



(10) **DE 11 2006 004 262 B4** 2021.11.18

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **11 2006 004 262.9**  
(22) Anmeldetag: **05.12.2006**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **18.11.2021**

(51) Int Cl.: **H01M 8/04537** (2016.01)  
**H01M 8/04089** (2016.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:  
**2005-353666**      **07.12.2005**    **JP**  
**2006-306314**      **13.11.2006**    **JP**

(62) Teilung aus:  
**11 2006 003 337.9**

(73) Patentinhaber:  
**TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA, Toyota-**  
**shi, Aichi-ken, JP**

(74) Vertreter:  
**KUHNEN & WACKER Patent- und**  
**Rechtsanwaltsbüro PartG mbB, 85354 Freising,**  
**DE**

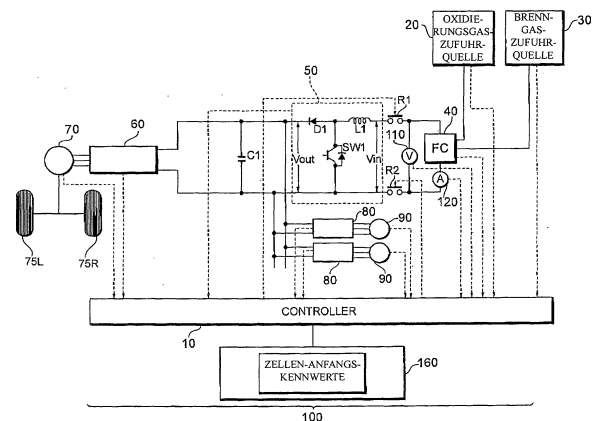
(72) Erfinder:  
**Horio, Kimihide, Toyota-shi, Aichi-ken, JP;**  
**Manabe, Kota, Toyota-shi, Aichi-ken, JP**

(56) Ermittelte Stand der Technik:

<b>US</b>	<b>2001 / 0 006 335</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2003 / 0 224 227</b>	<b>A1</b>

(54) Bezeichnung: **Brennstoffzellensystem**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Brennstoffzellensystem offenbart, das in der Lage ist, Hilfsmaschinen, die mit hoher Spannung angetrieben werden, oder dergleichen auch in einem Fall, wo ein vergifteter Elektrodenkatalysator regeneriert wird oder eine Brennstoffzelle aufgewärmt wird, stabil zu betreiben. Wenn erfasst wird, dass der Elektrodenkatalysator vergiftet ist, leitet ein Controller einen Sollbetriebspunkt ab, der ausreicht, um eine Aktivität des vergifteten Elektrodenkatalysators wiederherzustellen. Dann wird eine Verschiebung des Betriebspunktes von einem Normalbetriebspunkt zu einem Betriebspunkt mit niedrigem Wirkungsgrad verwirklicht, so dass eine Ausgangsleistung konstant gehalten wird.



**Beschreibung**

Gebiet der Technik

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem.

Technischer Hintergrund

**[0002]** Im Allgemeinen weist eine Brennstoffzelle im Vergleich zu anderen Leistungsquellen schlechte Betätigungseigenschaften auf. Ein Leistungserzeugungs-Wirkungsgrad einer solchen Brennstoffzelle wird aufgrund einer sinkenden Temperatur und einer Vergiftung eines Elektrodenkatalysators schlechter, und es kommt vor, dass eine Spannung / ein Strom nicht wie gewünscht geliefert werden kann, so dass eine Vorrichtung (ein Elektromotor oder dergleichen) nicht betätigt werden kann.

**[0003]** Angesichts dieser Situation wird ein Verfahren vorgeschlagen, bei dem ein Anodenbrennstoff (z.B. ein Brenngas) und/oder ein Kathodenbrennstoff (z.B. ein Oxidierungsgas), der bzw. die Elektroden zugeführt werden soll(en), in einen Mangelzustand gebracht wird bzw. werden und eine Überspannung eines Teils der Elektroden erhöht wird, um die Temperatur der Brennstoffzelle zu erhöhen, wodurch der vergiftete Elektrodenkatalysator regeneriert wird und die Brennstoffzelle aufgewärmt wird (siehe z.B. das nachstehend genannte Patentdokument 1).

**[0004]** [Patentdokument 1] japanische Patentveröffentlichung Nr. 2003-504807

Offenbarung der Erfindung

**[0005]** In einem Fall, wo anhand des genannten Verfahrens ein vergifteter Elektrodenkatalysator regeneriert wird und eine Brennstoffzelle aufgewärmt wird, gibt es jedoch Probleme, weil eine Spannung der Brennstoffzelle gemäß einem solchen Betrieb sinkt und eine Zusatzeinrichtung bzw. eine Hilfsmaschine (ein Elektromotor einer Pumpe oder dergleichen), die mit einer hohen Spannung angetrieben werden muss, nicht stabil betrieben werden kann.

**[0006]** Die vorliegende Erfindung wurde angesichts der geschilderten Situation entwickelt und ihre Aufgabe ist die Schaffung eines Brennstoffzellensystems, das in der Lage ist, Hilfsmaschinen, die mit hoher Spannung angetrieben werden müssen, auch dann stabil zu betreiben, wenn ein vergifteter Elektrodenkatalysator regeneriert wird und eine Brennstoffzelle aufgewärmt wird.

**[0007]** Um das genannte Problem zu lösen, ist ein Brennstoffzellensystem gemäß der vorliegenden Erfindung dadurch gekennzeichnet, dass es aufweist: eine Brennstoffzelle; einen Verbraucher, der mit Leis-

tung von der Brennstoffzelle betrieben wird; eine erste Spannungswandlungseinrichtung, die zwischen der Brennstoffzelle und dem Verbraucher vorgesehen ist und die eine Ausgangsleistung der Brennstoffzelle in eine Spannung umwandelt, um die Spannung dem Verbraucher zuzuführen; ein Betriebssteuermittel zum Betreiben der Brennstoffzelle an einem Betriebspunkt mit niedrigem Wirkungsgrad, wo ein Leistungsverlust größer ist als an einem Normalbetriebspunkt, falls vorgegebene Bedingungen erfüllt sind; und ein Spannungswandlungs-Steuermittel zum Steuern eines Spannungswandlungsbetriebs der ersten Spannungswandlungseinrichtung auf der Basis des Betriebspunkts der Brennstoffzelle und einer Antriebsspannung des Verbrauchers.

**[0008]** Gemäß einem solchen Aufbau wird der Spannungswandlungsbetrieb der Spannungswandlungseinrichtung auch in einem Fall, wo die Brennstoffzelle am Betriebspunkt mit niedrigem Wirkungsgrad betrieben wird, um einen vergifteten Elektrodenkatalysator zu regenerieren und die Brennstoffzelle aufzuwärmen, auf der Basis des Betriebspunkts der Brennstoffzelle und der Antriebsspannung des Verbrauchers gesteuert. Daher kann der Verbraucher unabhängig vom Betriebspunkt der Brennstoffzelle stabil betrieben werden.

**[0009]** Hierbei ist in dem genannten Aufbau eine Anordnung bevorzugt, bei der die erste Spannungswandlungseinrichtung ein Aufwärts- bzw. Verstärkungswandler ist, der eine Anschlussspannung der Brennstoffzelle erhöht, und das Spannungswandlungs-Steuermittel zulässt, dass der Verstärkungswandler die Anschlussspannung der Brennstoffzelle, die dem Betriebspunkt entspricht, zumindest auf die Antriebsspannung des Verbrauchers erhöht.

**[0010]** Darüber hinaus ist eine Anordnung bevorzugt, bei der, wenn ein Aufwärmbetrieb der Brennstoffzelle oder ein Betrieb zur Wiederherstellung der Katalysatoraktivität der Brennstoffzelle nötig ist, die Brennstoffzelle am Betriebspunkt mit niedrigem Wirkungsgrad betrieben wird.

**[0011]** Ferner ist eine Anordnung bevorzugt, die außerdem ein Umgehungsmittel zum Umgehen des Verstärkungswandlers aufweist, um eine Ausgangsspannung der Brennstoffzelle zum Verbraucher zu liefern, während die Brennstoffzelle am Normalbetriebspunkt arbeitet. Hierbei kann es sich bei dem Umgehungsmittel um eine Diode handeln, bei der eine Anode mit einer Eingangsseite des Verstärkungswandlers verbunden ist und bei der eine Kathode mit einer Ausgangsseite des Verstärkungswandlers verbunden ist.

**[0012]** Darüber hinaus ist im obigen Aufbau eine Anordnung bevorzugt, die ferner eine aufladbare / entladbare Leistungsakkumulierungseinrichtung und ei-

ne zweite Spannungswandlungseinrichtung, die die Spannung zwischen der Leistungsakkumulierungseinrichtung und dem Verbraucher umwandelt, aufweist. Hierbei ist die zweite Spannungswandlungseinrichtung vorzugsweise ein Verstärkungswandler, der eine Entladungsspannung der Leistungsakkumulierungseinrichtung erhöht, oder ein Wandler, der die Entladungsspannung erhöht oder senkt.

**[0013]** Wie oben beschrieben, können gemäß der vorliegenden Erfindung auch in einem Fall, wo ein vergifteter Elektrodenkatalysator regeneriert wird und eine Brennstoffzelle aufgewärmt wird, Hilfsmaschinen, die mit hoher Spannung angetrieben werden müssen, stabil betrieben werden.

#### Figurenliste

**Fig. 1** ist ein Schema, das eine Anordnung eines Hauptteils eines Brennstoffzellensystems gemäß einer ersten Ausführungsform zeigt;

**Fig. 2A** ist ein Schema, das eine Beziehung zwischen einer Ausgangsleistung und einem Leistungsverlust gemäß dieser Ausführungsform zeigt;

**Fig. 2B** ist ein Schema, das eine Beziehung zwischen der Ausgangsleistung und dem Leistungsverlust gemäß dieser Ausführungsform zeigt;

**Fig. 3** ist ein Schema, das Änderungen der Ausgangsleistung gemäß dieser Ausführungsform zeigt;

**Fig. 4** ist ein Ablaufschema, das eine Verarbeitung bzw. einen Prozess für die Verschiebung eines Betriebspunkts gemäß dieser Ausführungsform zeigt;

**Fig. 5A** ist ein Schema, das Änderungen der Ausgangsleistung gemäß dieser Ausführungsform zeigt;

**Fig. 5B** ist ein Schema, das Änderungen der Ausgangsleistung gemäß dieser Ausführungsform zeigt;

**Fig. 6** ist ein Schema, das eine Anordnung eines Hauptteils eines Brennstoffzellensystems gemäß einer zweiten Ausführungsform zeigt;

**Fig. 7** ist ein Schema, das eine Anordnung eines Hauptteils eines Brennstoffzellensystems gemäß einer dritten Ausführungsform zeigt;

**Fig. 8** ist ein Schema, das eine Anordnung eines Hauptteils eines Brennstoffzellensystems gemäß einer vierten Ausführungsform zeigt;

**Fig. 9** ist ein Schema, das eine Anordnung eines Hauptteils eines Brennstoffzellensystems gemäß einer fünften Ausführungsform zeigt;

**Fig. 10** ist ein Schema, das Änderungen einer FC-Ausgangsspannung während des Startens des Systems gemäß dieser Ausführungsform zeigt;

**Fig. 11** ist ein Schema, das Änderungen einer FC-Ausgangsspannung während des Startens des Systems gemäß dieser Ausführungsform zeigt; und

**Fig. 12** ist ein Schema, das eine Drehzahl eines Luftkompressors während des Startens des Systems gemäß dieser Ausführungsform zeigt.

#### Beste Weise zur Ausführung der Erfindung

**[0014]** Ausführungsformen gemäß der vorliegenden Erfindung werden nachstehend mit Bezug auf die Zeichnung beschrieben.

#### A. Erste Ausführungsform

**[0015]** **Fig. 1** ist ein Schema, das den Aufbau eines Hauptteils eines Brennstoffzellensystems **100** gemäß einer ersten Ausführungsform zeigt. Das Brennstoffzellensystem **100** ist ein Fahrzeugsystem, in dem eine Brennstoffzelle **40** als Leistungsquelle installiert ist, und ist dadurch gekennzeichnet, dass ein Verstärkungswandler **50** zwischen ein Ausgangsende der Brennstoffzelle **40** und einen Verbraucher geschaltet ist. Es sei darauf hingewiesen, dass in der vorliegenden Ausführungsform von einem Brennstoffzellensystem ausgegangen wird, das in einem Brennstoffzellen/Hybrid-Fahrzeug (FCHV) installiert wird, aber dass das System nicht nur auf Fahrzeuge, wie ein Elektroauto und ein Hybridauto, angewendet werden kann, sondern auch auf andere Arten von mobilen Körpern (z.B. ein Schiff, ein Flugzeug, einen Roboter oder dergleichen) und auf eine stationäre Leistungsquelle.

