Brennstoffzellensystem deutlich verbessert.

**[0018]** Es kann Vorteile mit sich bringen, wenn bei einem erfindungsgemäßen Kontrollverfahren die Reduktionsanforderung als sprunghafte Reduktionsanforderung ausgebildet ist. Diese sprunghafte Reduktionsanforderung ist insbesondere als stufenweise Reduktion, insbesondere mit einer einzigen Stufe, für die Reduktion der Leistungsanforderung zu verstehen. Mit anderen Worten wird im Gegensatz zu einem Folgen eines rampenhaften Reduzierens der reduzierten Leistungsanforderung hier die Reduktionsanforderung sprunghaft umgesetzt und damit die Flexibilität, welche durch ein erfindungsgemäßes Kontrollverfahren erst gewährleistet wird, zur Verfügung gestellt.

**[0019]** Darüber hinaus bringt es Vorteile mit sich, wenn bei einem erfindungsgemäßen Kontrollverfahren die Betriebskomponente mit gleichbleibender oder im Wesentlichen gleichbleibender

Komponenten-Betriebsleistung weiterbetrieben wird. Wie bereits einleitend erläutert worden ist, bestehen im Wesentlichen zwei grundsätzliche Betriebsmöglichkeiten für die Betriebskomponente. Hier ist eine dieser beiden Varianten genannt. Dabei geht es darum, dass insbesondere überprüft wird, ob die verbleibende Restleistungsabgabe des Brennstoffzellensystems von der Betriebskomponente mit der aktuellen Betriebsleistung sozusagen als Reduktionsverbrauch auch verbraucht werden kann. Ist dies der Fall, gleichen sich also die aktuelle Komponenten-Betriebsleistung der ausgewählten Betriebskomponente und die notwendige Restleistung des Brennstoffzellensystems als Reduktionsverbrauch, so dass ein einfaches Weiterbetreiben der Betriebskomponente mit der bestehenden Komponenten-Betriebsleistung stattfinden kann. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn die verbleibende Leistungsabgabe des Brennstoffzellensystems niedrig und/oder die vorherige Komponenten-Betriebsleistung der Betriebskomponente entsprechend hoch sind. Hier ist bereits gut zu erkennen, dass je nach vorheriger Betriebssituation vor dem Erfassen der Reduktionsanforderung hier Einfluss auf die tatsächliche Umsetzung des Betriebs der Betriebskomponente vorhanden ist.

**[0020]** Ebenfalls Vorteile bringt es mit sich, wenn bei einem erfindungsgemäßen Kontrollverfahren die Betriebskomponente mit erhöhter Komponenten-Betriebsleistung weiterbetrieben wird. Dabei handelt es sich um eine alternative oder zusätzliche Ausgestaltung zu dem voranstehenden Absatz. Hier ist bereits darauf hinzuweisen, dass selbstverständlich auch zwei oder mehr Betriebskomponenten diesen Weiterbetriebsschritt zur Verfügung stellen können und entsprechend mit identischen oder auch unterschiedlichen Strategien hinsichtlich der unreduzierten elektrischen Komponenten-Betriebsleistung weiter betrieben werden können. Ein Erhöhen der Komponenten-Betriebsleistung führt zu einem entsprechenden Anstieg des Leistungsverbrauches und korreliert insbesondere mit dem später noch näher erläuterten notwendigen Reduktionsverbrauch auf Basis des Weiterbetriebs des Brennstoffzellensystems.

