(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2010 001 459 B4** 2016.04.28

(12) # Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2010 001 459.0**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IB2010/000563**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2010/112999**
(86) PCT-Anmeldetag: **18.03.2010**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **07.10.2010**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung in deutscher Übersetzung: **06.06.2012**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **28.04.2016**

(51) Int Cl.: ***H01M 8/04537*** (2016.01)
H01M 8/04302 (2016.01)
B60L 11/18 (2006.01)
G01R 31/00 (2006.01)
H02J 1/10 (2006.01)
H02J 7/34 (2006.01)

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:
2009-085378 31.03.2009 JP

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

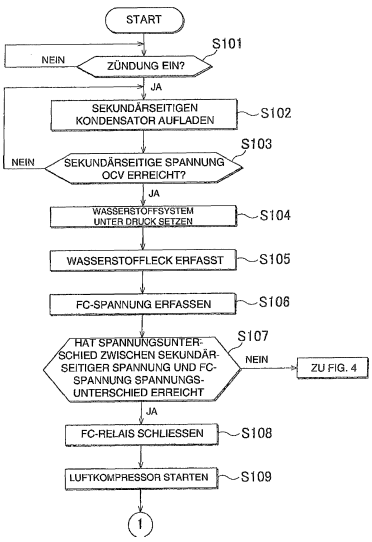
(74) Vertreter:
KUHNEN & WACKER Patent- und Rechtsanwaltsbüro, 85354 Freising, DE

(72) Erfinder:
Yoshida, Michio, Toyota-shi, Aichi-ken, JP; Matsumoto, Tadaichi, Toyota-shi, Aichi-ken, JP; Ogawa, Tomoya, Toyota-shi, Aichi-ken, JP; Imai, Atsushi, Kariya, Aichi, JP

(56) Ermittelter Stand der Technik:
WO 2008/ 004 564 A1

(54) Bezeichnung: **Regelverfahren für ein Brennstoffzellensystem, Brennstoffzellensystem und Elektrofahrzeug, das mit dem Brennstoffzellensystem ausgestattet ist**

(57) Hauptanspruch: Regelverfahren für ein Brennstoffzellensystem (100), das aufweist: eine auf- und entladbare Sekundärzelle (12); einen Spannungswandler (13), der zwischen der Sekundärzelle (12) und einem Verbraucher vorgesehen ist; eine Brennstoffzelle (11), die durch eine elektrochemische Reaktion zwischen einem Brenngas und einem Oxidierungsgas Elektrizität erzeugt und die über einen gemeinsamen Stromweg, den die Brennstoffzelle (11) und ein Spannungswandler (13) gemeinsam nutzen, elektrische Leistung zum Verbraucher liefert; ein FC-Relais (24), das eine elektrische Verbindung zwischen der Brennstoffzelle (11) und dem gemeinsamen elektrischen Weg ein- und ausschaltet; und einen Fehlerstromdetektor (44), der einen Fehlerstrom in einem elektrischen System erfasst, das die Sekundärzelle (12), den Spannungswandler (13) und die Brennstoffzelle (11) aufweist, wobei das Verfahren aufweist:
Starten der Brennstoffzelle (11) durch Erhöhen der Spannung der Brennstoffzelle (11) von einer Startspannung auf eine Betriebsspannung, die niedriger ist als eine Leerlaufspannung; und
Durchführen einer Bestimmung im Hinblick auf einen Fehlerstrom nach Ablauf einer vorgegebenen Zeit, wenn das FC-Relais (24) geschlossen ist, während ein Spannungsunterschied zwischen der Spannung der Brennstoffzelle (11) und einer Spannung, die vom Spannungswandler (13) zum Verbraucher geliefert wird, größer ist als ein vorgegebener Schwellenwert,
wobei die vorgegebene Zeit eine Zeit ist, die nötig ist, bis ein Kondensator, der in einer Schaltung des Fehlerstromdetektors (44) enthalten ist, aufgeladen ist.



Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die Erfindung betrifft, ein Regelverfahren für ein Brennstoffzellensystem, ein Brennstoffzellensystem und ein Elektrofahrzeug, das mit dem Brennstoffzellensystem ausgestattet ist.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Derzeit wird über die praktische Anwendung einer Brennstoffzelle nachgedacht, die Wasserstoff als Brenngas zu einer Brennstoffelektrode liefert, Luft als Oxidierungsgas zu einer Oxidationselektrode liefert und Elektrizität über eine elektrochemische Reaktion zwischen Wasserstoff und Sauerstoff aus der Luft erzeugt, während Wasser an der Oxidationselektrode erzeugt wird.

[0003] Wenn in einer solchen Brennstoffzelle bei einem Betriebsstart der Druck des Wasserstoffs, der zur Brennstoffelektrode geliefert wird, und der Druck der Luft, die zur Oxidationselektrode geliefert wird, den entsprechenden Drücken, die während eines Normalbetriebs auftreten, etwa gleich sind, kann es passieren, dass Wasserstoffgas und Luft in der Brennstoffelektrode bzw. der Oxidationselektrode ungleichmäßig verteilt werden, und dass die Elektroden durch eine elektrochemische Reaktion, die durch die ungleichmäßige Verteilung dieser Gase bewirkt wird, geschädigt werden. Die veröffentlichte japanische Patentanmeldung Nr. JP 2007-26891 A offenbart ein Verfahren, das die Schädigung der Elektroden einer Brennstoffzelle dadurch verhindern soll, dass dafür gesorgt wird, dass der Druck des Wasserstoffs, der zur Brennstoffelektrode geliefert wird, und der Druck der Luft, die zur Oxidationselektrode geliefert wird, zu Beginn des Betriebs der Brennstoffzelle höher sind als der übliche Lieferdruck der jeweiligen Gase.

[0004] Wenn Wasserstoffgas und Luft mit hohem Druck zu einer Brennstoffzelle geliefert werden, während die Brennstoffzelle ihren Betrieb aufnimmt, kann es jedoch vorkommen, dass die Rate bzw. Geschwindigkeit, mit der die Spannung der Brennstoffzelle steigt, so zunimmt, dass die Spannung der Brennstoffzelle über ihre Spannungsobergrenze hinausschießt. Im Hinblick auf dies Problem offenbart die veröffentlichte japanische Patentanmeldung Nr. JP 2007-26891 A ein Verfahren, in dem elektrische Leistung aus einer Brennstoffzelle abgezogen und an einen Fahrzeug-Antriebsmotor, an Widerstände usw. ausgegeben wird, wenn Wasserstoffgas und Luft beim Starten der Brennstoffzelle jeweils mit einem Druck zugeführt werden, der höher ist als der jeweilige Druck, der während einer normalen Leistungserzeugung vorhanden ist, falls die Spannung der Brennstoffzelle eine vorgegebene Spannung erreicht, die niedriger ist als die Spannungsobergrenze.