**[0016]** Eine Oxidierungsgas-Zufuhrquelle **20** besteht beispielsweise aus einem Luftkompressor, einem Elektromotor, der den Luftkompressor antreibt, einem Wechselrichter und dergleichen, und eine Drehzahl des Elektromotors und dergleichen wird angepasst, um eine Menge an Oxidierungsgas, die der Brennstoffzelle **40** zugeführt werden soll, anzupassen.

**[0017]** Eine Brenngas-Zufuhrquelle **30** besteht beispielsweise aus einem Wasserstofftank, verschiedenen Ventilen und dergleichen, und Ventilöffnungsgrade, die EIN/AUS-Zeit und dergleichen werden angepasst, um eine Menge an Brenngas, die der Brennstoffzelle **40** zugeführt werden soll, anzupassen.

**[0018]** Die Brennstoffzelle **40** ist ein Mittel zur Erzeugung von Leistung aus einem reaktiven Gas (dem Brenngas und dem Oxidierungsgas), die ihm zugeführt werden sollen, und es kann eine Brennstoff-

zelle beliebiger Art, wie vom Feststoffpolymer-Typ, vom Phosphat-Typ oder vom Carbonatschmelz-Typ, verwendet werden. Die Brennstoffzelle **40** weist eine Stapelstruktur auf, bei der eine Vielzahl von Einheitszellen, die eine MEA und dergleichen aufweisen, hintereinander laminiert sind. Eine Anschlussspannung dieser Brennstoffzelle **40** (im Folgenden als FC-Spannung bezeichnet) und ein Ausgangsstrom dieser Brennstoffzelle **40** (im Folgenden als FC-Strom bezeichnet) werden von einem Spannungssensor **110** bzw. einem Stromsensor **120** erfasst. Ein Brenngas, wie ein Wasserstoffgas, wird von der Brenngaszufuhrquelle **30** zu einem Brenngaspol (einer Anode) der Brennstoffzelle **40** geliefert, während ein Oxidierungsgas, wie Luft, von einer Oxidierungsgas-Zufuhrquelle **20** zu einem Sauerstoffpol (einer Kathode) geliefert wird. Die FC-Spannung dieser Brennstoffzelle **40** wird dem Verstärkungswandler **50** über Verbindungsrelais **R1**, **R2** zugeführt. Die Verbindungsrelais **R1**, **R2** werden auf der Basis eines Schaltsignals, das von einem Controller **40** ausgegeben werden soll, EIN/AUS-gesteuert.

**[0019]** Der Verstärkungswandler (eine erste Spannungswandlungseinrichtung) **50** erhöht die FC-Spannung, die von der Brennstoffzelle **40** geliefert wird, unter der Steuerung des Controllers **10** auf eine vom System benötigte Spannung (eine Antriebsspannung des Verbrauchers), um die Spannung Wechselrichtern **60**, **80** zuzuführen. Es sei darauf hingewiesen, dass in der folgenden Beschreibung die Spannung, die in den Verstärkungswandler **50** eingegeben wird, vor ihrer Erhöhung als Eingangsspannung  $V_{in}$  bezeichnet wird, und dass die erhöhte Spannung, die vom Verstärkungswandler **50** ausgegeben wird, als Ausgangsspannung  $V_{out}$  bezeichnet wird.

**[0020]** Dieser Verstärkungswandler **50** schließt einen Reaktor **L1**, eine Diode **D1** für eine Gleichrichtung und ein Schaltelement **SW1** ein, das einen IGBT und dergleichen einschließt. Ein Ende des Reaktors **L1** ist mit dem Verbindungsrelais **R1** verbunden, und sein anderes Ende ist mit einem Kollektor des Schaltelements **SW1** verbunden. Das Schaltelement **SW1** ist zwischen Übertragungsleitungen und Massenleitungen der Wechselrichter **60**, **80** geschaltet. Genauer ist der Kollektor des Schaltelements **SW1** mit den Übertragungsleitungen verbunden, und sein Emitter ist mit den Massenleitungen verbunden. Wenn in einem solchen Aufbau der Schalter **SW1** zuerst auf EIN gestellt wird, fließt der Strom zur Brennstoffzelle **40** → zum Reaktor **L1** → zum Schalter **SW1**. Gleichzeitig wird der Reaktor **L1** mit Gleichstrom angeregt, um magnetische Energie zu akkumulieren.

**[0021]** Wenn der Schalter **SW1** anschließend auf AUS gestellt wird, wird eine aufgrund der magnetischen Energie induzierte Spannung, die im Reaktor **L1** akkumuliert wurde, über die FC-Spannung (die Eingangsspannung  $V_{in}$ ) der Brennstoffzelle **40** ge-

legt, um eine Betriebsspannung (die Ausgangsspannung  $V_{out}$ ), die höher ist als die Eingangsspannung  $V_{in}$  vom Reaktor **L1**, auszugeben, und der Ausgangsstrom wird über die Diode **D1** ausgegeben. Der Controller **10** ändert einen EIN/AUS-Arbeitszyklus (später beschrieben) dieses Schalters **SW1** auf geeignete Weise, um eine gewünschte Ausgangsspannung  $V_{out}$  zu erhalten.

**[0022]** Jeder der Wechselrichter **60**, **80** ist beispielsweise ein PWM-Wechselrichter eines Pulsweiten-Modulationssystems und wandelt eine Gleichstromleistung, die vom Verstärkungswandler **50** geliefert wird, auf der Basis eines Steuerbefehls, der vom Controller **80** ausgegeben wird, in eine Dreiphasen-Wechselstromleistung um, um diese Leistung den Elektromotoren **70**, **90** zuzuführen.

**[0023]** Genauer wandelt der Wechselrichter **60** die Direktstromleistung, die vom Verstärkungswandler **50** über einen Kondensator **C1** geliefert wird, in die Dreiphasen-Wechselstromleistung um, um diese dem Triebmotor **70** zuzuführen. Der Triebmotor **70** ist ein Elektromotor (d.h. eine Leistungsquelle eines mobilen Körpers), mit dem Antriebsräder **75L**, **75R** angetrieben werden, und die Drehzahl eines solchen Motors wird vom Wechselrichter **60** gesteuert. Es sei darauf hingewiesen, dass der Kondensator **C1** die Direktstromleistung, die vom Verstärkungswandler **50** geliefert wird, glättet, um die Spannung zum Wechselrichter **60** zu liefern.

**[0024]** Auf der anderen Seite wandelt der Wechselrichter **80** die vom Verstärkungswandler **50** gelieferte Gleichstromleistung in die Dreiphasen-Wechselstromleistung um, um diese Leistung zu Zusatzeinrichtungen bzw. Hilfsmaschinen **90** zu liefern. Die Zusatzeinrichtungen bzw. Hilfsmaschinen **90** bestehen aus einer Fahrzeug-Zusatzeinrichtung bzw. -Hilfsmaschine, einer FC-Zusatzeinrichtung bzw. -Hilfsmaschine und dergleichen. Es sei darauf hingewiesen, dass es sich bei der Fahrzeug-Zusatzeinrichtung bzw. -Hilfsmaschine um jede Art von Leistungseinrichtung zur Verwendung beim Betreiben des Fahrzeugs und dergleichen handeln kann (ein Licht, eine Klimaanlage, eine hydraulische Pumpe usw.), und dass es sich bei der FC-Zusatzeinrichtung bzw. -Hilfsmaschine um jede Art von Leistungseinrichtung handelt, die beim Betrieb der Brennstoffzelle **40** verwendet wird (Pumpen für die Zufuhr von Brenngas und von Oxidierungsgas usw.).

**[0025]** Der Controller (das Betriebssteuermittel, das Spannungswandlungs-Steuermittel) **10** besteht aus einer CPU, einem ROM, einem RAM und dergleichen, und Systemabschnitte werden auf der Basis von Sensorsignalen, die vom Spannungssensor **110** und vom Stromsensor **120**, von einem Temperatursensor, der eine Temperatur der Brennstoffzelle **40** erfasst, einem Gaspedalsensor, der einen Öffnungs-

grad eines Gaspedals erfasst, und dergleichen eingegeben werden, zentral gesteuert.

**[0026]** Darüber hinaus erfasst der Controller **10** anhand des folgenden Verfahrens, ob ein Elektrodenkatalysator der Brennstoffzelle **40** vergiftet ist oder nicht, und führt eine Verarbeitung durch, um einen Betriebspunkt der Brennstoffzelle **40** zu wechseln, um Eigenschaften bzw. Kennwerte des vergifteten Elektrodenkatalysators wiederherzustellen (später beschrieben).

**[0027]** Ein Speicher **160** ist beispielsweise ein wiederbeschreibbarer nicht-flüchtiger Speicher, in dem Zellen-Ausgangskenndaten, die Zellenkennwerte in einem Anfangsstadium der Brennstoffzelle **40** und dergleichen (z.B. während der Auslieferung eines Zellenprodukts) angeben, gespeichert sind. Die Zellen-Ausgangskenndaten liegen als zweidimensionales Kennfeld vor, das eine Beziehung zwischen einer Stromdichte und einer Spannung der Brennstoffzelle **40** im Anfangsstadium zeigt, und die Spannung nimmt ab, wenn der Strom zunimmt.

**[0028]** Bekanntlich sinken die Zellenkennwerte, wenn der Elektrodenkatalysator der Brennstoffzelle **40** vergiftet wird. Bei gleicher Spannung nimmt die Stromdichte nach einer Verdichtung im Vergleich zu derjenigen vor der Vergiftung (der Stromdichte, die von den Zellen-Ausgangskenndaten angezeigt wird) ab. In der vorliegenden Ausführungsform werden die FC-Spannung und der FC-Strom, die vom Spannungssensor **110** und vom Stromsensor **120** erfasst werden, mittels der oben genannten Kennwerte mit den Zellen-Ausgangskenndaten verglichen, um zu erfassen, ob der Elektrodenkatalysator vergiftet ist oder nicht. Genauer vergleicht der Controller (das Erfassungsmittel) **120**, wenn der Spannungssensor **110** und der Stromsensor **120** die FC-Spannung und den FC-Strom erfassen, das Erfassungsergebnis mit der Stromdichte bei der gleichen Spannung wie in den Zellen-Ausgangskenndaten. Als Ergebnis des Vergleichs wird, wenn die folgenden Formeln (1), (2) aufgehen, entschieden, dass der Elektrodenkatalysator vergiftet ist. Wenn die folgenden Formeln (1), (2) dagegen nicht aufgehen, wird entschieden, dass der Elektrodenkatalysator nicht vergiftet ist.

$$V_{fc} = V_s \quad (1)$$

und

$$I_{fc} < I_s + \alpha \quad (2),$$

wobei

$V_{fc}$  : eine FC-Spannung,

$V_s$  : eine Spannung in den Zellen-Ausgangskenndaten,

$I_{fc}$  : ein FC-Strom,

$I_s$  : eine Stromdichte in den Zellen-Ausgangskenndaten, und

$\alpha$  : ein vorgegebener Wert.

**[0029]** Es sei darauf hingewiesen, dass in der obigen Beschreibung anhand der Zellen-Ausgangskenndaten erfasst wird, ob der Elektrodenkatalysator vergiftet ist oder nicht, aber selbstverständlich kann auch anhand eines anderen Verfahrens erfasst werden, ob der Elektrodenkatalysator vergiftet ist oder nicht. Wenn der Elektrodenkatalysator beispielsweise mit Kohlenmonoxid vergiftet wird, wird ein bekannter CO-Konzentrationsensor vorgesehen und eine Beziehung zwischen einer CO-Konzentration und einem Spannungsmesswert kann vorab untersucht und in ein Kennfeld eingetragen werden, um auf der Basis der erfassten CO-Konzentration und dergleichen zu erfassen, ob der Elektrodenkatalysator vergiftet ist oder nicht. Der Betriebspunkt der Brennstoffzelle **40** wird im Folgenden mit Bezug auf die Zeichnung beschrieben.

**[0030]** Fig. 2A und Fig. 2B sind Schemata, die eine Beziehung zwischen einer Ausgangsleistung und einem Leistungsverlust zu einer Zeit, wenn die Brennstoffzelle bei unterschiedlichen Betriebspunkten betrieben wird, zeigt. Die Abszisse zeigt den FC-Strom an und die Ordinate zeigt die FC-Spannung an. Überdies ist eine Leerlaufspannung bzw. eine Spannung bei offenem Stromkreis (open circuit voltage, OCV), die in Fig. 2A und Fig. 2B dargestellt ist, eine Spannung in einem Zustand, wo keinerlei Strom durch die Brennstoffzelle fließt.