**[0021]** Darüber hinaus bringt es ebenfalls Vorteile mit sich, wenn bei einem erfindungsgemäßen Kontrollverfahren eine Bestimmung eines notwendigen Reduktionsverbrauchs für das Brennstoffzellensystem nach der Reduktion des Betriebsstroms auf den Leerlauf-Stromwert erfolgt. Dabei wird insbesondere die elektrische Komponenten-Betriebsleistung an den bestimmten Reduktionsverbrauch überprüft und/oder angepasst. Während grundsätzlich auch eine Kontrolle in Form eines einfachen Steuerns ohne Feedbackinformation möglich ist, in Form eines Vorgebens einer definierten Komponenten-Betriebsleistung, kann das Integrieren einer Information eines notwendigen Reduktionsverbrauchs das erfindungsgemäße Verfahren noch weiter verbessern. Insbesondere kann auf diese Weise in kontrollierter, vorzugsweise geregelter Weise, sichergestellt werden, dass der bestimmte Reduktionsverbrauch des Brennstoffzellensystems auch tatsächlich von den Verbrauchern in Form der wenigstens einer Betriebskomponente aufgenommen werden kann. Insbesondere wird dabei noch berücksichtigt, welcher Teil des verbleibenden Reduktionsverbrauchs von anderen Komponenten, insbesondere Speicherkomponenten, wie einer Batteriespeichervorrichtung, aufgebraucht werden kann.

**[0022]** Weitere Vorteile sind erzielbar, wenn bei einem erfindungsgemäßen Kontrollverfahren wenigstens zwei Betriebskomponenten mit unreduzierter Komponenten-Betriebsleistung betrieben werden. Je nach tatsächlicher Einsatzsituation und der ausgewählten Betriebskomponenten kann es manchmal nicht ausreichen, dass die verbleibende mögliche Komponenten-Betriebsleistung einer einzelnen Betriebskomponente auch tatsächlich den notwendigen Reduktionsverbrauch aufnehmen kann. In einem solchen Fall können zwei oder mehr Betriebskomponenten gemeinsam mit unreduzierter Komponenten-Betriebsleistung weiterbetrieben werden, um so viele Verbraucher zusammen zu schalten, wie für den ermittelten Reduktionsverbrauch tatsächlich notwendig sind.

**[0023]** Vorteile kann es mit sich bringen, wenn bei einem erfindungsgemäßen Kontrollverfahren die wenigstens eine Betriebskomponente aus einer Menge von mehreren Betriebskomponenten ausgewählt wird, insbesondere unter Berücksichtigung einer Reduktionspriorität. So können beispielsweise einzelne Betriebskomponenten unterschiedliche Komponenten-Betriebsleistungen aufweisen und auch unterschiedliche Freiheitsgrade, in welchen diese betrieben werden. Beispielsweise können auf der Luftseite eines Brennstoffzellensystems größere Freiheiten hinsicht-

lich der Betriebsweise eines Luftgebläses bestehen als zum Beispiel auf der Brennstoffseite, insbesondere für ein Rezirkulationsgebläse oder ein Brennstoffgebläse. So können solche Funktionsprioritäten und/oder Freiheitsgrade berücksichtigt werden, um die Auswahl der weiter zu betreibenden Betriebskomponente entsprechend in optimierter Weise für das Brennstoffzellensystem im Rahmen des vorliegenden Kontrollverfahrens gewährleisten zu können.

**[0024]** Darüber hinaus ist es von Vorteil, wenn bei einem erfindungsgemäßen Kontrollverfahren es sich bei der wenigstens einen Betriebskomponente um wenigstens eine der folgenden handelt:

**[0025]** - Gebläsevorrichtung,

**[0026]** - Kompressorvorrichtung,

**[0027]** - Heizvorrichtung.

**[0028]** Bei der voranstehenden Aufzählung handelt es sich um eine nicht abschließende Liste. Selbstverständlich können auch weitere Betriebskomponenten, insbesondere auch sekundäre Betriebskomponenten, von einem Brennstoffzellensystem bei einem erfindungsgemäßen Kontrollverfahren berücksichtigt werden.

**[0029]** Weitere Vorteile bringt es mit sich, wenn bei einem erfindungsgemäßen Kontrollverfahren für die Dauer des reduzierten Betriebsstroms die Zufuhr an Brennstoff im Brennstoffzellensystem reduziert wird. Eine Alternative zur Reduktion der Zufuhr an Brennstoff ist eine Vergrößerung der Rezirkulation, um auf diese Weise einen möglichst geringen Leerlaufstrom zu erzielen.