[0005] In einem Brennstoffzellensystem, das in ein Elektrofahrzeug eingebaut ist, ist ein Brennstoffzellen- bzw. FC-Relais vorgesehen, um die Verbindung zwischen der Brennstoffzelle und einem Elektromotor ein- und auszuschalten. Unter Verwendung des FC-Relais wird die Brennstoffzelle von einem Verbrauchersystem abgeschnitten, wenn die Brennstoffzelle angehalten wird, und die Brennstoffzelle wird mit dem Verbrauchersystem verbunden, wenn die Brennstoffzelle ihren Betrieb aufnimmt. Jedoch besteht die Gefahr, dass das FC-Relais verschweißt oder beschädigt wird, wenn ein starker Strom durch das FC-Relais fließt, wenn das FC-Relais geschlossen wird, um die Brennstoffzelle und das Verbrauchersystem zu verbinden.

[0006] Eine Maßnahme gegen die genannte Möglichkeit oder Gefahr ist die Anwendung eines Verfahrens, in dem beim Starten der Brennstoffzelle die Spannung der Brennstoffzelle vorübergehend auf eine Leerlaufspannung erhöht wird, um einen Zustand zu erreichen, wo kein Strom aus der Brennstoffzelle fließt, und das FC-Relais dann verbunden wird, und danach die Spannung gesenkt wird, so dass elektrische Leistung von der Brennstoffzelle ausgegeben wird. Dies wird deshalb gemacht, weil die Brennstoffzelle so beschaffen ist, dass null Strom ausgegeben wird, wenn die Spannung auf die Leerlaufspannung steigt. Falls die Spannung der Brennstoffzelle jedoch auf die Leerlaufspannung erhöht wird, kann die hohe Spannung die Lebensdauer der Brennstoffzelle verkürzen.

[0007] Außerdem passiert es manchmal, dass beim Starten der Brennstoffzelle das FC-Relais verbunden wird, während die Spannung der Brennstoffzelle niedrig ist, so dass kein starker Strom fließt, wenn das FC-Relais verbunden wird. In solchen Fällen ist jedoch der Spannungsunterschied zwischen dem elektrischen System und der Brennstoffzelle wahrscheinlich groß, wodurch die Gefahr besteht, dass der Übergangsstrom, der während der Verbindung des FC-Relais auftritt, eine falsche Erfassung eines Fehlerstroms durch einen Fehlerstromsensor und somit ein Anhalten des Brennstoffzellensystems durch den Regelabschnitt bewirkt.

[0008] Ein Elektrofahrzeug mit einem Brennstoffzellensystem, das eine wiederaufladbare Sekundärbatterie, einen mit der Batterie verbundenen Spannungswandler, eine Brennstoffzelle mit einem FC-Relais, ein Strommessgerät und einen Controller zur Steuerung aufweist, ist Gegenstand der WO 2008/004564 A1.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0009] Demgemäß sieht die Erfindung ein Regelverfahren für ein Brennstoffzellensystem vor, das die fehlerhafte Bestimmung in Bezug auf einen Fehlerstrom verhindert bzw. beschränkt, ohne die Lebensdauer zu verkürzen, wenn die Brennstoffzelle ihren Betrieb aufnimmt, und sieht außerdem ein Brennstoffzellensystem sowie ein Elektrofahrzeug, das mit dem Brennstoffzellensystem ausgestattet ist, vor.

[0010] Ein erster Aspekt der Erfindung betrifft ein Regelverfahren für ein Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1. Dieses Brennstoffzellensystem weist auf: eine Sekundärzelle, die auf- und entladbar ist; einen Spannungswandler, der zwischen der Sekundärzelle und einem Verbraucher vorgesehen ist; eine Brennstoffzelle, die über eine elektrochemische Reaktion zwischen einem Brenngas und einem Oxidierungsgas Elektrizität erzeugt und die auf einem gemeinsamen Stromweg, der sowohl der Brennstoffzelle als auch einem Spannungswandler zugeordnet ist, elektrische Leistung an den Verbraucher ausgibt; ein FC-Relais, das eine elektrische Verbindung zwischen der Brennstoffzelle und dem gemeinsamen Stromweg ein- und ausschaltet; und einen Fehlerstromdetektor, der einen Fehlerstrom in einem elektrischen System erfasst, das die Sekundärzelle, den Spannungswandler und die Brennstoffzelle aufweist. Das Regelverfahren für das Brennstoffzellensystem beinhaltet: Starten der Brennstoffzelle durch Erhöhen der Spannung der Brennstoffzelle von einer Startspannung auf eine Betriebsspannung, die niedriger ist als eine Leerlaufspannung; und Durchführen der Bestimmung im Hinblick auf einen Fehlerstrom nach Ablauf einer vorgegebenen Zeit, wenn das FC-Relais geschlossen ist, während ein Spannungsunterschied zwischen der Spannung der Brennstoffzelle und einer Spannung, die vom Spannungswandler zum Verbraucher geliefert wird, größer ist als ein vorgegebener Schwellenwert. Die vorgegebene Zeit in Bezug auf das Fehlerstromerfassungsmittel ist eine Zeit, die nötig ist, bis ein in einer Schaltung des Fehlerstromdetektors enthaltener Kondensator aufgeladen ist.

[0011] Die Bestimmung im Hinblick auf den Fehlerstrom wird durchgeführt, nachdem die Spannung der Brennstoffzelle nach dem Schließen des FC-Relais eine vorgegebene Spannung erreicht hat.

[0012] Die vorgegebene Spannung im Hinblick auf das Fehlerstromerfassungsmittel kann die Betriebsspannung sein.

[0013] Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem nach Anspruch 4. Dieses Brennstoffzellensystem weist auf: eine Sekundärzelle, die auf- und entladbar ist; einen Spannungswandler, der zwischen der Sekundärzelle und einem Verbraucher vorgesehen ist; eine Brennstoffzelle, die über eine elektrochemische Reaktion zwischen einem Brenngas und einem Oxidierungsgas Elektrizität erzeugt und die auf einem gemeinsamen Stromweg, der sowohl der Brennstoffzelle als auch einem Spannungswandler zugeordnet ist, elektrische Leistung ausgibt; ein FC-Relais, das eine elektrische Verbindung zwischen der Brennstoffzelle und dem gemeinsamen Stromweg ein- und ausschaltet; einen Fehlerstromdetektor, der einen Fehlerstrom in einem elektrischen System erfasst, das die Sekundärzelle, den Spannungswandler und die Brennstoffzelle aufweist; und einen Regelabschnitt, der ausgestaltet ist, um das Regelverfahren gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung durchzuführen.

[0014] Ein dritter Aspekt der Erfindung betrifft ein Elektrofahrzeug. Dieses Elektrofahrzeug ist mit dem genannten Brennstoffzellensystem ausgestattet.