**[0031]** Die Brennstoffzelle **40**, die in der Lage ist, die in Fig. 2A und Fig. 2B dargestellten Strom- und Spannungskennwerte (im Folgenden als IV-Kennwerte bezeichnet) zu erreichen, wird üblicherweise an einem Betriebspunkt ( $I_{fc1}$ ,  $V_{fc1}$ ) betrieben, an dem der Leistungsverlust in Bezug auf die Ausgangsleistung klein ist (Siehe Fig. 2A). Wenn jedoch der Elektrodenkatalysator der Brennstoffzelle **40** vergiftet ist, muss eine innere Temperatur der Brennstoffzelle **40** erhöht werden, um eine Aktivität des Elektrodenkatalysators wiederherzustellen. Daher wechselt in der vorliegenden Ausführungsform der Betrieb der Brennstoffzelle zu einem Betriebspunkt ( $I_{fc2}$ ,  $V_{fc2}$ ) mit einem hohen Leistungsverlust, der gleichzeitig eine notwendige Ausgangsleistung sicherstellt, wodurch die Aktivität des vergifteten Elektrodenkatalysators wiederhergestellt wird (siehe Fig. 2B). Hierbei sind Ausgangsleistungen  $P_{fc}$  an den in Fig. 2A und Fig. 2B dargestellten Betriebspunkten, ein Leistungsverlust  $P_{loss}$ , eine Beziehung zwischen den Ausgangsspannungen  $P_{fc}$  und eine Beziehung zwischen den Leistungsverlusten  $P_{loss}$  wie folgt.

<Betriebspunkt (Ifc, Vfc1)>

$$Ifc1 * Vfc1 = Pfc1 \quad (3)$$

$$Ifc1 * OCV - Pfc1 = Ploss1 \quad (4)$$

<Betriebspunkt (Ifc2, Vfc2)>

$$Ifc2 * Vfc2 = Pfc2 \quad (5)$$

$$Ifc2 * OCV - Pfc2 = Ploss2 \quad (6)$$

<Beziehungen zwischen den Ausgangsleistungen  
und zwischen den Leistungsverlusten>

$$Pfc1 = Pfc2 \quad (7)$$

$$Ploss1 < Ploss2 \quad (8)$$

**[0032]** Fig. 3 ist ein Schema, das Änderungen der Ausgangsleistung zu einer Zeit, wenn die Brennstoffzelle betrieben wird, während der Betriebspunkt verschoben wird, zeigt. Die Abszisse zeigt den FC-Strom und die Ordinate zeigt die FC-Spannung und die Ausgangsleistung an. Es sei darauf hingewiesen, dass in Fig. 3 der Einfachheit halber der IV-Kennwert der Brennstoffzelle mit einer geraden Linie (im Folgenden als IV-Linie bezeichnet) dargestellt ist. Betriebspunkte (Ifc1, Vfc1), (Ifc2, Vfc2) auf der IV-Linie entsprechen den Betriebspunkten (Ifc1, Vfc1), (Ifc2, Vfc2), die in Fig. 2 dargestellt sind.

**[0033]** Was die Ausgangsleistung Pfc der Brennstoffzelle 40 betrifft, so steigt mit sinkender FC-Spannung die Ausgangsleistung Pfc an einem Betriebspunkt auf der IV-Linie, der links von einem Höchstleistungs-Betriebspunkt (Ifcmax, Vfcmax) gezeigt ist und an dem eine maximale Ausgangsleistung Pfcmax erhalten wird, wie in Fig. 3 dargestellt. Dagegen sinkt mit zunehmender FC-Spannung Vfc die Ausgangsleistung Pfc an einem Betriebspunkt der IV-Linie, der rechts vom Höchstleistungs-Betriebspunkt dargestellt ist.

**[0034]** Wie oben beschrieben, nimmt der Leistungsverlust Ploss zu, wenn die FC-Spannung Vfc sinkt. Auch wenn die Brennstoffzelle 40 so betrieben wird, dass sie die gleiche Leistung ausgibt, ist daher in einem Fall, wo die Brennstoffzelle am Betriebspunkt auf der IV-Linie, der rechts vom Höchstleistungs-Betriebspunkt dargestellt ist, betrieben wird (z.B. am Betriebspunkt (Ifc1, Vfc1)), der Leistungsverlust Ploss im Vergleich zu einem Fall, wo die Brennstoffzelle am Betriebspunkt auf der IV-Linie, der links vom Höchstleistungs-Betriebspunkt dargestellt ist, betrieben wird (z.B. am Betriebspunkt (Ifc2, Vfc2)), groß. Daher wird in der folgenden Beschreibung der Betriebspunkt auf

der IV-Linie, an dem die Ausgangsleistung Pfc mit abnehmender FC-Spannung Vfc steigt, als Normalbetriebspunkt definiert, und der Betriebspunkt auf der IV-Linie, an dem die Ausgangsleistung Pfc mit abnehmender FC-Spannung Vfc sinkt, wird als Betriebspunkt mit niedrigem Wirkungsgrad definiert. Es sei darauf hingewiesen, dass der Normalbetriebspunkt und der Betriebspunkt mit niedrigem Wirkungsgrad wie folgt sind.

<Normalbetriebspunkt (Ifc, Vfc)>

$$Ifc \leq Ifcmax \quad (9)$$

$$Vfcmax \leq Vfc \quad (10)$$

<Betriebspunkt mit niedrigem  
Wirkungsgrad (Ifc, Vfc)>

$$Ifcmax < Ifc \quad (11)$$

$$Vfc < Vfcmax \quad (12)$$

**[0035]** Nun wird der Betriebspunkt-Verschiebungsprozess, der vom Controller 80 ausgeführt werden soll, mit Bezug auf Fig. 4 und Fig. 5 beschrieben.

**[0036]** Fig. 4 ist ein Ablaufschema, das den Verschiebungsprozess des Betriebspunkts zeigt, und Fig. 5 zeigt Diagramme von Änderungen der Ausgangsleistung zu einer Zeit, wenn der Betriebspunkt verschoben wird. Es sei darauf hingewiesen, dass in der folgenden Beschreibung von einem Fall ausgegangen wird, wo der Betriebspunkt der Brennstoffzelle 40 vom Normalbetriebspunkt (Ifc1, Vfc1) zum Betriebspunkt mit niedrigem Wirkungsgrad (Ifc2, Vfc2) verschoben wird, um die Aktivität des vergifteten Elektrodenkatalysators wiederherzustellen (siehe Fig. 5A und Fig. 5B). In der folgenden Beschreibung werden Vorrichtungen, die die Leistung verbrauchen, die vom Verstärkungswandler 50 ausgegeben wird, beispielsweise die Wechselrichter 60, 80, der Triebmotor 70, die Hilfsmaschinen 90 und dergleichen, die mit dem Verstärkungswandler 50 verbunden sind, mit dem Überbegriff Verbraucher bezeichnet.

**[0037]** Der Controller 10 entscheidet zuerst, ob ein Betrieb für die Wiederherstellung der Katalysatoraktivität erforderlich ist oder nicht (Schritt S1). Genauer werden die FC-Spannung und der FC-Strom, die vom Spannungssensor 110 bzw. vom Stromsensor 120 erfasst werden, mit den Zellen-Ausgangskennwerten verglichen, um zu erfassen, ob der Elektrodenkatalysator vergiftet ist oder nicht. Wenn der Elektrodenkatalysator nicht vergiftet ist, wird entschieden, dass der Betrieb zur Wiederherstellung der Katalysatoraktivität nicht erforderlich ist. Wenn dagegen der Elektrodenkatalysator vergiftet ist, wird entschieden, dass

der Betrieb zur Wiederherstellung der Katalysatoraktivität erforderlich ist.

**[0038]** Wenn der Elektrodenkatalysator nicht vergiftet ist, fährt der Controller (das Betriebssteuermittel) **10** auf der Basis der Antriebsleistung des Verbrauchers (einer erforderlichen Systemleistung) mit dem Betrieb am Normalbetriebspunkt fort. Genauer erfasst der Controller (das Spannungswandlungs-Steuermittel) **10** den Leistungsbedarf des Systems und bestimmt dann den Normalbetriebspunkt ( $I_{fc1}$ ,  $V_{fc1}$ ), welcher dem Leistungsbedarf des Systems entspricht, unter Bezugnahme auf ein Leistung/Betriebspunkt-Kennfeld (nicht dargestellt) oder dergleichen, das im Speicher **160** hinterlegt ist, um den Betrieb am bestimmten Normalbetriebspunkt durchzuführen. Hierbei ist während des Betriebs am Normalbetriebspunkt der Betrieb des Verstärkungswandlers **50** angehalten (Schaltelement SW1: „AUS“), so dass die Eingangsspannung  $V_{in}$  und die Ausgangsspannung  $V_{out}$  des Verstärkungswandlers **50** gleich werden. Beispielsweise setzt der Controller **10**, wenn ein Systemspannungsbedarf  $V_{req}$  350 V ist,  $V_{fc1}$  des Normalbetriebspunkts, der dem Systemleistungsbedarf entspricht, auf 350 V. Während eines Betriebs am Normalbetriebspunkt ist der Betrieb des Verstärkungswandlers **50** angehalten, so dass sich  $V_{fc1} = V_{in} = V_{out} = 350$  V ergibt.

**[0039]** Wenn dagegen der Elektrodenkatalysator vergiftet ist, bestätigt der Controller **10** den Betriebspunkt (hier den Normalbetriebspunkt ( $I_{fc1}$ ,  $V_{fc1}$ )) zum aktuellen Zeitpunkt (Schritt **S2**), und leitet dann einen angemessenen Betriebspunkt (einen Sollbetriebspunkt) der Brennstoffzelle **40** ab, um die Aktivität des vergifteten Elektrodenkatalysators wiederherzustellen (Schritt **S3**). Es wird ein Beispiel beschrieben. Wenn die Brennstoffzelle beispielsweise am Normalbetriebspunkt ( $I_{fc1}$ ,  $V_{fc1}$ ) betrieben wird, um die Ausgangsleistung  $P_{fc1}$  zu erhalten, wird der Betriebspunkt mit niedrigem Wirkungsgrad ( $I_{fc2}$ ,  $V_{fc2}$ ), der in der Lage ist, die Ausgangsleistung  $P_{fc2}$  (=  $P_{fc1}$ ) zu erreichen, die der genannten Ausgangsleistung gleich ist, als Sollbetriebspunkt abgeleitet.

**[0040]** Es sei darauf hingewiesen, dass in dem vergifteten Elektrodenkatalysator eine Zellenspannung der Brennstoffzelle **40** auf 0,6 V oder weniger gesteuert wird, wodurch es zu einer Katalysatorreduzierungsreaktion kommt, um die Katalysatoraktivität wiederherzustellen. Daher kann der Betriebspunkt, der solche Bedingungen erfüllt, als Sollbetriebspunkt abgeleitet werden (Einzelheiten werden nachstehend beschrieben).

**[0041]** Dann beginnt der Controller (das Betriebssteuermittel) **10** mit der Verschiebung des Betriebspunkts in Richtung auf den Sollbetriebspunkt (Schritt **S4**). Hierbei schwankt in einem Fall, wo nur die FC-Spannung gesteuert wird, um den Betriebspunkt vom

Normalbetriebspunkt ( $I_{fc1}$ ,  $V_{fc1}$ ) zum Betriebspunkt mit niedrigem Wirkungsgrad ( $I_{fc2}$ ,  $V_{fc2}$ ) zu verschieben, wie in **Fig. 5A** dargestellt, die Ausgangsleistung von der Brennstoffzelle **40** stark als Antwort auf die Verschiebung des Betriebspunkts einer IV-Linie **11** (siehe eine Leistungslinie pl1).

**[0042]** Genauer entsteht in einem Fall, wo in einem Verschiebungsprozess nur die FC-Spannung anhand des Verstärkungswandlers **50** gesteuert wird, um den Betriebspunkt zu verschieben, die Notwendigkeit, einen Hochleistungsbetrieb (einen Betrieb am Höchstleistungs-Betriebspunkt oder dergleichen) durchzuführen, was in einer üblichen Anwendungsumgebung möglicherweise nicht durchgeführt werden kann.