**[0030]** Von Vorteil ist es ebenfalls, wenn bei einem erfindungsgemäßen Kontrollverfahren wenigstens eine Ventilvorrichtung im Brennstoffzellensystem temporär geschlossen wird für einen erhöhten Gegendruck und eine damit einhergehende zusätzliche Erhöhung der elektrischen Komponenten-Betriebsleistung. Mit anderen Worten wird es möglich, Fluidströme innerhalb des Brennstoffzellensystems zu blockieren oder zumindest deren Strömungswiderstand zu erhöhen, sodass auf diese Weise ein erhöhter Gegendruck zur Verfügung gestellt wird. Ist als Betriebskomponente für den Weiterbetrieb zum Beispiel auf der Luftseite des Brennstoffzellensystems eine Kompressorvorrichtung ausgewählt, so kann der technisch mögliche Verbrauch dieser Kompressorvorrichtung in Form der elektrischen Komponenten-Betriebsleistung dahingehend einfach erhöht werden, indem der Gegendruck durch das Schließen oder teilweise Schließen entsprechender stromabwärts angeordneter Ventile vergrößert wird. Dabei kann auch ein pulsierendes Schließen und Öffnen dieser Ventilvorrichtungen einen Teil eines erfindungsgemäßen Kontrollverfahrens darstellen.

**[0031]** Ebenfalls Vorteile bringt es mit sich, wenn bei einem erfindungsgemäßen Kontrollverfahren die Reduktionsanforderung auf Basis wenigstens eines der folgenden Ereignisse beim Einsatz des Brennstoffzellensystems in einem Fahrzeug beruht:

**[0032]** - Durchdrehen der Räder des Fahrzeugs,

**[0033]** - kurzfristiges Abwärtsfahren,

**[0034]** - kurzfristiges Bremsen.

**[0035]** Bei der voranstehenden Auflistung handelt es sich um eine nicht abschließende Liste. Selbstverständlich können auch Kombinationen von unterschiedlichen Reduktionsanforderungen auftreten und auch bei einer Verwendung bei anderen Einsatzzwecken als bei Fahrzeugen ein erfindungsgemäßes Kontrollverfahren Vorteile mit sich bringen.

**[0036]** Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Computerprogrammprodukt, aufweisend Befehle, welche bei der Ausführung durch einen Computer diesen veranlassen ein erfindungsgemäßes Kontrollverfahren durchzuführen. Damit bringt auch ein erfindungsgemäßes Computerprogrammprodukt die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf ein erfindungsgemäßes Kontrollverfahren erläutert worden sind.

**[0037]** Ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine Kontrollvorrichtung für eine Kontrolle einer kurzfristigen, temporären Leistungsreduktion eines Brennstoffzellensystems, wo-

bei das Brennstoffzellensystem insbesondere als PEM-Brennstoffzellensystem ausgebildet ist. Eine solche Kontrollvorrichtung zeichnet sich durch ein Erfassungsmodul aus für ein Erfassen einer Reduktionsanforderung zur kurzfristigen, temporären Leistungsreduktion für das Brennstoffzellensystem. Weiter ist ein Reduktionsmodul vorgesehen für eine Reduktion des Betriebsstroms des Brennstoffzellensystems auf einen Leerlauf-Stromwert. Mit Hilfe eines Betriebsmoduls erfolgt ein Betreiben wenigstens einer Betriebskomponente des Brennstoffzellensystems mit unreduzierter elektrischer Komponenten-Betriebsleistung. Dabei sind das Erfassungsmodul, das Reduktionsmodul und/oder das Betriebsmodul für eine Ausführung eines erfindungsgemäßen Kontrollverfahrens ausgebildet.

**[0038]** Eine erfindungsgemäße Kontrollvorrichtung bringt damit die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf ein erfindungsgemäßes Kontrollverfahren erläutert worden sind.