[0015] Durch die Erfindung kann eine falsche Bestimmung im Hinblick auf einen Fehlerstrom beim Starten der Brennstoffzelle beschränkt werden, ohne die Lebensdauer der Brennstoffzelle zu verkürzen.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0016] Die oben genannten und/oder weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung von bevorzugten Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen deutlicher, in denen gleiche Bezugszahlen verwendet werden, um gleiche Elemente darzustellen, und in denen:

[0017] Fig. 1 eine Systemskizze eines Brennstoffzellensystems gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist;

[0018] Fig. 2 ein Graph ist, der Spannungszunahmen zeigt, wenn das Brennstoffzellensystem gemäß dieser Ausführungsform der Erfindung seinen Betrieb aufnimmt;

[0019] Fig. 3A und **Fig.** 3B Ablaufschemata sind, die einen Betrieb darstellen, der durchgeführt wird, wenn das Brennstoffzellensystem der Erfindung startet;

[0020] Fig. 4 ein Ablaufschema ist, das den Betrieb darstellt, der durchgeführt wird, wenn das Brennstoffzellensystem der Erfindung startet; und

[0021] Fig. 5 ein weiterer Graph ist, der Spannungszunahmen unter einer anderen Bedingung beim Starten des Brennstoffzellensystems gemäß dieser Ausführungsform der Erfindung darstellt.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG VON AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0022] Wie in **Fig.** 1 dargestellt, weist ein Brennstoffzellensystem **100**, das in einem Elektrofahrzeug **200** eingebaut ist, auf eine auf- und entladbare Sekundärzelle **12**, einen Aufwärts/Abwärts-Spannungswandler **13**, der die Spannung der Sekundärzelle **12** hebt oder senkt, einen Wechselrichter **14**, der elektrische Gleichstromleistung des Aufwärts/Abwärts-Spannungswandlers **13** in elektrische Wechselstromleistung wandelt und die elektrische Leistung zu einem Fahrmotor **15** liefert, und eine Brennstoffzelle **11**.

[0023] Die Sekundärzelle **12** besteht aus einer auf- und entladbaren Lithiumionenbatterie oder dergleichen. Die Spannung der Sekundärzelle **12** dieser Ausführungsform ist niedriger als die Spannung zum Ansteuern des Fahrmotors **15**. Jedoch ist die Spannung der Sekundärzelle nicht darauf beschränkt, sondern kann auch eine Spannung sein, die der Spannung, mit der der Fahrmotor angesteuert wird, gleich ist oder die darüber liegt. Der Aufwärts/Abwärts-Spannungswandler **13** weist eine Vielzahl von Schaltelementen auf und wandelt eine niedrige Spannung, die von der Sekundärzelle **12** geliefert wird, durch die Ein/Aus-Betätigungen der Schaltelemente in eine hohe Spannung zum Ansteuern des Fahrmotors um. Der Aufwärts/Abwärts-Spannungswandler **13** ist ein nicht-isolierter, bidirektionaler Gleichstrom/Gleichstrom-Wandler, dessen Bezugsstrompfad **32** sowohl mit einem minusseitigen Strompfad **34** der Sekundärzelle **11** als auch einem minusseitigen Strompfad **39** des Wechselrichters **14** verbunden ist, und dessen primärseitiger Strompfad **31** mit einem plusseitigen Strompfad **33** der Sekundärzelle **12** verbunden ist und dessen sekundärseitiger Strompfad **35** mit einem plusseitigen Strompfad **38** des Wechselrichters **14** verbunden ist. Außerdem sind sowohl der plusseitige Strompfad **33** als auch der minusseitige Strompfad **34** der Sekundärzelle **12** mit einem Systemrelais **25** verbunden, das die Verbindung zwischen der Sekundärzelle **11** und einem Verbraucher- bzw. Verbrauchersystem ein- und ausschaltet.

[0024] Die Brennstoffzelle **11** wird mit Wasserstoffgas, bei dem es sich um ein Brenngas handelt, und mit Luft, bei dem es sich um ein Oxidierungsgas handelt, versorgt und erzeugt durch eine elektrochemische Reaktion zwischen dem Wasserstoffgas und dem Sauerstoff aus der Luft Elektrizität. In der Brennstoffzelle **11** wird das Wasserstoffgas von einem Hochdruck-Wasserstofftank **17** über ein Wasserstoff-Zufuhrventil **18** zu einer Brennstoffelektrode (Anode) geliefert, und die Luft wird von einem Luftkompressor **19** zu einer Oxidationselektrode (Kathode) geliefert. Ein plusseitiger Strompfad **36** der Brennstoffzelle **11** ist über ein FC-Relais **24** und eine Sperrdiode **23** mit dem sekundärseitigen Strompfad **35** des Aufwärts/Abwärts-Spannungswandlers **13** verbunden. Ein minusseitiger Strompfad **37** der Brennstoffzelle **11** ist über ein anderes FC-Relais **24** mit dem Bezugsstrompfad **32** der Brennstoffzelle **11** verbunden. Der sekundärseitige Strompfad **35** des Aufwärts/Abwärts-Spannungswandlers **13** ist mit dem plusseitigen Strompfad **38** des Wechselrichters **14** verbunden, und der Bezugsstrompfad **32** des Aufwärts/Abwärts-Spannungswandlers **13** ist mit dem minusseitigen Strompfad **39** des Wechselrichters **14** verbunden. Der plusseitige Strompfad **36** und der minusseitige Strompfad **37** der Brennstoffzelle **11** sind über die FC-Relais **24** mit dem plusseitigen Strompfad **38** bzw. dem minusseitigen Strompfad **39** des Wechselrichters **14** verbunden. Die FC-Relais **24** schalten die Verbindung zwischen dem Verbrauchersystem und der Brennstoffzelle **11** ein und aus. Wenn die FC-Relais **24** geschlossen sind, ist die Brennstoffzelle **11** mit der sekundären Seite des Aufwärts/Abwärts-Spannungswandlers **13** verbunden, so dass die elektrische Leistung, die von der Brennstoffzelle **11** erzeugt wird, zusammen mit der sekundärseitigen elektrischen Leistung der Sekundärzelle **12**, die durch Erhöhen der Spannung der primärseitigen elektrischen Leistung der Sekundärzelle **11** erzeugt wird, zum Wechselrichter geliefert wird, der dadurch den Fahrmotor **15** ansteuert, der Räder **60** zum Drehen bringt. Dabei wird die Spannung der Brennstoffzelle **11** der Ausgangsspannung des Aufwärts/Abwärts-Spannungswandlers **13** und der Eingangsspannung des Wechselrichters **14** gleich. Außerdem werden der Luftkompressor **19** und Zubehör **16** der Brennstoffzelle **11**, das eine Kühlwasserpumpe, eine Wasserstoffpumpe usw. einschließt, mit elektrischer Antriebsleistung von der Sekundärzelle **12** versorgt.