**[0043]** Um das Problem zu lösen, wird in der vorliegenden Ausführungsform, wie in **Fig. 5B** dargestellt, der FC-Strom zusammen mit der FC-Spannung gesteuert, um die Verschiebung des Betriebspunktes vom Normalbetriebspunkt ( $I_{fc1}$ ,  $V_{fc1}$ ) zum Betriebspunkt mit niedrigem Wirkungsgrad ( $I_{fc2}$ ,  $V_{fc2}$ ) zu bewirken, so dass die Ausgangsleistung konstant gehalten wird (siehe eine Leistungslinie pl2). Genauer wird die FC-Spannung anhand des Verstärkungswandlers (der ersten Spannungswandlungseinrichtung, einer Spannungswandlungseinrichtung) **50** von  $V_{fc1}$  auf  $V_{fc2}$  gesenkt, und der Controller (das Anpassungsmittel, das Änderungsmittel) **10** passt eine Oxidierungsgasmenge, die von der Oxidierungsgas-Zufuhrquelle **20** geliefert wird, an (hier: reduziert die Menge des Oxidierungsgases), um den FC-Strom zu steuern.

**[0044]** Die Steuerung der FC-Spannung wird ausführlicher beschrieben. Wenn beispielsweise der Systemspannungsbedarf  $V_{req}$  350 V ist, setzt der Controller **10**  $V_{fc2}$  des Betriebspunkt mit niedrigem Wirkungsgrad auf 30 V. Dann steuert der Controller (das Spannungswandlungs-Steuermittel) **10** einen Betrieb (den Arbeitszyklus) des Verstärkungswandlers so, dass  $V_{fc2} = V_{in} = 30$  V erfüllt ist, wobei gleichzeitig  $V_{req} = V_{out} = 350$  V erfüllt ist. Es sei darauf hingewiesen, dass der Arbeitszyklus des Verstärkungswandlers **50** wie folgt dargestellt werden kann.

$$\text{Arbeitszyklus} = (V_{out} - V_{in}) / V_{out}$$

(13).

**[0045]** Wenn der Betriebspunkt wie oben beschrieben verschoben wird, entscheidet der Controller unter Bezugnahme auf einen Zeitnehmer (nicht dargestellt) oder dergleichen, ob eine eingestellte Sollzeit vergangen ist, seit der Betriebspunkt verschoben wurde, oder nicht (Schritt **S5**). Hierbei ist die eingestellte Sollzeit die Zeit (z.B. **10** Sekunden), die angemessen ist, um die Aktivität des Elektrodenkatalysators wiederherzustellen, und die vergeht, seit der Betrieb am Betriebspunkt mit niedrigem Wirkungsgrad

gestartet wurde, und sie kann im Voraus anhand von Versuchen oder dergleichen ermittelt werden. Wenn entschieden wird, dass die eingestellte Sollzeit noch nicht abgelaufen ist (Schritt **S5**: NEIN), führt der Controller **10** den Schritt **S5** wiederholt aus. Wenn dagegen entschieden wird, dass die eingestellte Sollzeit abgelaufen ist (Schritt **S5**: JA), bringt der Controller **10** den verschobenen Betriebspunkt zum Betriebspunkt vor der Verschiebung zurück (Schritt **S6**), wodurch der Prozess endet.

**[0046]** Wie oben beschrieben, können gemäß dem Brennstoffzellensystem der vorliegenden Ausführungsform auch dann, wenn der vergiftete Elektrodenkatalysator regeneriert wird, die Hilfsmaschinen, die mit hoher Spannung angetrieben werden, stabil betrieben werden.

**[0047]** Es sei darauf hingewiesen, dass, wie oben beschrieben, im Hinblick auf den vergifteten Elektrodenkatalysator die Zellenspannung der Brennstoffzelle **40** auf 0,6 V oder weniger gesteuert wird, um die Katalysatoraktivität wiederherzustellen, so dass der Betriebspunkt wie folgt abgeleitet werden kann.

**[0048]** Beispielsweise ist in einem Fall, wo die Brennstoffzelle **40** eine Stapelstruktur aufweist, in der 300 Zellen übereinander geschichtet sind, und ein Systemleistungsbedarf 1 kW ist, wenn die Zellenspannung auf 0,5 V (< 0,6 V) gesetzt ist der Sollbetriebspunkt wie folgt.

<Sollbetriebspunkt (Ifc, Vfc)>

$$V_{fc} = 300 * 0,5 = 150 \text{ V} \quad (14)$$

$$I_{fc} = 1000/150 = 6,7 \text{ A} \quad (15)$$

**[0049]** Hierbei wird auch in einem Fall, wo der ermittelte Sollbetriebspunkt vor der Verschiebung nicht auf der IV-Linie liegt, der FC-Strom zusammen mit der FC-Spannung gesteuert, um den IV-Kennwert so zu ändern, dass der ermittelte Sollbetriebspunkt auf der IV-Linie positioniert werden kann.

<Modifikation>

(1) In der obigen Ausführungsform wird die Menge an Oxidierungsgas, die von der Oxidierungsgas-Zufuhrquelle **20** geliefert werden soll, angepasst, um den FC-Strom zu steuern. Jedoch kann auch eine Menge an Brenngas, die von einer Brenngas-Zufuhrquelle **30** zugeführt werden soll, angepasst werden, um den FC-Strom zu steuern.

(2) In der obigen Ausführungsform wird in einem Fall, wo erfasst wird, dass der Elektrodenkatalysator vergiftet ist, der Betrieb der Brennstoff-

zelle **40** vom Normalbetriebspunkt zum Betriebspunkt mit niedrigem Wirkungsgrad verschoben, aber der Betriebspunkt kann auch auf die folgende Weise zeitlich gesteuert werden.

Beispielsweise kann eine Brennstoffzelle während der Betätigung eines Systems einmal bei einem Betriebspunkt mit niedrigem Wirkungsgrad betrieben werden, und dann kann der Betriebspunkt auf einen Normalbetriebspunkt verschoben werden, um einen Systembetrieb in einem Zustand durchzuführen, in dem eine Katalysatoraktivität konstant erhöht wird. Wenn ein Systemleistungsbedarf bei oder unter einem vorgegebenen Wert liegt (z.B. in der Nähe einer Leerlaufleistung der dergleichen), kann der Betriebspunkt vom Normalbetriebspunkt zum Betriebspunkt mit niedrigem Wirkungsgrad verschoben werden. Nach dem Anhalten des Systems kann der Betrieb weiter am Betriebspunkt mit niedrigem Wirkungsgrad durchgeführt werden, um die verschlechterte Katalysatoraktivität während des Betriebs in Vorbereitung auf die nächste Betätigung wiederherzustellen.

(3) In der obigen Ausführungsform wird davon ausgegangen, dass der Betriebspunkt der Brennstoffzelle **40** vom Normalbetriebspunkt zum Betriebspunkt mit niedrigem Wirkungsgrad verschoben wird, um die Aktivität des vergifteten Elektrodenkatalysators wiederherzustellen, aber die vorliegende Erfindung ist auf jeden Fall anwendbar, der einen Aufwärmbetrieb erfordert, beispielsweise einen Fall, wo der Aufwärmbetrieb während einer Betätigung bei einer niedrigen Temperatur durchgeführt wird, einen Fall, wo der Aufwärmbetrieb schnell durchgeführt wird, bevor der Systembetrieb eingestellt wird, und dergleichen.

**[0050]** Es wird ein Beispiel beschrieben. Bei Empfang eines Betätigungsbefehls für das System von einem Betätigungsschalter oder dergleichen erfasst ein Controller **10** eine innere Temperatur einer Brennstoffzelle **40** anhand eines Temperatursensors (nicht dargestellt). Der Controller (das Betriebssteuermittel) **10** entscheidet in einem Fall, wo die innere Temperatur der Brennstoffzelle **40** unter einer voreingestellten Schwellentemperatur liegt, dass der Aufwärmbetrieb notwendig ist, und der Betriebspunkt-Verschiebungsprozess, der in **Fig. 4** dargestellt ist, wird ausgeführt. Der anschließende Betrieb ähnelt dem der vorliegenden Ausführungsform, und somit wird auf seine Beschreibung verzichtet. Es sei darauf hingewiesen, dass statt des Temperatursensors ein Temperatursensor, der eine Außenlufttemperatur erfasst, ein Temperatursensor, der eine Temperatur eines Kühlmittels, das durch einen (nicht dargestellten) Kühlmechanismus strömt, oder dergleichen verwendet werden kann.

## B. Zweite Ausführungsform

**[0051]** Fig. 6 ist ein Schema, das eine Anordnung eines Hauptteils eines Brennstoffzellensystems **100a** gemäß einer zweiten Ausführungsform zeigt. Es sei darauf hingewiesen, dass Komponenten, die denen des in Fig. 1 dargestellten Brennstoffzellensystems **100** entsprechen, mit den gleichen Bezugszahlen bezeichnet werden und dass auf ihre ausführliche Beschreibung verzichtet wird.

**[0052]** Wie in Fig. 6 dargestellt, ist das Brennstoffzellensystem **100a** mit einer Diode (einem Umgehungsmittel) **D2** ausgestattet, um einen stetigen Verlust aufgrund eines Gleichstromwiderstands eines Reaktors **L1** zu eliminieren. In der Diode **D2** ist eine Anode mit einer vorangehenden Stufe des Reaktors **L1** (einer Eingangsseite eines Verstärkungswandlers) verbunden, während eine Kathode mit einer nachfolgenden Stufe einer Diode **D1** (einer Ausgangsseite des Verstärkungswandlers) verbunden ist.

**[0053]** Die Diode **D2** ist somit aus dem folgenden Grund vorgesehen: Wenn ein Betrieb eines Verstärkungswandlers **50** während eines Betriebs am Normalbetriebspunkt angehalten wird (Schaltelement **SW1**: „AUS“), fließt ein FC-Strom durch den Reaktor **L1** → die Diode **D1**, und der stetige Verlust aufgrund des Gleichstromwiderstands des Reaktors **L1** stellt ein Problem dar (siehe Fig. 1). Um das Problem des stetigen Verlusts aufgrund dieses Gleichstromwiderstands des Reaktors **L1** zu lösen, wird die Diode **D2** vorgesehen (siehe Fig. 6). Infolgedessen umgeht der FC-Strom während des Betriebs am Normalbetriebspunkt den Verstärkungswandler **50**, um durch die Diode **D2** → einen Verbraucher zu fließen. Während eines Betriebs am Betriebspunkt mit niedrigem Wirkungsgrad fließt der FC-Strom dagegen durch den Reaktor **L1** → die Diode **D1** → den Verbraucher, und der stetige Verlust aufgrund des Gleichstromwiderstands des Reaktors **L1** kann eliminiert werden.

**[0054]** In den oben beschriebenen ersten und zweiten Ausführungsformen wurde ein Leistungsquellensystem beschrieben, das nur die Brennstoffzelle **40** einschließt. In den nachstehend beschriebenen dritten und vierten Ausführungsformen wird jedoch ein Hybrid-Leistungsquellensystem beschrieben, das die Brennstoffzelle **40** und eine Batterie **80** einschließt.

## C. Dritte Ausführungsform

**[0055]** Fig. 7 ist ein Schema, das den Aufbau eines Hauptteils eines Brennstoffzellensystems **100b** gemäß einer dritten Ausführungsform zeigt. Es sei darauf hingewiesen, dass Komponenten, die denen des in Fig. 6 dargestellten Brennstoffzellensystems **100a** gleichen, mit den gleichen Bezugszahlen bezeichnet sind und dass auf ihre ausführliche Beschreibung verzichtet wird.

**[0056]** Wie in Fig. 7 dargestellt, sind im Brennstoffzellensystem **100a** ein Leistungsquellensystem, das eine Brennstoffzelle **40** und einen Verstärkungswandler **50** einschließt, und ein Leistungsquellensystem, das eine Batterie **130** und einen Verstärkungswandler **140** einschließt, installiert.

**[0057]** Die Batterie (eine Leistungsakkumulierungseinrichtung) **130** ist eine aufladbare / entladbare Sekundärzelle und besteht beispielsweise aus einer Nickelwasserstoffbatterie oder dergleichen. Selbstverständlich kann anstelle der Batterie **130** ein aufladbarer / entladbarer Akku (z.B. ein Kondensator) außer einer Sekundärbatterie vorgesehen sein. Die Batterie **130** ist über den Verstärkungswandler **140** mit einem Verbraucher verbunden. Es wird jedoch angenommen, dass die Entladungsspannung  $V_{ba}$  der Batterie **130** niedriger ist als ein Systemspannungsbedarf  $V_{req}$ . Beispielsweise ist in einem Fall, wo der Systemspannungsbedarf von 300 bis 350 V schwankt, die Batterie **130** auf eine Batterie beschränkt, in der die Entladungsspannung  $V_{ba}$  300 V oder weniger ist (z.B. 200 bis 299 V).