**[0039]** Darüber hinaus ist ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung ein Brennstoffzellensystem für eine Erzeugung von elektrischem Strom, insbesondere für den Betrieb eines Fahrzeugs, wobei das Brennstoffzellensystem insbesondere als PEM- Brennstoffzellensystem ausgebildet ist. Beim Fahrzeug kann es sich erfindungsgemäß beispielsweise um einen PKW, LKW, Offroad-Fahrzeug, Schiff, Zug oder Flugzeug handeln. Ein solches Brennstoffzellensystem weist einen Brennstoffzellenstapel mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt auf. Der Anodenabschnitt ist mit einem Anodenzuführabschnitt für eine Zufuhr von Anodenzuführgas und einem Anodenabführabschnitt für eine Abfuhr von Anodenabgas ausgestattet. In ähnlicher Weise ist der Kathodenabschnitt mit einem Kathodenzuführabschnitt für eine Zufuhr von Kathodenzuführgas und mit einem Kathodenabführabschnitt für eine Abfuhr von Kathodenabgas ausgestattet. Weiter weist dieses Brennstoffzellensystem insbesondere auch einen Rezirkulationsabschnitt auf, um ein Teil des Anodenabgases wieder dem Anodenzuführabschnitt und dadurch dem Anodenabschnitt zuzuführen. Ein solches Brennstoffzellensystem zeichnet sich dadurch aus, dass eine Kontrollvorrichtung der vorliegenden Erfindung für die Kontrolle wenigstens einer Betriebskomponente des Brennstoffzellensystems vorgesehen ist. Damit bringt auch ein solches Brennstoffzellensystem die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf ein erfindungsgemäßes Kontrollverfahren erläutert worden sind.

**[0040]** 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:

**[0041]** Fig. 1 eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystems,

**[0042]** Fig. 2 eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Kontrollvorrichtung,

**[0043]** Fig. 3 ein möglicher Verlauf der einzelnen Parameter,

**[0044]** Fig. 4 ein weiterer möglicher Verlauf der einzelnen Parameter,

**[0045]** Fig. 5 ein weiterer möglicher Verlauf der einzelnen Parameter,

**[0046]** Fig. 6 ein weiterer möglicher Verlauf der einzelnen Parameter und

**[0047]** Fig. 7 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Kontrollvorrichtung.

**[0048]** Die Figur 1 zeigt schematisch ein Brennstoffzellensystem 100. Dieses ist hier mit einem Brennstoffzellenstapel 110 dargestellt. Dieser Brennstoffzellenstapel 110 weist einen Anodenabschnitt 120 und einen Kathodenabschnitt 130 auf. Anodenzuführgas AZG wird über einen Anodenzuführabschnitt 122 dem Anodenabschnitt 120 zugeführt. Über einen Kathodenzuführabschnitt 132 erfolgt die Zufuhr von Kathodenzuführgas KZG zum Kathodenabschnitt 130. Nach der chemischen Reaktion und Erzeugung von elektrischer Energie erfolgt das Abführen von Anodenabgas AAG über den Anodenabführabschnitt 124 sowie die Abfuhr von Kathodenabgas KAG über den Kathodenabführabschnitt 134. Insbesondere kann auch ein Rezirkulationsabschnitt vorgesehen sein, welcher insbesondere den Anodenabführabschnitt 124 mit dem Anodenzuführabschnitt 122 verbindet, um Anodenabgas teilweise wieder dem Anodenabschnitt 120 zuzuführen (dies ist in Fig. 1 allerdings nicht gezeigt). Schematisch sind hier im Anodenzuführabschnitt 122 eine Gebläsevorrichtung 140 und im Kathodenzuführabschnitt 132 ein Kompressor 150 sowie

eine elektrische Heizvorrichtung 160 dargestellt. Bevorzugt ist Heizvorrichtung 160 allerdings in einem in Fig. 1 nicht dargestellten Kühlsystem des Brennstoffzellensystems 100 angeordnet. Diese drei Komponenten stellen Beispiele für Betriebskomponenten B des Brennstoffzellensystems 100 dar.

**[0049]** Die Figur 2 zeigt schematisch eine Kontrollvorrichtung 10. Diese Kontrollvorrichtung 10 ist meinem Erfassungsmodul 20 ausgestattet, welches hier eine Erfassung einer Reduktionsanforderung RA durchführt. Diese kann beispielsweise auf durchdrehenden Rädern eines Fahrzeugs beruhen, für welche das Brennstoffzellensystem 100 als Antrieb eingesetzt wird. Diese Reduktionsanforderung RA wird weitergegeben vom Erfassungsmodul 20 an das Reduktionsmodul 30, welches nun den Betriebsstrom BI auf einen Leerlauf-Stromwert LI reduziert. Zusätzlich zeitlich parallel oder nachfolgend wird mit Hilfe des Betriebsmoduls 40 wenigstens eine Betriebskomponente B hinsichtlich einer unreduzierten Komponenten-Betriebsleistung KBL weiterbetrieben. Die Art der Reduktion ist zum Beispiel in den Figuren 3 und 4 näher dargestellt.