[0025] Ein primärseitiger Kondensator **20**, der die primärseitige Spannung glättet, ist zwischen den plusseitigen Strompfad **33** und den minusseitigen Strompfad **34** der Sekundärzelle **12** geschaltet. Der primärseitige Kondensator **20** ist mit einem Spannungssensor **41** versehen, der die Spannung zwischen den beiden Enden des primärseitigen Kondensators **20** erfasst. Außerdem ist ein sekundärseitiger Kondensator **21**, der die sekundärseitige Spannung glättet, zwischen dem plusseitigen Strompfad **38** und dem minusseitigen Strompfad **39** des Wechselrichters **14** vorgesehen. Der sekundärseitige Kondensator **21** ist mit einem Spannungssensor **42** versehen, der die Spannung zwischen den beiden Enden des sekundärseitigen Kondensators **21** erfasst. Die Spannung über dem primärseitigen Kondensator **20** ist eine primärseitige Spannung V_L, bei der es sich um die Eingangsspannung des Aufwärts/Abwärts-Wandlers **13** handelt, und die Spannung über dem sekundärseitigen Kondensator **21** ist eine sekundärseitige Spannung V_H, bei der es sich um die Ausgangsspannung des Aufwärts/Abwärts-Spannungswandlers **13** handelt. Außerdem ist ein Spannungssensor **43**, der die Spannung der Brennstoffzelle **11** erfasst, zwischen dem plusseitigen Strompfad **36** und dem mi-

nusseitigen Strompfad **37** der Brennstoffzelle **11** vorgesehen.

[0026] Entladungswiderstände **26** und **27** sind in Reihe zwischen den primärseitigen Strompfad **31** des Aufwärts-/Abwärts-Spannungswandlers, der sich auf der Eingangsseite befindet, und den Bezugsstrompfad **32** des Aufwärts-/Abwärts-Spannungswandlers **13** geschaltet. Eine Stelle zwischen den beiden Widerständen **26** und **27** ist geerdet. Ebenso sind Entladungswiderstände **28** und **29** in Reihe zwischen den sekundärseitigen Strompfad **35** des Aufwärts-/Abwärts-Spannungswandlers **13**, der sich auf der Auslassseite befindet, und den Bezugsstrompfad **32** des Aufwärts-/Abwärts-Spannungswandlers **13** geschaltet. Eine Stelle zwischen den beiden Widerständen **28** und **29** ist geerdet. Außerdem ist ein Fehlerstromdetektor **44**, der einen Fehlerstrom aus dem elektrischen System erfasst, am Bezugsstrompfad **32** angebracht. Eine Erfassungsschaltung innerhalb des Fehlerstromdetektors **44** weist einen Kondensator auf.

[0027] Ein Regelabschnitt **50** ist ein Computer, der eine CPU, die eine Signalverarbeitung durchführt, und einen Speicherabschnitt, der Programme und Regeldaten speichert, aufweist. Die Brennstoffzelle **11**, der Luftkompressor **19**, das Wasserstoff-Zufuhrventil **18**, der Aufwärts/Abwärts-Spannungswandler **13**, der Wechselrichter **14**, der Fahrmotor **15**, Zubehör **16**, die FC-Relais **24** und die Systemrelais **25** sind mit dem Regelabschnitt **50** verbunden und sind so aufgebaut, dass sie gemäß Befehlen vom Regelabschnitt **50** arbeiten. Außerdem sind die Sekundärzelle **12**, die Spannungssensoren **41** bis **43** und der Stromsensor **44** separat mit dem Regelabschnitt **50** verbunden und sind so aufgebaut, dass der Zustand der Sekundärzelle **12** und Erfassungssignale von den Spannungssensoren **41** bis **43** und dem Stromsensor **44** in den Regelabschnitt **50** eingegeben werden. Das Elektrofahrzeug **200** ist mit einem Zündschlüssel **30** versehen, bei dem es sich um einen Schalter zum Starten und Stoppen des Brennstoffzellensystems **100** handelt. Der Zündschlüssel **30** ist mit dem Regelabschnitt **50** verbunden und ist so aufgebaut, dass ein Ein/Aus-Signal des Zündschlüssels **30** in den Regelabschnitt **50** eingegeben wird.

[0028] Nun werden Betriebsabläufe im Brennstoffzellensystem **100**, das aufgebaut ist wie oben beschrieben, mit Bezug auf **Fig.** 2 bis **Fig.** 4 beschrieben. In **Fig.** 2 zeigt eine Linie a die sekundärseitige Spannung V_H, bei der es sich um die Ausgangsspannung des Aufwärts/Abwärts-Spannungswandlers **13** handelt, und eine Linie b zeigt die FC-Spannung V_F, bei der es sich um die Spannung der Brennstoffzelle **11** handelt. Die Brennstoffzelle **11** wird von einem Nullspannungszustand aus gestartet, wie in **Fig.** 2 dargestellt.

[0029] Wenn ein Fahrer, das heißt eine Bedienperson, den Zündschlüssel **30** zu einem Zeitpunkt t_{10}, der in **Fig.** 2 dargestellt ist, auf EIN dreht, wird das EIN-Signal vom Zündschlüssel **30** in den Regelabschnitt **50** eingegeben. Wenn das EIN-Signal des Zündschlüssels **30** eingegeben wird, schließt der Regelabschnitt **50** die Systemrelais **25**, um die Sekundärzelle **12** mit dem System zu verbinden, so dass der primärseitige Kondensator **20** mit der elektrischen Leistung, die von der Sekundärzelle **12** geliefert wird, aufgeladen wird. Danach startet der Regelabschnitt **50** die Spannungserhöhungsoperation des Aufwärts/Abwärts-Wandlers **13**, um mit dem Laden des sekundärseitigen Kondensators **21** zu beginnen, wie in Schritten S102 und S103 in **Fig.** 4 dargestellt. Der Regelabschnitt **50** erhöht die sekundärseitige Spannung V_H, während er die sekundärseitige Spannung V_H durch den Spannungssensor **42** erfasst, wie in Schritt S103 in **Fig.** 3 dargestellt. Wenn die sekundärseitige Spannung V_H die Leerlaufspannung OCV erreicht, ist das Laden des sekundärseitigen Kondensators **21** abgeschlossen, und die Zufuhr von elektrischer Leistung von der Sekundärzelle **12** wird möglich. Daher lässt zum Zeitpunkt t_{11}, der in **Fig.** 2 dargestellt ist, der Regelabschnitt **50** eine BEREIT-Lampe leuchten, um anzuzeigen, dass die Vorbereitung für die Zufuhr von elektrischer Leistung zum Fahrmotor **15** abgeschlossen wurde. Wenn der Fahrer ein Gaspedal niederdrückt, nachdem die BEREIT-Lampe zum Leuchten gebracht wurde, wird die elektrische Leistung von der Sekundärzelle **12** zum Fahrmotor **15** geliefert, der die Räder **60** bewegt, so dass das Elektrofahrzeug **200** zu fahren beginnen kann. Obwohl elektrische Leistung von der Sekundärzelle **12** zum Fahrmotor **15** geliefert wird, strömt keine elektrische Leistung in die Brennstoffzelle **11**, da die FC-Relais **24** offen sind und somit die Brennstoffzelle **11** vom System abgeschnitten ist.