**[0058]** Der Verstärkungswandler (eine zweite Spannungswandlungseinrichtung) **140** erhöht die Entladungsspannung  $V_{ba}$ , die von der Batterie **130** geliefert wird, unter der Steuerung eines Controllers **10** auf die vom System benötigte Spannung (eine Spannung zwischen A und B, wie in Fig. 7 dargestellt), um die Spannung zu Wechselrichtern **60**, **80** zu liefern. Wenn der Systemspannungsbedarf  $V_{req}$  beispielsweise auf 250 V eingestellt ist, steuert der Controller **10** einen Arbeitszyklus des Verstärkungswandlers **140** so, dass die Entladungsspannung  $V_{ba}$  (= 250 V) auf die vom System benötigte Spannung (= 350 V) erhöht wird.

**[0059]** Dieser Verstärkungswandler **50** schließt einen Reaktor **L2** und Schaltelemente **SW2**, **SW3** ein, einschließlich eines IGBT und dergleichen. Ein Ende des Reaktors **L1** ist mit einer Übertragungsleitung der Batterie **130** verbunden, und sein anderes Ende ist zwischen einem Emitter des Schaltelements **SW2** und einem Kollektor des Schaltelements **SW3** geschaltet.

**[0060]** Die Schaltelemente **SW2**, **SW3** sind zwischen der Übertragungsleitung und der Massenleitung auf einer Wechselrichterseite in Reihe geschaltet. Ein Kollektor des Schaltelements **SW2** ist mit der Übertragungsleitung verbunden, und ein Emitter des Schaltelements **SW3** ist mit der Massenleitung verbunden.

**[0061]** Ein Kondensator **C2** glättet eine Gleichstromspannung, die von der Batterie **130** geliefert wird, um die Spannung zum Verstärkungswandler **140** zu liefern, während ein Kondensator **C3** eine Direktstromspannung, die vom Verstärkungswandler **140** geliefert wird, glättet, um die Spannung zu den Wechsel-

richtern **60, 80** zu liefern. Es sei darauf hingewiesen, dass ein Verstärkungsbetrieb des Verstärkungswandlers **140** im Wesentlichen dem der ersten Ausführungsform ähnelt, und somit auf seine Beschreibung verzichtet wird.

**[0062]** Gemäß diesem Aufbau können Hilfsmaschinen, die mit hoher Spannung angetrieben werden, und dergleichen stabil betrieben werden. Außerdem kann der Verbraucher unter Verwendung der Brennstoffzelle und der Batterie effizient betrieben werden.

**[0063]** In der oben beschriebenen dritten Ausführungsform wurde ein Fall beschrieben, wo die Entladungsspannung  $V_{ba}$  der Batterie **130** sich nie mit dem Systemspannungsbedarf überschneidet, genauer ein Fall, wo die Entladungsspannung  $V_{ba}$  der Batterie ständig unter dem Systemspannungsbedarf  $V_{req}$  liegt, aber in der folgenden vierten Ausführungsform wird ein Fall beschrieben, wo die Entladungsspannung  $V_{ba}$  der Batterie **130** den Systemspannungsbedarf überschneidet.

#### D. Vierte Ausführungsform

**[0064]** Fig. 8 ist ein Schema, das einen Aufbau eines Hauptteils eines Brennstoffzellensystems **100c** gemäß einer dritten Ausführungsform zeigt. Es sei darauf hingewiesen, dass Komponenten, die denen des in Fig. 7 dargestellten Brennstoffzellensystems **100b** entsprechen, mit den gleichen Bezugszahlen bezeichnet sind und dass auf ihre ausführliche Beschreibung verzichtet wird.

**[0065]** Wie in Fig. 8 dargestellt, ist das Brennstoffzellensystem **100c** statt dem Verstärkungswandler **140** (siehe Fig. 7) mit einem Wandler (einer zweiten Spannungswandlungseinrichtung) **150** ausgestattet.

**[0066]** Der Wandler **150** erhöht oder senkt eine Entladungsspannung  $V_{ba}$ , die von einer Batterie **130** geliefert wird, unter der Steuerung eines Controllers **10** auf eine vom System benötigte Spannung (eine Spannung zwischen A und B, wie in Fig. 8 dargestellt), um die Spannung zu Wechselrichtern **60, 80** zu liefern. Wenn ein Systemspannungsbedarf  $V_{req}$  beispielsweise auf 350 V gesetzt ist und die Entladungsspannung der Batterie **130** auf 300 V gesetzt ist, steuert der Controller **10** einen Arbeitszyklus des Wandlers **150** so, dass die Entladungsspannung  $V_{ba}$  (= 300V) auf die vom System benötigte Spannung (= 350 V) erhöht wird. Wenn der Systemspannungsbedarf  $V_{req}$  dagegen auf 250 V gesetzt ist und die Entladungsspannung  $V_{ba}$  der Batterie **130** auf 300 V gesetzt ist, steuert der Controller **10** den Arbeitszyklus des Wandlers **150** so, dass die Entladungsspannung  $V_{ba}$  (= 300V) auf die vom System benötigte Spannung (= 250 V) gesenkt wird. Der Arbeitszyklus des Wandlers **150** kann wie folgt dargestellt werden.

$$\text{Arbeitszyklus} = V_{out} / (V_{in} - V_{out}) \quad (16)$$

**[0067]** Dieser Wandler **150** ist ein Vollbrückenwandler, der einen Reaktor **L3** und vier Schaltelemente SW4 bis SW7 einschließlich eines IGBT und dergleichen einschließt. Ein Ende des Reaktors **L3** ist zwischen einen Emitter des Schaltelements SW4 und einen Kollektor des Schaltelements SW5 geschaltet, und sein anderes Ende ist zwischen einen Emitter des Schaltelements SW6 und einen Kollektor des Schaltelements SW7 geschaltet.

**[0068]** Die Schaltelemente SW4, SW5 sind zwischen einer Übertragungsleitung und einer Massenleitung auf einer Batterieseite in Reihe geschaltet. Ein Kollektor des Schaltelements SW4 ist mit der Übertragungsleitung verbunden, und ein Emitter des Schaltelements SW5 ist mit der Massenleitung verbunden. Die Schaltelemente SW6, SW7 sind zwischen einer Übertragungsleitung und einer Massenleitung auf einer Wechselrichterseite in Reihe geschaltet. Ein Kollektor des Schaltelements SW6 ist mit der Übertragungsleitung verbunden, und ein Emitter des Schaltelements SW7 ist mit der Massenleitung verbunden.

**[0069]** Gemäß dieser Anordnung kann auch dann, wenn die Entladungsspannung der Batterie sich mit der vom System benötigten Spannung überschneidet, ein Verbraucher effizient angetrieben werden.

<Modifikation>

**[0070]** In den oben beschriebenen dritten und vierten Ausführungsformen ist die Diode **D2** vorgesehen, um den stetigen Verlust aufgrund des Gleichstromwiderstands des Reaktors **L1** zu eliminieren, aber wenn der stetige Verlust des Reaktors **L1** nicht berücksichtigt werden muss, muss keine Diode **D2** vorgesehen sein.

**[0071]** Darüber hinaus ist in den oben genannten Ausführungsformen der IGBT als Schaltelement dargestellt, aber die vorliegende Erfindung ist auf jedes Element anwendbar, das geschaltet werden kann, beispielsweise einen MOSFET, einen bipolaren Transistor oder dergleichen.

#### F. Fünfte Ausführungsform

**[0072]** Fig. 9 ist ein Schema, das einen Aufbau eines Hauptteils eines Brennstoffzellensystems **100d** gemäß einer vierten Ausführungsform zeigt. Es sei darauf hingewiesen, dass Komponenten, die denen des in Fig. 8 dargestellten Brennstoffzellensystems **100c** entsprechen, mit den gleichen Bezugszahlen bezeichnet sind und dass auf ihre ausführliche Beschreibung verzichtet wird.

**[0073]** Eine Oxidierungsgas-Zufuhrquelle **20** besteht aus einem Luftkompressor **700** und dergleichen. Der Luftkompressor **700** passt die Menge an Oxidierungsgas, die einer Brennstoffzelle **40** zugeführt werden soll, unter der Steuerung eines Controllers **10** an.

**[0074]** Fig. 10 bis Fig. 12 sind Schemata, die Änderungen einer FC-Ausgangsspannung, einer FC-Ausgangsleistung bzw. einer Drehzahl des Luftkompressors während des Startens des Systems zeigen.

**[0075]** Vor dem Starten des Systems steuert der Controller (das Hemmungsmittel) **10** des Brennstoffzellensystems **100d** eine Drehzahl  $R_{fc}$ , mit der der Brennstoffzelle **40** das Oxidierungsgas zugeführt wird, für eine vorgegebene Zeit und unterbricht dann die Zufuhr (siehe c1 in Fig. 12).

**[0076]** Entsprechend dieser Oxidationsgaszufuhr steigt eine FC-Ausgangsspannung  $V_{mfc}$  bis nahe an eine Leerlaufspannung (OCV) (siehe a1 in Fig. 10), aber während des Startens des Systems muss die bis nahe an OCV gestiegene FC-Ausgangsspannung  $V_{mfc}$  auf eine Spannung in einer Betriebsregion mit niedrigem Wirkungsgrad gesenkt werden. Es wird die darauf gerichtete Steuerung beschrieben. Der Controller (das erste Bestimmungsmittel) **10** adiiert zuerst eine vom System benötigte Leistung (Antriebsenergie von Hilfsmaschinen und dergleichen)  $P_{re}$  und eine Batterieentladungsleistung (siehe b1 in Fig. 11), um eine Befehls-FC-Ausgangsleistung  $P_{fc}$  zu bestimmen (siehe Gleichung (17)).

$$P_{fc} = P_{re} + P_{ba} \quad (17)$$

**[0077]** Anschließend teilt der Controller (das zweite Bestimmungsmittel) **10** die ermittelte Befehls-FC-Ausgangsleistung  $P_{fc}$  durch die FC-Ausgangsspannung (einen tatsächlich gemessenen Wert)  $V_{mfc}$ , um einen Befehls-FC-Ausgangsstrom  $I_{fc}$  zu ermitteln (siehe Gleichung (18)).

$$I_{fc} = P_{fc}/V_{mfc} \quad (18)$$

**[0078]** Ferner ermittelt der Controller (das dritte Bestimmungsmittel) **10** eine Abweichung zwischen dem ermittelten Befehls-FC-Ausgangsstrom  $I_{fc}$  und dem FC-Ausgangsstrom (dem tatsächlich gemessenen Wert)  $I_{mfc}$ , um die ermittelte Abweichung in einen Änderungsbetrag der FC-Ausgangsspannung  $V_{mfc}$  zurückzukoppeln (= Unterschied zwischen der zuvor gemessenen Ausgangsspannung und der derzeit gemessenen Ausgangsspannung), wodurch eine Befehls-FC-Ausgangsspannung  $V_{fc}$  berechnet wird.

**[0079]** In einem Fall, wo der Controller **10** bestätigt, dass die FC-Ausgangsspannung auf die Spannung der Betriebsregion mit niedrigem Wirkungsgrad gesunken ist, startet der Controller die Zufuhr des Oxi-

dierungsgases durch den Luftkompressor **700** neu, um den Betrieb am Betriebspunkt mit niedrigem Wirkungsgrad zu beginnen.

**[0080]** Wie oben beschrieben, wird gemäß der vorliegenden Ausführungsform die Zufuhr des Oxidierungsgases angehalten, wenn die FC-Ausgangsspannung von nahe OCV auf die Spannung in der Region mit niedrigem Wirkungsgrad gesenkt wird, um die Abweichung zwischen dem Befehls-FC-Ausgangsstrom  $I_{fc}$  und dem FC-Ausgangsstrom (dem tatsächlich gemessenen Wert)  $I_{mfc}$  zu ermitteln, gefolgt vom Rückkoppeln der ermittelten Abweichung in den Änderungsbetrag der FC-Ausgangsspannung  $V_{mfc}$ , wodurch der Betrieb am Betriebspunkt mit niedrigem Wirkungsgrad schnell gestartet werden kann.