**[0050]** So zeigt die Figur 3 die Korrelation zwischen Betriebsstrom BI und Komponenten-Betriebsleistung KBL. Um trotz der reduzierten Lastanforderungen die verbleibende Restleistung im Leerlaufbetrieb unter dem Leerlauf-Stromwert LI auffangen und verbrauchen zu können, wird hier die entsprechende Betriebskomponente B mit einer erhöhten Komponenten-Betriebsleistung KBL betrieben. Wie die Figur 4 zeigt, handelt es sich bei der Reduktionsanforderung RA um ein sprunghaftes Abfallen hinsichtlich des Betriebsstroms BI und eine temporär und damit zeitlich begrenzte Dauer dieser Reduktionsanforderung RA. Mit anderen Worten wird nach Ende der Reduktionsanforderung RA nicht nur der Betriebsstrom BI wieder von dem Leerlauf-Stromwert LI angehoben, sondern darüber hinaus auch die Komponenten-Betriebsleistung KBL auf den vorherigen Wert herabgesetzt.

**[0051]** Die Figuren 5 und 6 zeigen eine ähnliche Situation wie die Figuren 3 und 4. Jedoch reicht es hier für den Verbrauch des Reduktionsverbrauchs RV des Brennstoffzellensystems 100 aus, wenn die entsprechende Betriebskomponente B mit konstanter Komponenten-Betriebsleistung KBL weiterbetrieben wird. Dementsprechend wird zwar gemäß der Figur 6 der Betriebsstrom BI über die Reduktionsanforderung RI temporär auf den Leerlauf-Stromwert LI herabgesetzt, jedoch kann die Komponenten-Betriebsleistung KBL auch über die Reduktionsanforderung RA gleichbleibend weiterbetrieben werden.

**[0052]** In der Figur 7 ist noch schematisch dargestellt, dass ein Reduktionsverbrauch RV zusätzlich Berücksichtigung findet. Insbesondere ist in dieser Variante der Reduktionsverbrauch RV so groß, dass hier nun zwei Betriebskomponenten B ausgewählt werden, um für den Verbrauch dieses erhöhten Reduktionsverbrauchs RV die notwendigen elektrischen Komponenten-Betriebsleistungen KBL in Kombination zur Verfügung zu stellen.

**[0053]** Die voranstehende Erläuterung der Ausführungsformen beschreibt die vorliegende Erfindung ausschließlich im Rahmen von Beispielen.

## BEZUGSZEICHENLISTE

- 10 Kontrollvorrichtung
- 20 Erfassungsmodul
- 30 Reduktionsmodul
- 40 Betriebsmodul
  
- 100 Brennstoffzellensystem
- 110 Brennstoffzellenstapel
- 120 Anodenabschnitt
- 122 Anodenzuführabschnitt
- 124 Anodenabführabschnitt
- 130 Kathodenabschnitt
- 132 Kathodenzuführabschnitt
- 134 Kathodenabführabschnitt
- 140 Gebläsevorrichtung
- 150 Kompressorvorrichtung
- 160 Heizvorrichtung
  
- B Betriebskomponente
- RA Reduktionsanforderung
- RV Reduktionsverbrauch
- BI Betriebsstrom
- LI Leerlauf-Stromwert
- KBL Komponenten-Betriebsleistung
  
- AZG Anodenzuführgas
- AAG Anodenabgas
- KZG Kathodenzuführgas
- KAG Kathodenabgas