[0030] Wie in Schritt S104 in **Fig.** 3 dargestellt, gibt der Regelabschnitt **50** zu einem Zeitpunkt t_{11}, der in **Fig.** 2 dargestellt ist, einen Befehl aus, das Wasserstoffsystem unter Druck zu setzen. Aufgrund dieses Befehls wird das Wasserstoffzufuhrventil **18** geöffnet, so dass die Wasserstoffzufuhr vom Wasserstofftank **17** zur Brennstoffzelle **11** beginnt. Wenn Wasserstoff zugeführt wird, steigt der Druck an der Brennstoffelektrode der Brennstoffzelle **11**. Da die Oxidationselektrode jedoch noch nicht mit Luft beliefert worden ist, findet keine elektrochemische Reaktion innerhalb der Brennstoffzelle **11** statt, und daher erzeugt die Brennstoffzelle **11** keine Elektrizität. Somit ist zu dieser Zeit die FC-Spannung V_F der Brennstoffzelle **11** null, wie im Falle der Startspannung der Brennstoffzelle **11**.

[0031] Nachdem die Anlegung von Druck auf das Wasserstoffsystem begonnen hat, führt der Regelabschnitt **50** eine Wasserstoffleckerfassung am Wasserstoffsystem durch, wie in Schritt S105 in

Fig. 3 dargestellt. Das Vorhandensein/Nichtvorhandensein eines Wasserstofflecks wird auf Basis des Umfangs der Drucksenkung, die stattfindet, nachdem das Wasserstoffsystem abgedichtet wurde, bestimmt. Falls bestimmt wird, dass kein Wasserstoffleck vorhanden ist, fragt der Regelabschnitt **50** dann den Wert der FC-Spannung V_F der Brennstoffzelle vom Spannungssensor **43** ab, wie in Schritt S106 in **Fig.** 3 dargestellt. Danach bestimmt der Regelabschnitt **50**, ob oder ob nicht ein Spannungsunterschied zwischen der FC-Spannung V_F und der sekundärseitigen Spannung V_H, bei der es sich um die Ausgangsspannung des Aufwärts-/Abwärts-Spannungswandlers **13** handelt, mindestens so groß ist wie ein Schwellenwert, wie in Schritt S107 in **Fig.** 3 dargestellt. Der Schwellenwert ist eine Spannung, die der Regelabschnitt **50** auf Basis des Signals, das vom Fehlerstromdetektor **44** ausgegeben wird, wenn die FC-Relais geschlossen sind, wegen einer Fluktuation des Stroms innerhalb eines elektrischen Systems, das die Brennstoffzelle **11**, den Aufwärts-/Abwärts-Spannungswander **13** und die Sekundärzelle **12** beinhaltet, fälschlicherweise als Fehlerstrom erfasst. Der Schwellenwert wird durch die Kapazität des elektrischen Systems bestimmt. Falls der Spannungsunterschied groß ist, kann die Gefahr der Ausgabe eines Signals, das eine falsche Bestimmung bewirkt, groß sein, und daher kann der Schwellenwert eine Spannung sein, die 70% bis 90% oder mehr der Leerlaufspannung OCV entspricht. In diesem Fall werden die FC-Relais **24** geschlossen, wenn die FC-Spannung V_F der Brennstoffzelle **11** niedriger ist als etwa 30% der Leerlaufspannung OCV.

[0032] Wenn bestimmt wird, dass der Spannungsunterschied zwischen der FC-Spannung V_F und der sekundärseitigen Spannung V_H mindestens so groß ist wie der Schwellenwert, gibt der Regelabschnitt **50** zum Zeitpunkt t_{12}, der in **Fig.** 2 dargestellt ist, einen Befehl zum Schließen der FC-Relais **24** aus, wie in Schritt S108 in **Fig.** 3 dargestellt. Aufgrund dieses Befehls werden die FC-Relais **24** geschlossen. Der Regelabschnitt **50** führt unmittelbar nach Schließen der FC-Relais **24** keine Bestimmung im Hinblick auf einen Fehlerstrom aus. Stattdessen senkt der Regelabschnitt **50**, wie in Schritt S109 in **Fig.** 3 dargestellt, unmittelbar nach Schließen der FC-Relais **24** die sekundärseitige Spannung V_H von der Leerlaufspannung OCV auf eine Betriebsspannung V_0, wie in Schritt S109 in **Fig.** 3 dargestellt, und gibt außerdem einen Befehl zum Starten des Luftkompressors **19** aus. Aufgrund dieses Befehls startet der Luftkompressor **19**, so dass die Luftzufuhr zur Brennstoffzelle **11** beginnt. Nachdem die Senkung der sekundärseitigen Spannung V_H auf die Betriebsspannung V_0 abgeschlossen ist, hält der Regelabschnitt **50** die sekundärseitige Spannung V_H auf der Betriebsspannung V_0. Die Betriebsspannung V_0 ist beispielsweise etwa 90% der Leerlaufspannung OCV.

[0033] Nachdem der Luftkompressor **19** gestartet wurde und dementsprechend die Luftzufuhr zur Brennstoffzelle **11** begonnen hat, beginnt die elektrochemische Reaktion zwischen dem Wasserstoff und dem Sauerstoff aus der Luft innerhalb der Brennstoffzelle **11**, so dass die FC-Spannung V_F der Brennstoffzelle **11**, die vom Spannungssensor **43** erfasst wird, allmählich von der Startspannung, d. h. null, aus ansteigt, wie von der Linie b in **Fig.** 2 dargestellt.