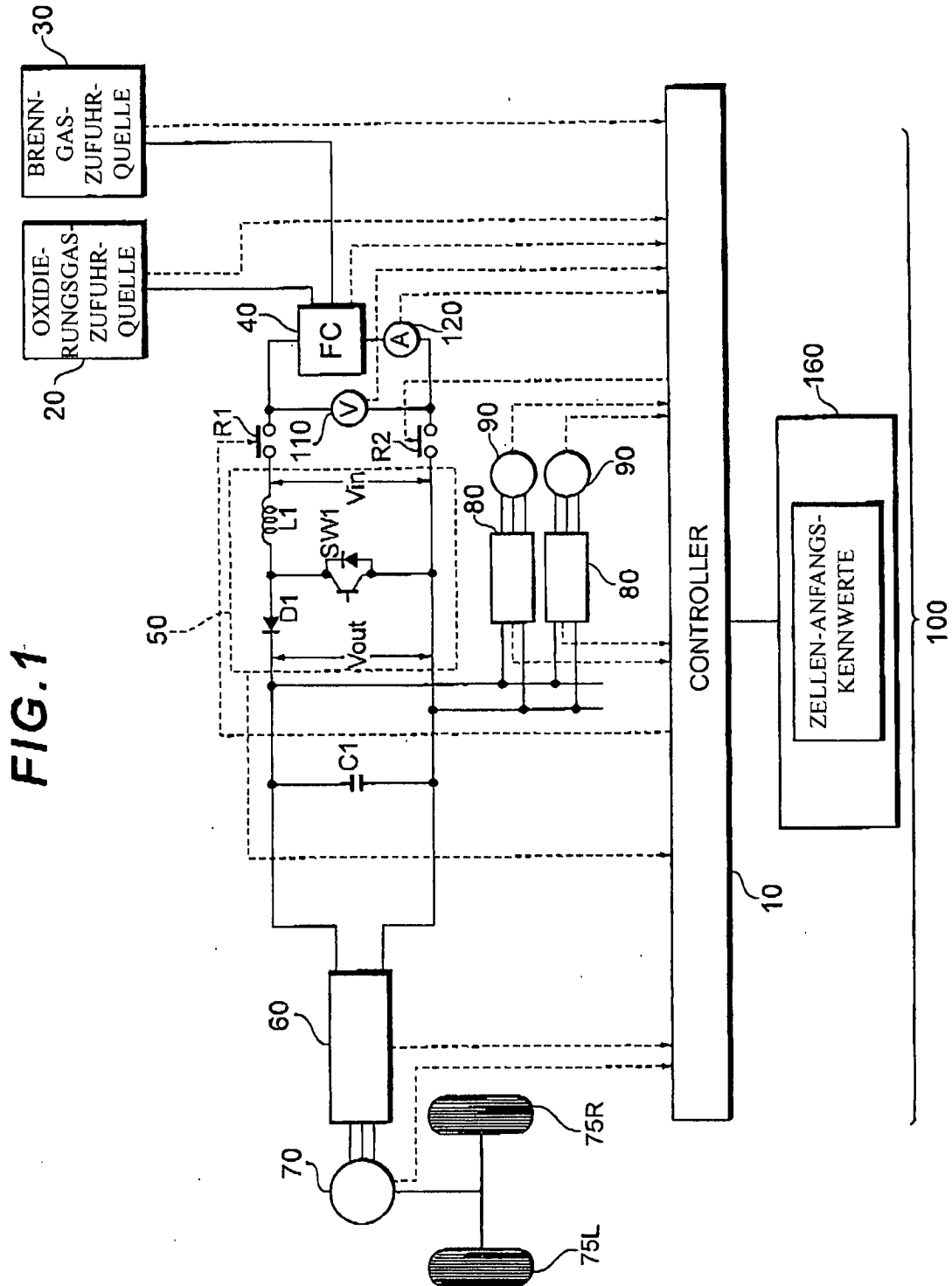
**[0081]** Es sei darauf hingewiesen, dass in der obigen Ausführungsform ein Fall beschrieben wurde, wo die FC-Ausgangsspannung von nahe OCV auf die Spannung der Betriebsregion mit niedrigem Wirkungsgrad gesenkt wurde, aber dass die vorliegende Erfindung auf jeden Fall anwendbar ist, wo die FC-Ausgangsspannung auf eine Zielspannung gesenkt wird.

### Patentansprüche

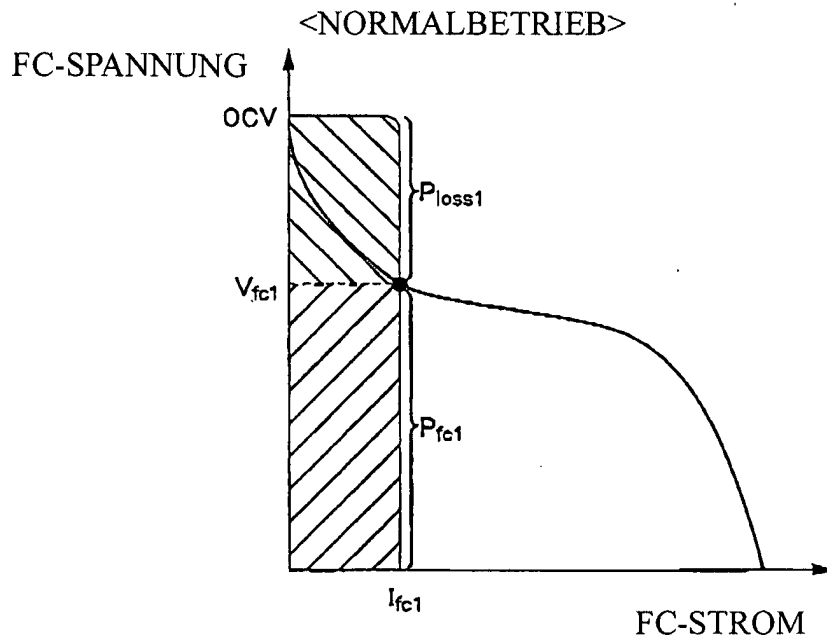
1. Brennstoffzellensystem (100), aufweisend: eine Brennstoffzelle (40), die Leistung unter Verwendung eines Brenngases und eines Oxidierungsgases erzeugt; ein Hemmungsmittel (10) zum Hemmen der Zufuhr des Oxidierungsgases in einem Fall, wo vorgegebene Bedingungen erfüllt sind; ein erstes Bestimmungsmittel (10) zum Bestimmen einer Sollleistung der Brennstoffzelle (40) zu einer Zeit, wenn die Zufuhr an Oxidierungsgas gehemmt ist; ein zweites Bestimmungsmittel (10) zum Bestimmen eines Sollstroms auf der Basis der Sollleistung und einer tatsächlich gemessenen Spannung der Brennstoffzelle (40); und ein drittes Bestimmungsmittel (10) zum Rückkoppeln einer Abweichung zwischen dem Sollstrom und einem tatsächlich gemessenen Strom der Brennstoffzelle (40) in einen Änderungsbetrag der tatsächlich gemessenen Spannung der Brennstoffzelle (40), um einen Sollspannungswert zu bestimmen, wobei das Hemmungsmittel (10) die Zufuhr des Oxidierungsgases in einem Fall unterbricht, in dem eine Ausgangsspannung der Brennstoffzelle (40) aus der Nähe einer Leerlaufspannung auf eine Spannung bei einem Betriebszustand mit niedrigem Wirkungsgrad gesenkt wird, und das erste Bestimmungsmittel (10) die Sollleistung der Brennstoffzelle (40) zu einer Zeit bestimmt, wenn die Zufuhr des Oxidierungsgases unterbrochen ist.