## Patentansprüche

1. Kontrollverfahren für eine Kontrolle einer kurzfristigen, temporären Leistungsreduktion eines Brennstoffzellensystems (100), **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte:
  - Erfassen einer Reduktionsanforderung (RA) zur kurzfristigen, temporären Leistungsreduktion für das Brennstoffzellensystem (100),
  - Reduktion des Betriebsstroms (BI) des Brennstoffzellensystems (100) auf einen Leerlauf-Stromwert (LI),
  - Betreiben wenigstens einer Betriebskomponente (B) des Brennstoffzellensystems (100) mit unreduzierter elektrischer Komponenten-Betriebsleistung (KBL).
2. Kontrollverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Reduktionsanforderung (RA) als sprunghafte Reduktionsanforderung (RA) ausgebildet ist.
3. Kontrollverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Betriebskomponente (B) mit gleichbleibender oder im Wesentlichen gleichbleibender Komponenten-Betriebsleistung (KBL) weiter betrieben wird.
4. Kontrollverfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Betriebskomponente (B) mit erhöhter Komponenten-Betriebsleistung (KBL) weiter betrieben wird.
5. Kontrollverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Bestimmung eines notwendigen Reduktionsverbrauchs (RV) für das Brennstoffzellensystem (100) nach Reduktion des Betriebsstroms (BI) auf den Leerlauf-Stromwert (LI) erfolgt, wobei die elektrische Komponenten-Betriebsleistung (KBL) an den bestimmten Reduktionsverbrauch (RV) angepasst wird.
6. Kontrollverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens zwei Betriebskomponenten (B) mit unreduzierter Komponenten-Betriebsleistung (KBL) betrieben werden.
7. Kontrollverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine Betriebskomponente (B) aus einer Menge von mehreren Betriebskomponenten (B) ausgewählt wird, insbesondere unter Berücksichtigung einer Reduktionspriorität.
8. Kontrollverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich bei der wenigstens einen Betriebskomponente (B) um wenigstens eine der folgenden handelt:
  - Gebläsevorrichtung (140)
  - Kompressorvorrichtung (150)
  - Heizvorrichtung (160)
9. Kontrollverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass für die Dauer des reduzierten Betriebsstroms (BI) die Zufuhr an Brennstoff im Brennstoffzellensystem (100) reduziert wird.
10. Kontrollverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens eine Ventilvorrichtung im Brennstoffzellensystem (100) temporär geschlossen wird für einen erhöhten Gegendruck und eine damit einhergehende zusätzliche Erhöhung der elektrischen Komponenten-Betriebsleistung (KBL).
11. Kontrollverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Reduktionsanforderung (RA) auf Basis wenigstens eines der folgenden Ereignisse beim Einsatz des Brennstoffzellensystems (100) in einem Fahrzeug beruht:
  - Durchdrehen der Räder des Fahrzeugs
  - Kurzfristiges Abwärtsfahren
  - Kurzfristiges Bremsen

12. Computerprogrammprodukt, aufweisend Befehle, welche bei der Ausführung durch einen Computer diesen veranlassen die Schritte eines Kontrollverfahrens mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 11 auszuführen.
13. Kontrollvorrichtung (10) für eine Kontrolle einer kurzfristigen, temporären Leistungsreduktion eines Brennstoffzellensystems (100), **gekennzeichnet durch** ein Erfassungsmodul (20) für ein Erfassen einer Reduktionsanforderung (RA) zur kurzfristigen, temporären Leistungsreduktion für das Brennstoffzellensystem (100), ein Reduktionsmodul (30) für eine Reduktion des Betriebsstroms (BI) des Brennstoffzellensystems (100) auf einen Leerlauf-Stromwert (LI) und ein Betriebsmodul (40) für ein Betreiben wenigstens einer Betriebskomponente (B) des Brennstoffzellensystems (100) mit unreduzierter elektrischer Komponenten-Betriebsleistung (KBL), wobei das Erfassungsmodul (20), das Reduktionsmodul (30) und/oder das Betriebsmodul (40) für eine Ausführung eines Kontrollverfahrens mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 11 ausgebildet sind.
14. Brennstoffzellensystem (100) für eine Erzeugung von elektrischem Strom, insbesondere für den Antrieb eines Fahrzeugs, aufweisend einen Brennstoffzellenstapel (110) mit einem Anodenabschnitt (120) und einem Kathodenabschnitt (130), der Anodenabschnitt (120) aufweisend einen Anodenzuführabschnitt (122) für eine Zufuhr von Anodenzuführgas (AZG) und einen Anodenabführabschnitt (124) für eine Abfuhr von Anodenabgas (AAG), der Kathodenabschnitt (130) aufweisend einen Kathodenzuführabschnitt (132) für eine Zufuhr von Kathodenzuführgas (KZG) und einen Kathodenabführabschnitt (134) für eine Abfuhr von Kathodenabgas (KAG), **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Kontrollvorrichtung (10) mit den Merkmalen des Anspruchs 13 für die Kontrolle wenigstens einer Betriebskomponente (B) des Brennstoffzellensystems (100) vorgesehen ist.