[0034] Nachdem der Luftkompressor **19** gestartet wurde, führt der Regelabschnitt **50**, wie in Schritt S110 in **Fig.** 3 dargestellt, keine Bestimmung im Hinblick auf einen Fehlerstrom durch, sondern wartet, bis die Zeit Δt im Anschluss an das Schießen der FC-Relais, die in **Fig.** 2 dargestellt ist, eine vorgegebene Zeit erreicht. Die vorgegebene Zeit ist eine Zeitdauer, die erforderlich ist, bis ein Kondensator, der in einer Erfassungsschaltung bzw. Schaltung des Fehlerstromdetektors **44** enthalten ist, aufgeladen ist. Bevor der Kondensator aufgeladen ist, kann ein falsches Signal vom Fehlerstromdetektor **44** ausgegeben werden und kann bewirken, dass der Regelabschnitt **50** fälschlicherweise bestimmt, dass ein Fehlerstrom vorhanden ist. Zu einem Zeitpunkt t13, der in **Fig.** 2 dargestellt ist, d. h. bei Ablauf der Zeit Δt nach Schließen der FC-Relais **24**, bestimmt der Regelabschnitt **50**, ob die FC-Spannung V_F der Brennstoffzelle eine vorgegebene Spannung V_1 erreicht hat oder nicht, wie in Schritt 111 in **Fig.** 3 dargestellt. Der Grund dafür ist, dass die Brennstoffzelle **11**, während die FC-Spannung V_F niedriger ist als eine vorgegebene Spannung V_1, in einem Zustand ist, in dem ihre Spannung zunimmt, und dass, wenn in diesem Zustand eine Fehlerstromerfassung durchgeführt wird, möglicherweise ein falsches Signal vom Fehlerstromdetektor **44** ausgegeben wird. Diese vorgegebene Spannung V_1 kann durch die Ausgangskennlinie der Brennstoffzelle **11** oder dergleichen bestimmt werden. Beispielsweise kann die vorgegebene Spannung V_1 auf etwa 10% der Leerlaufspannung OCV eingestellt werden. In dem Fall, dass die FC-Spannung V_F höchstens so hoch ist wie etwa 10% der Leerlaufspannung OCV, kann der Fehlerstromdetektor **44** einen Fehlerstrom nur unter Schwierigkeiten erfassen, und die Gefahr, dass ein falsches Signal ausgegeben wird, wird hoch.

[0035] Wenn die FC-Spannung V_F zu einem Zeitpunkt t_{14}, der in **Fig.** 2 dargestellt ist, die vorgegebene Spannung V_1 erreicht, führt der Regelabschnitt **50** die Bestimmung im Hinblick auf den Fehlerstrom auf Basis des Signals vom Fehlerstromdetektor **44** durch, wie in Schritt S112 in **Fig.** 3 dargestellt. Wie in Schritt S113 in **Fig.** 3 dargestellt, erfasst dann der Regelabschnitt **50**, die FC-Spannung V_F über den Spannungssensor **43** und wartet, bis die FC-Spannung V_F die Betriebsspannung V_0 erreicht, wie in Schritt S114 in **Fig.** 3 dargestellt. Zum Zeitpunkt t_{15}, der in **Fig.** 2 dargestellt ist, erreicht die FC-Spannung V_F

der Brennstoffzelle **11** dann die Betriebsspannung V_0. Da die sekundärseitige Spannung V_H, bei der es sich um die Ausgangsspannung des Aufwärts-/Abwärts-Spannungswandlers **13** handelt, zu dieser Zeit auf der Betriebsspannung V_0 gehalten wird, wird die FC-Spannung V_F der Brennstoffzelle zu dieser Zeit ebenfalls auf der Betriebsspannung V_0 gehalten und steigt daher nicht auf die Leerlaufspannung OCV. Während dieser Zeit steigt die FC-Spannung V_F der Brennstoffzelle **11** gleichmäßig bzw. ständig an. Nachdem die FC-Spannung V_F der Brennstoffzelle **11** die Betriebsspannung V_0 erreicht hat, hält der Regelabschnitt **50**, wie in Schritt S115 in **Fig.** 3 dargestellt, den Zustand des Brennstoffzellensystems **100** während des Zeitraums von einem Zeitpunkt t_{15} bis zu einem Zeitpunkt t_{16}, die in **Fig.** 2 dargestellt sind, aufrecht, um zu prüfen, ob der Betrieb des Brennstoffzellensystems **100** stabil ist. Nach Prüfen, ob das Brennstoffzellensystem **100** stabil ist, schließt der Regelabschnitt **50** das Starten des Brennstoffzellensystems **100** ab, wie in Schritt S116 in **Fig.** 3 dargestellt, und bewirkt, dass das Brennstoffzellensystem **100** zum Zeitpunkt t_{17}, der in **Fig.** 2 dargestellt ist, in den Normalbetrieb übergeht.

[0036] Falls der Regelabschnitt **50** in Schritt S113 von **Fig.** 3 dagegen bestimmt, dass ein Fehlerstrom vorhanden ist, hält er das Brennstoffzellensystem **100** an, wie in Schritt S117 in **Fig.** 3 dargestellt.

[0037] In dem Fall, dass in Schritt S107 in **Fig.** 3 der Spannungsunterschied zwischen der FC-Spannung V_F und der sekundärseitigen Spannung V_H, bei der es sich um die Ausgangsspannung des Aufwärts-/Abwärts-Spannungswandlers **13** handelt, den Schwellenwert nicht erreicht, d. h. in dem Fall, dass die Startspannung der Brennstoffzelle **11** hoch ist und der Spannungsunterschied zwischen der FC-Spannung V_F und der sekundärseitigen Spannung V_H den Schwellenwert nicht erreicht, kommt es nur selten zu einer falschen Bestimmung eines Fehlerstroms, selbst wenn die Fehlerstromerfassung unmittelbar nach Schließen der FC-Relais durchgeführt wird. Daher führt der Regelabschnitt **50** die Bestimmung im Hinblick auf den Fehlerstrom auf Basis des Signals vom Fehlerstromdetektor **44** unmittelbar nach Schließen der FC-Relais **24** durch, wie in Schritten S201 und S202 in **Fig.** 4 dargestellt. Wenn der Regelabschnitt **50**, wie in Schritt S203 in **Fig.** 4 dargestellt, bestimmt, das kein Fehlerstrom vorhanden ist, startet er dann den Luftkompressor **19**, wie in Schritt S204 in **Fig.** 4 dargestellt. Nachdem der Luftkompressor **19** gestartet wurde und die Luftzufuhr zur Brennstoffzelle **11** begonnen hat, beginnt die elektrochemische Reaktion zwischen dem Wasserstoff und dem Sauerstoff aus der Luft innerhalb der Brennstoffzelle **11**, so dass die FC-Spannung V_F der Brennstoffzelle **11**, die vom Spannungssensor **43** erfasst wird, allmählich von der Startspannung aus ansteigt und die Betriebsspannung V_0 erreicht. Nach Ablauf einer Stabilisierungszeit nach Erreichen der Betriebsspannung V_0 durch die FC-Spannung V_F, wie in Schritten S205 und S206 in **Fig.** 4 dargestellt, schließt der Regelabschnitt **50** das Starten des Brennstoffzellensystems **100** ab, wie in Schritt S207 in **Fig.** 4 dargestellt, und geht in den Normalbetrieb über.

[0038] In der vorangehenden Ausführungsform wird nach Ablauf der Zeit Δt, die ab der Schließungsbetätigung der FC-Relais bis zur Ladung der Kapazität des Fehlerstromdetektors **44** nötig ist, die Bestimmung im Hinblick auf einen Fehlerstrom durchgeführt, nachdem die FC-Spannung V_F die vorgegebene Spannung V_1 erreicht hat. Daher kann eine falsche Bestimmung eines Fehlerstroms beschränkt werden, und das Anhalten des Brennstoffzellensystems **100** auf Basis einer falschen Bestimmung eines Fehlerstroms kann beschränkt werden. Außerdem kann die Brennstoffzelle **11** gestartet werden, ohne dass die FC-Spannung V_F der Brennstoffzelle **11** auf die Leerlaufspannung OCV erhöht werden müsste, und daher kann die Verkürzung der Standzeit der Brennstoffzelle beim Starten beschränkt werden, und die Lebensdauer der Brennstoffzelle kann aufrechterhalten werden.