Es folgen 12 Seiten Zeichnungen

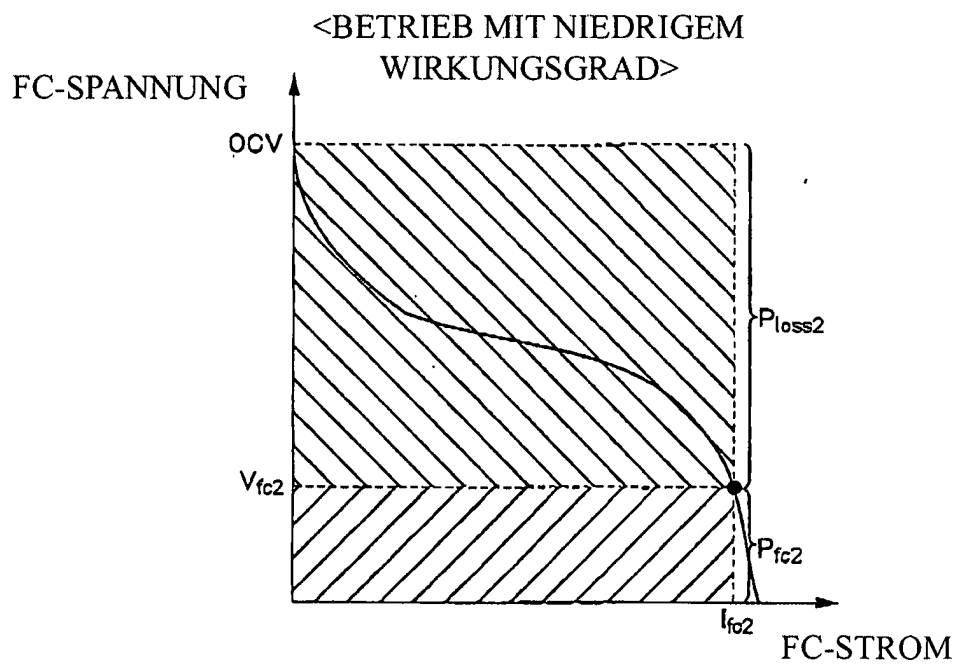
Anhängende Zeichnungen



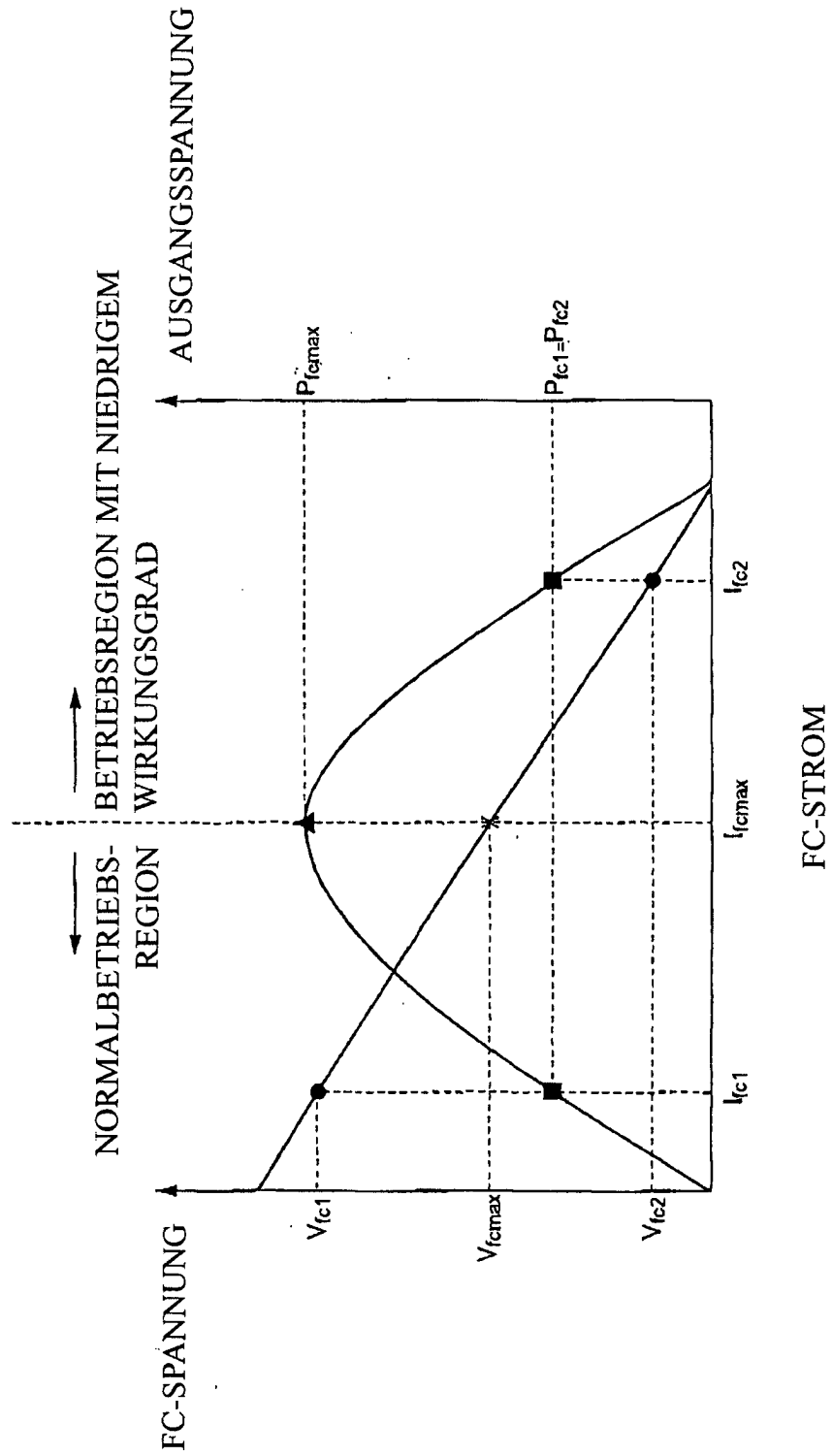
**FIG.2A**



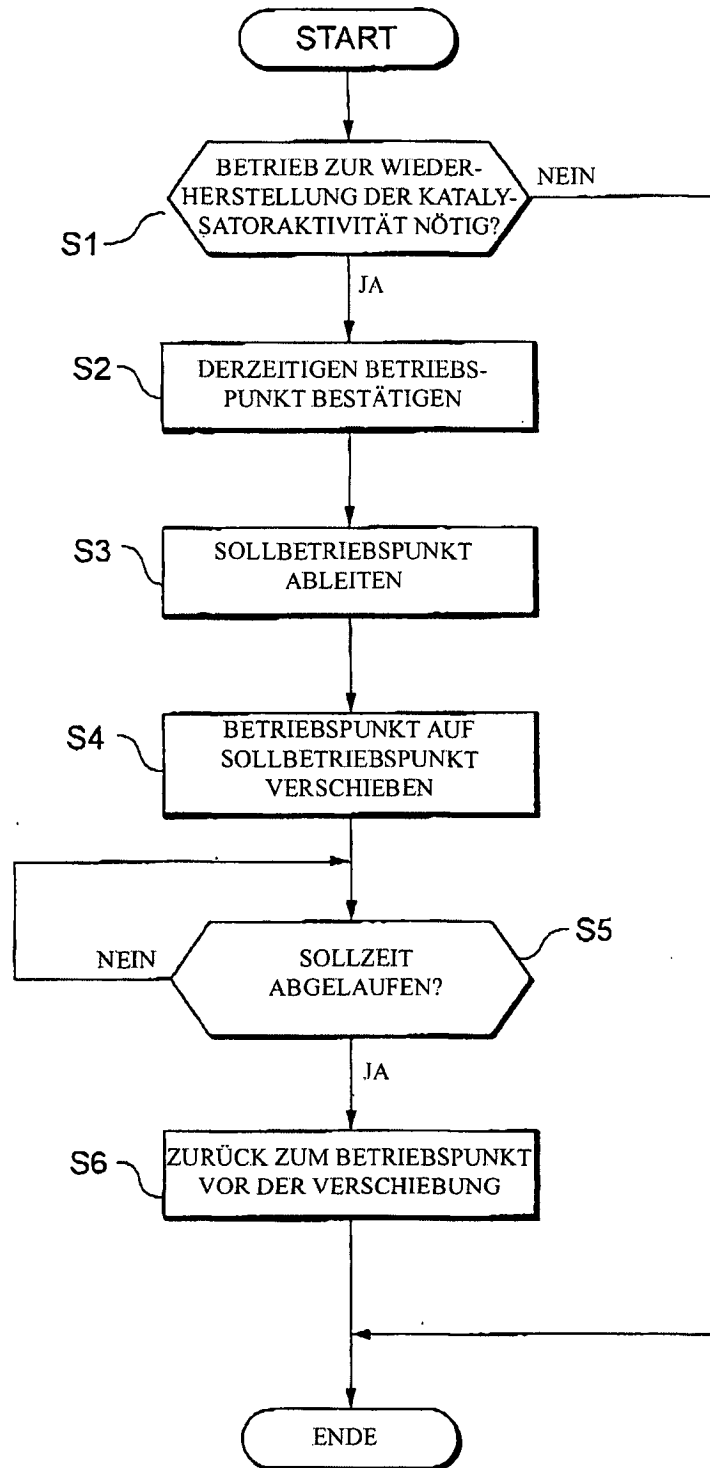
**FIG.2B**



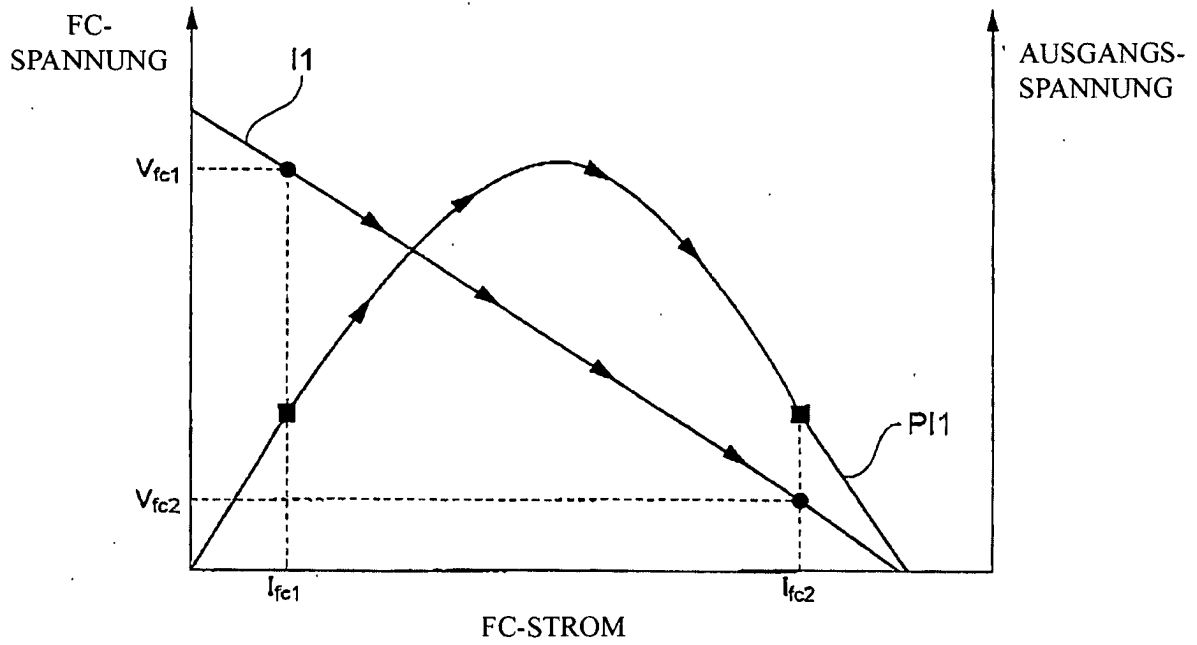
**FIG. 3**



**FIG. 4**



**FIG.5A**



**FIG.5B**

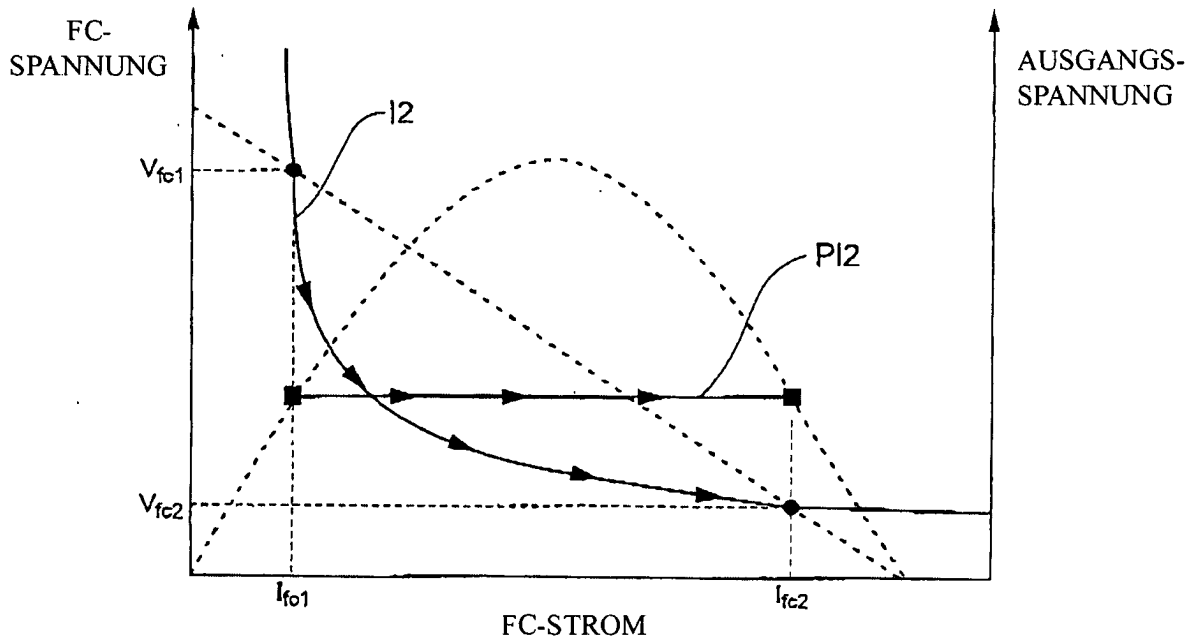