**Hierzu 5 Blatt Zeichnungen**

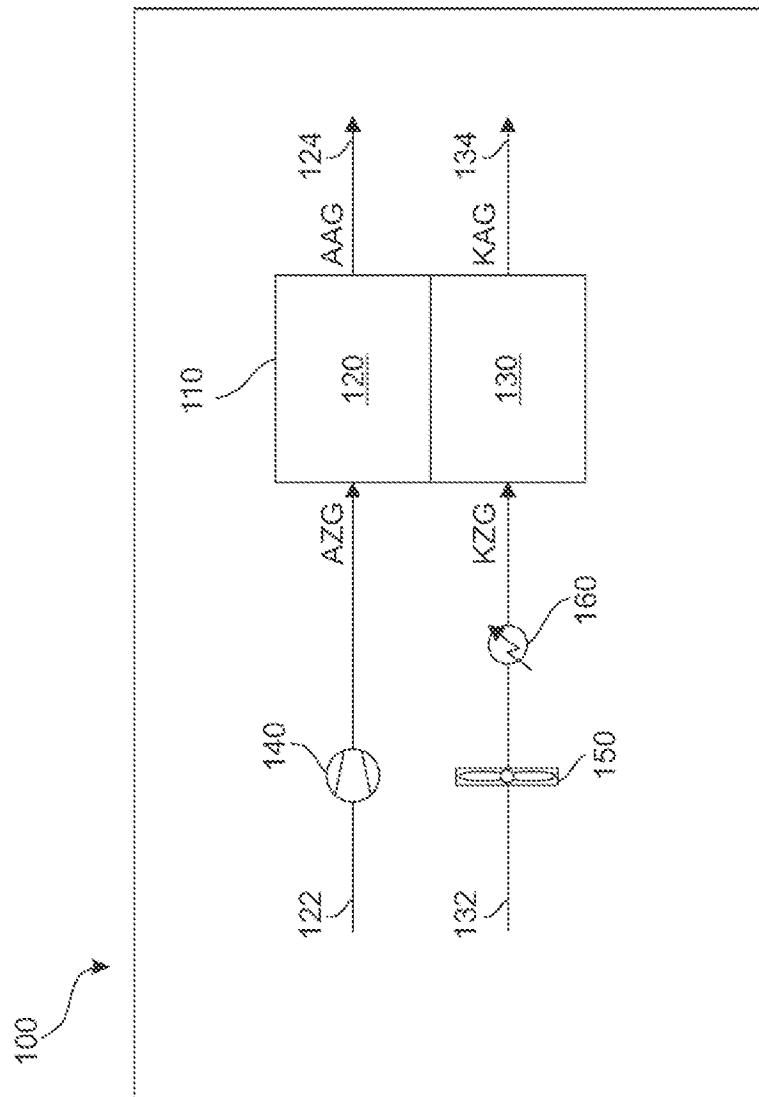


Fig. 1

2/5

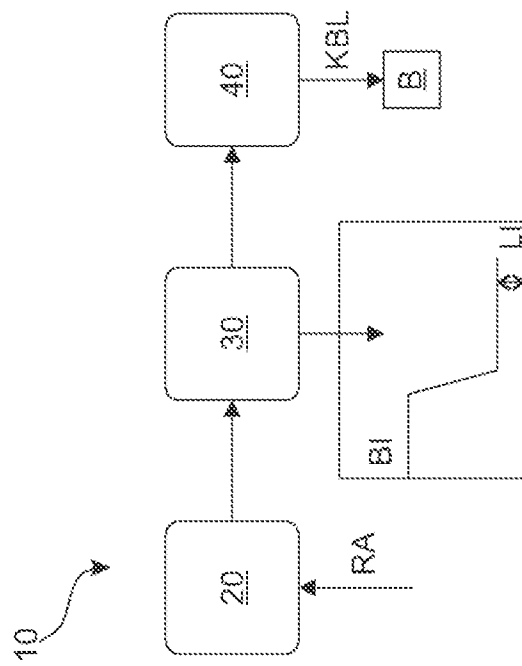


Fig. 2

3/5

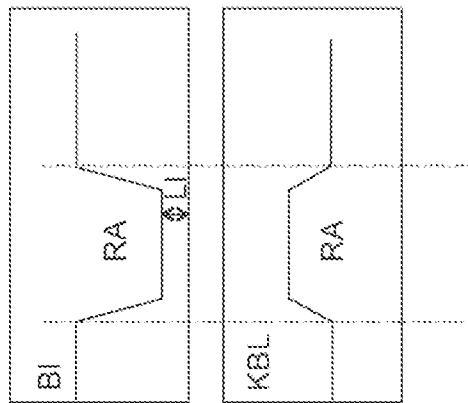


Fig. 4