[0039] In dem Fall, dass in Schritt S203 in **Fig.** 4 bestimmt wird, dass ein Fehlerstrom vorhanden ist, hält außerdem der Regelabschnitt **50** das Brennstoffzellensystem **100** an, wie in Schritt S208 in **Fig.** 4 dargestellt.

[0040] Obwohl in der vorangehenden Beschreibung dieser Ausführungsform die vorgegebene Spannung V_1 etwa 10% der Leerlaufspannung OCV beträgt, kann die vorgegebene Spannung V_1 auf die Betriebsspannung V_0 gesetzt werden, um die Ausgabe eines falschen Erfassungssignals vom Fehlerstromdetektor **44** weiter zu beschränken. Die Betriebsspannung V_0 beträgt etwa 90% der Leerlaufspannung OCV. In diesem Fall führt der Regelabschnitt **50** zum Zeitpunkt t_{15}, der in **Fig.** 2 dargestellt ist, wenn die FC-Spannung V_F die Betriebsspannung V_0 erreicht, die Bestimmung im Hinblick auf den Fehlerstrom durch, wie in Schritt S112 in **Fig.** 3 dargestellt. Nach Ablauf der Stabilisierungszeit für das Brennstoffzellensystem **100** schließt der Regelabschnitt **50** dann das Starten des Brennstoffzellensystems **100** ab und geht auf den Normalbetrieb über. In diesem Fall kann eine falsche Bestimmung des Vorhandenseins eines Fehlerstroms stärker beschränkt werden als in der vorangehenden Ausführungsform.

[0041] Eine weitere Startbetätigung des Brennstoffzellensystems **100** dieser Ausführungsform wird mit Bezug auf **Fig.** 5 beschrieben. Abschnitte, die im Wesentlichen denen der oben mit Bezug auf **Fig.** 2 und **Fig.** 4 beschriebenen Ausführungsform gleich sind, sind mit den gleichen Bezugszeichen versehen, und auf ihre Beschreibung wird nachstehend verzichtet.

[0042] **Fig.** 5 zeigt einen Fall, wo die FC-Spannung V_F der Brennstoffzelle **11** schnell von der Startspannung aus ansteigt, wenn die FC-Relais **24** zum Zeitpunkt t_{22} geschlossen werden und der Luftkompressor **10** gestartet wird und die Luftzufuhr zur Brennstoffzelle **11** beginnt. In diesem Fall erreicht die FC-Spannung V_F die Betriebsspannung V_0 zum Zeitpunkt t_{24}, während der Regelabschnitt **50** in Schritt S110, der in **Fig.** 3 dargestellt ist, wartet, bis die vorgegebene Zeit Δt zum Laden des Kondensators des Fehlerstromdetektors **44** abgelaufen ist. Bis zum Ablauf der vorgegebenen Zeit Δt ist jedoch das Laden der Kapazität des Fehlerstromdetektors **44** nicht ausreichend, und die Möglichkeit einer falschen Erfassung eines Fehlerstroms ist hoch, wenn die Bestimmung im Hinblick auf einen Fehlerstrom durchgeführt wird. Daher führt der Regelabschnitt **50** keine Bestimmung im Hinblick auf einen Fehlerstrom durch, bis die vorgegebene Zeit Δt abgelaufen ist. Dann vergleicht der Regelabschnitt **50** zum Zeitpunkt t_{25}, der in **Fig.** 5 dargestellt ist, zu dem die Zeit Δt abläuft, die FC-Spannung V_F mit der vorgegebenen Spannung V_1, wie in Schritt 111 in **Fig.** 3 dargestellt. Eigentlich hat zu dieser Zeit die FC-Spannung V_F bereits die Betriebsspannung V_0 erreicht, die höher ist als die vorgegebene Spannung V_1. Daher führt der Regelabschnitt **50** zum Zeitpunkt t_{25}, der in **Fig.** 5 dargestellt ist, in Schritt S112, der in **Fig.** 3 dargestellt ist, die Bestimmung im Hinblick auf einen Fehlerstrom durch. Zu einem Zeitpunkt t_{26}, der in **Fig.** 5 dargestellt ist, zu dem die Stabilisierungszeit für das Brennstoffzellensystem **100** abgelaufen ist, schließt der Regelabschnitt **50** dann das Starten des Brennstoffzellensystems **100** ab und geht auf den Normalbetrieb über.

[0043] Bei dieser Art eines Systemstarts kann eine falsche Bestimmung des Vorhandenseins eines Fehlerstroms beschränkt werden, und daher kann ein Stopp des Brennstoffzellensystems **100** auf Basis einer falschen Bestimmung des Vorhandenseins eines Fehlerstroms beschränkt werden. Da die Brennstoffzelle **11** außerdem gestartet werden kann, ohne dass die FC-Spannung V_F der Brennstoffzelle **11** auf die Leerlaufspannung OCV erhöht werden müsste, kann die Verkürzung der Standzeit der Brennstoffzelle **11** aufgrund des Startens beschränkt werden, und die Lebensdauer kann aufrechterhalten werden.

[0044] Obwohl die Erfindung mit Bezug auf Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, sei klargestellt, dass die Erfindung nicht auf die Ausführungs- oder Aufbaubeispiele beschränkt ist. Im Gegenteil soll die Erfindung auch verschiedene Modifikationen und gleichwertige Anordnungen umfassen. Außerdem sind zwar die verschiedenen Elemente der Ausführungsbeispiele in verschiedenen Kombinationen und Konfigurationen dargestellt, bei denen es sich um Beispiele handelt, aber andere Kombinationen und Konfigurationen, einschließlich von mehr, weniger oder nur einem einzigen Element, liegen ebenfalls im Gedanken und Bereich der vorliegenden Erfindung.