FIG. 7

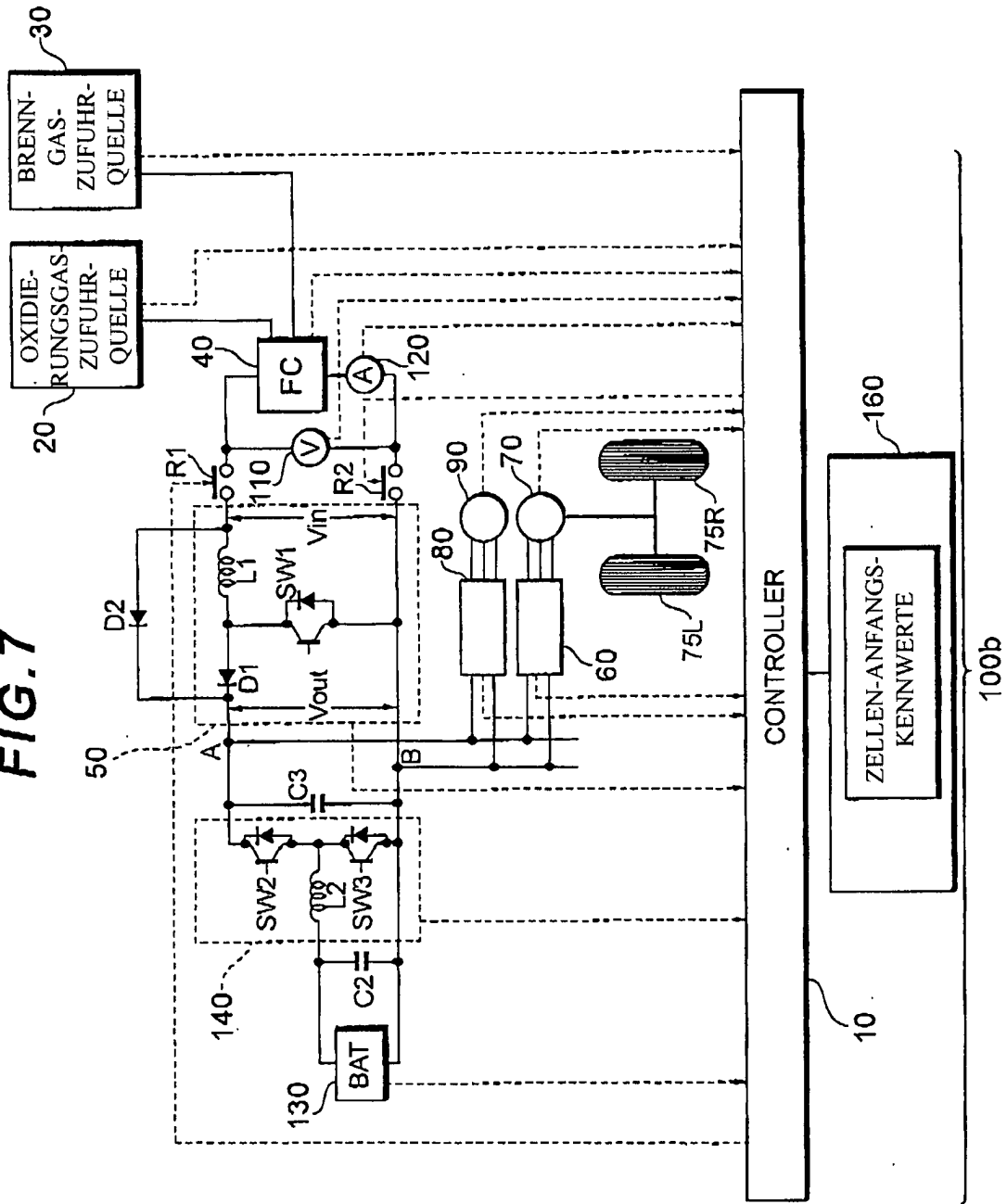


FIG. 8

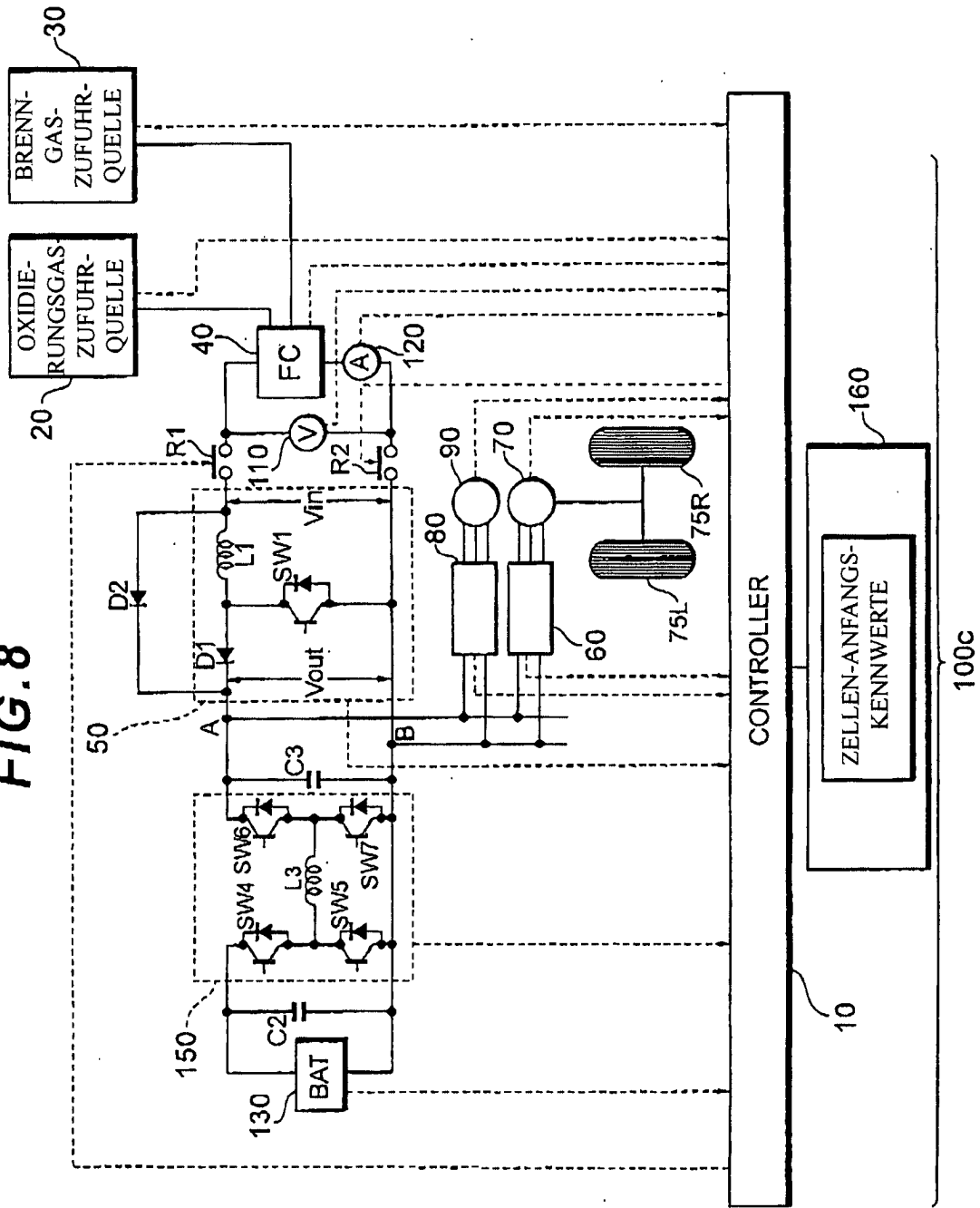
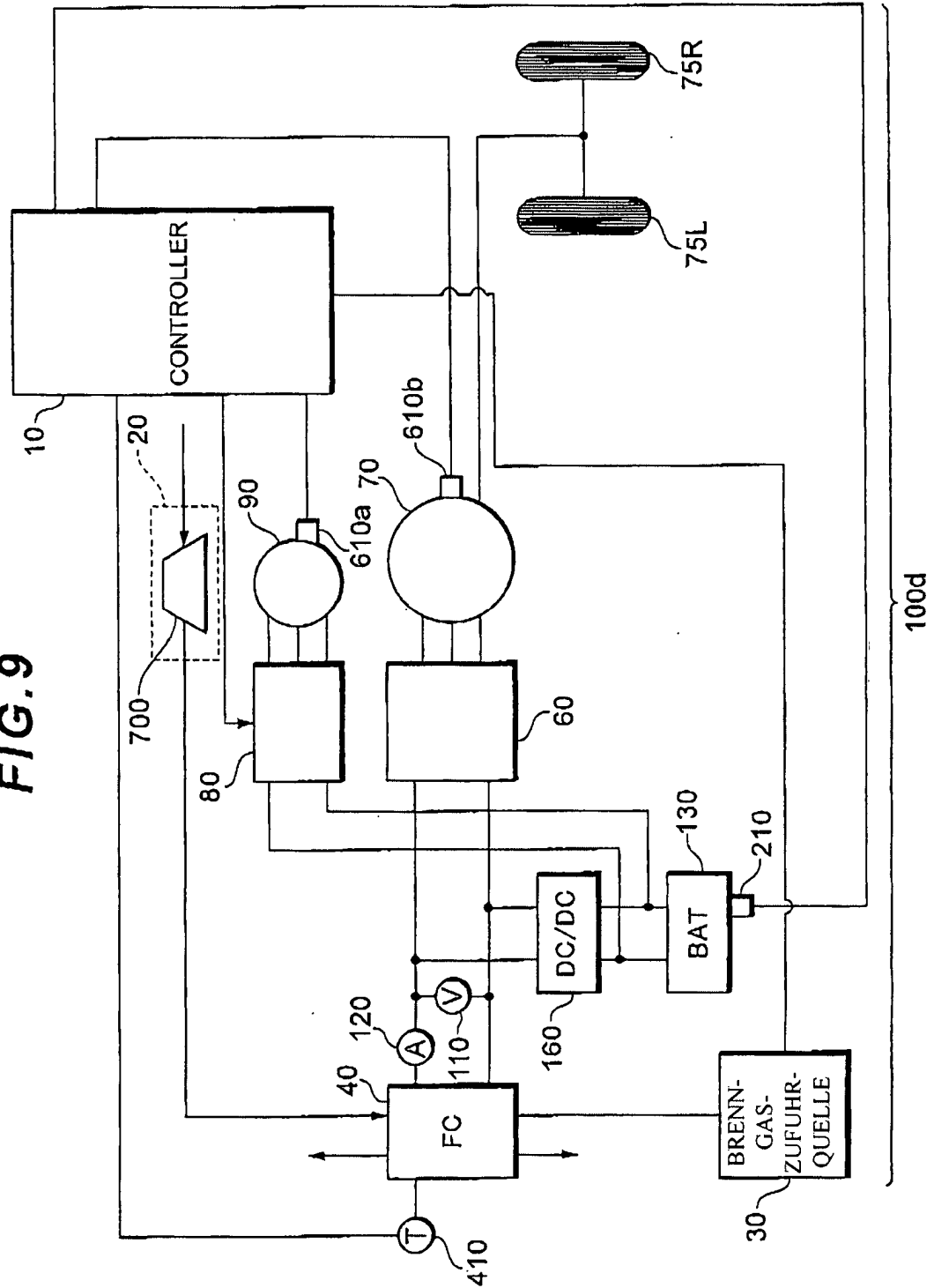
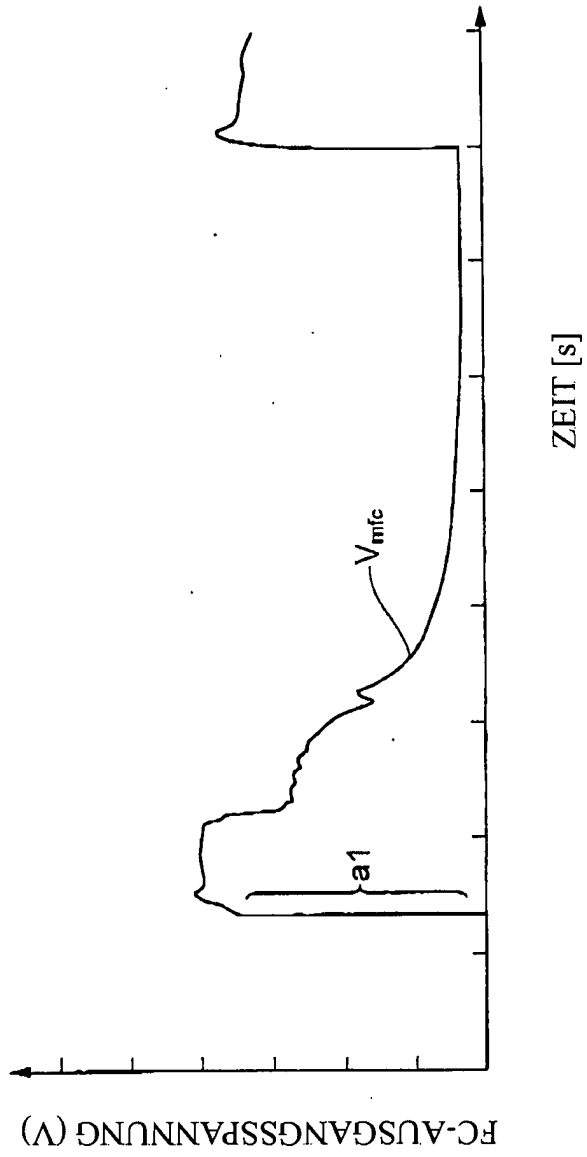


FIG. 9



**FIG. 10**



**FIG. 11**

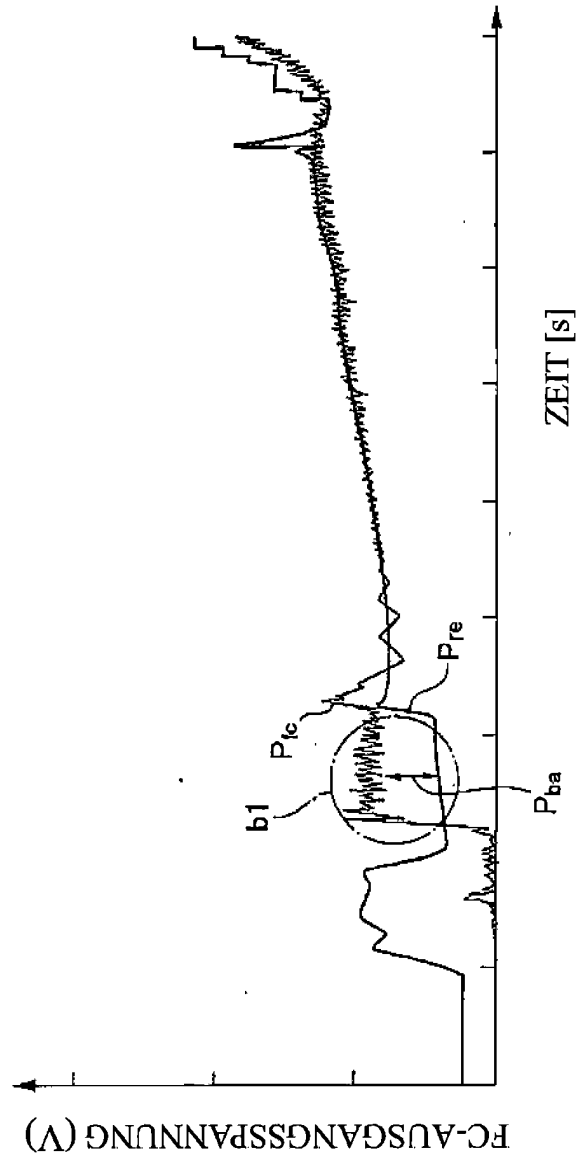


FIG.12