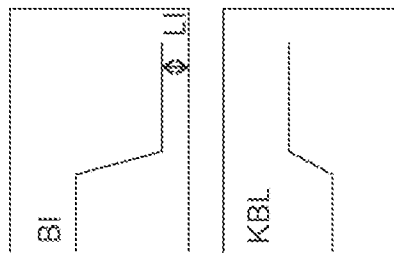


Fig. 3

4/5

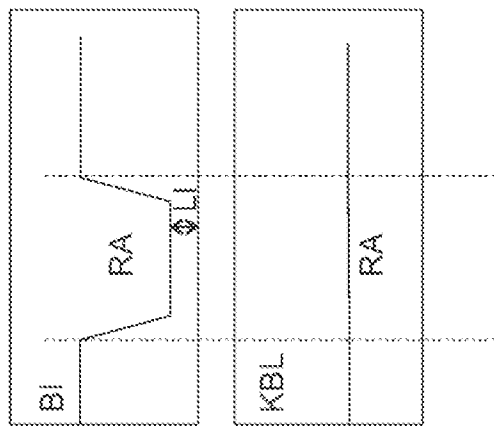


Fig. 6

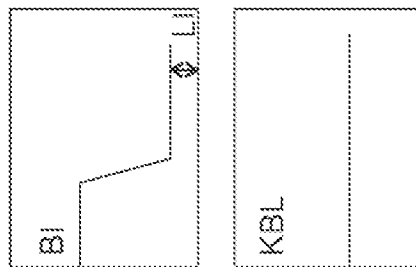


Fig. 5

5/5

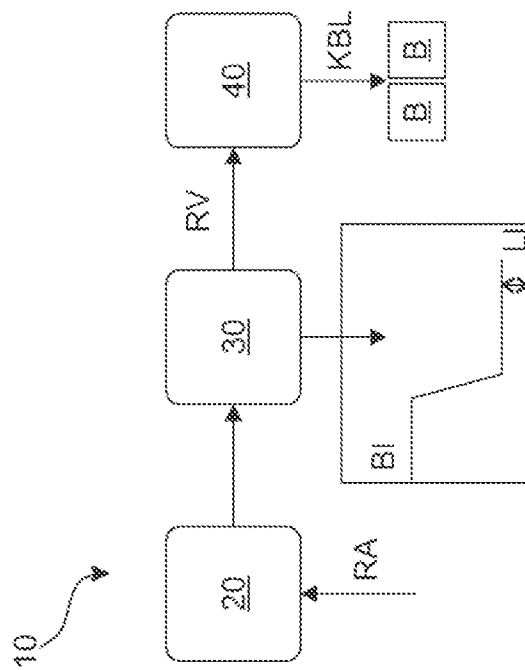


Fig. 7