Patentansprüche

1. Regelverfahren für ein Brennstoffzellensystem (**100**), das aufweist: eine auf- und entladbare Sekundärzelle (**12**); einen Spannungswandler (**13**), der zwischen der Sekundärzelle (**12**) und einem Verbraucher vorgesehen ist; eine Brennstoffzelle (**11**), die durch eine elektrochemische Reaktion zwischen einem Brenngas und einem Oxidierungsgas Elektrizität erzeugt und die über einen gemeinsamen Stromweg, den die Brennstoffzelle (**11**) und ein Spannungswandler (**13**) gemeinsam nutzen, elektrische Leistung zum Verbraucher liefert; ein FC-Relais (**24**), das eine elektrische Verbindung zwischen der Brennstoffzelle (**11**) und dem gemeinsamen elektrischen Weg ein- und ausschaltet; und einen Fehlerstromdetektor (**44**), der einen Fehlerstrom in einem elektrischen System erfasst, das die Sekundärzelle (**12**), den Spannungswandler (**13**) und die Brennstoffzelle (**11**) aufweist, wobei das Verfahren aufweist:
Starten der Brennstoffzelle (**11**) durch Erhöhen der Spannung der Brennstoffzelle (**11**) von einer Startspannung auf eine Betriebsspannung, die niedriger ist als eine Leerlaufspannung; und
Durchführen einer Bestimmung im Hinblick auf einen Fehlerstrom nach Ablauf einer vorgegebenen Zeit, wenn das FC-Relais (**24**) geschlossen ist, während ein Spannungsunterschied zwischen der Spannung der Brennstoffzelle (**11**) und einer Spannung, die vom Spannungswandler (**13**) zum Verbraucher geliefert wird, größer ist als ein vorgegebener Schwellenwert, wobei die vorgegebene Zeit eine Zeit ist, die nötig ist, bis ein Kondensator, der in einer Schaltung des Fehlerstromdetektors (**44**) enthalten ist, aufgeladen ist.

2. Regelverfahren für ein Brennstoffzellensystem (**100**) nach Anspruch 1, wobei die Bestimmung im Hinblick auf den Fehlerstrom durchgeführt wird, nachdem die Spannung der Brennstoffzelle (**11**) nach dem Schließen des FC-Relais (**24**) eine vorgegebene Spannung erreicht hat.

3. Regelverfahren für ein Brennstoffzellensystem (**100**) nach Anspruch 2, wobei die vorgegebene Spannung im Hinblick auf die Fehlerstrombestimmung die Betriebsspannung ist.

4. Brennstoffzellensystem (**100**), aufweisend:
eine auf- und entladbare Sekundärzelle (**12**);
einen Spannungswandler (**13**), der zwischen der Sekundärzelle (**12**) und einem Verbraucher vorgesehen ist;
eine Brennstoffzelle (**11**), die durch eine elektrochemische Reaktion zwischen einem Brenngas und einem Oxidierungsgas Elektrizität erzeugt und die über einen gemeinsamen Stromweg, den die Brennstoffzelle (**11**) und ein Spannungswandler (**13**) gemein-

sam nutzen, elektrische Leistung zum Verbraucher liefert;
ein FC-Relais (**24**), das eine elektrische Verbindung zwischen der Brennstoffzelle (**11**) und dem gemeinsamen elektrischen Weg ein- und ausschaltet;
einen Fehlerstromdetektor (**44**), der einen Fehlerstrom in einem elektrischen System, das die Sekundärzelle (**12**), den Spannungswandler (**13**) und die Brennstoffzelle (**11**) beinhaltet, erfasst, und
einen Regelabschnitt (**50**), der ausgestaltet ist, um das Regelverfahren gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 durchzuführen.

5. Elektrofahrzeug (**200**), das ein Brennstoffzellensystem (**100**) nach Anspruch 4 aufweist.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

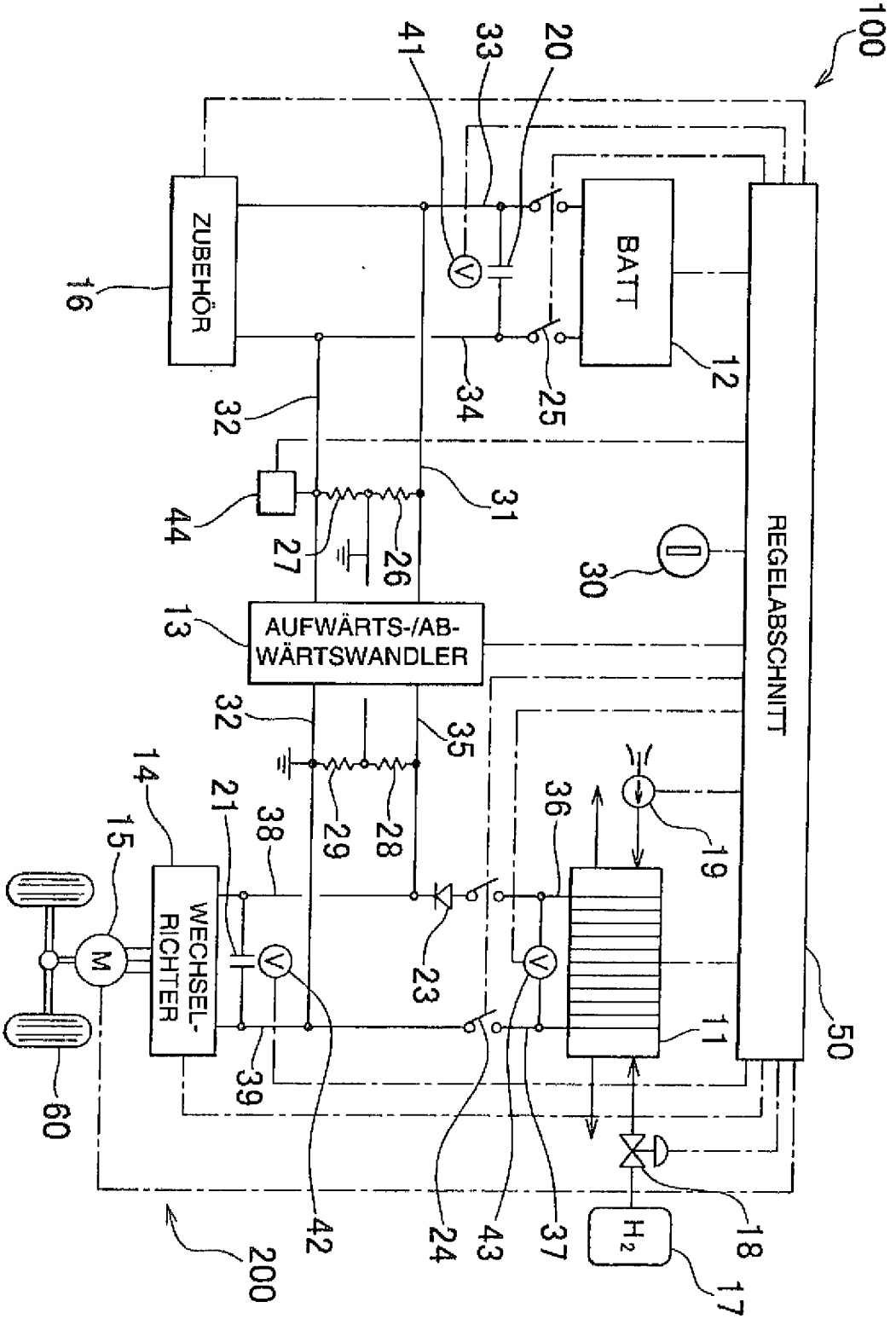


FIG. 1

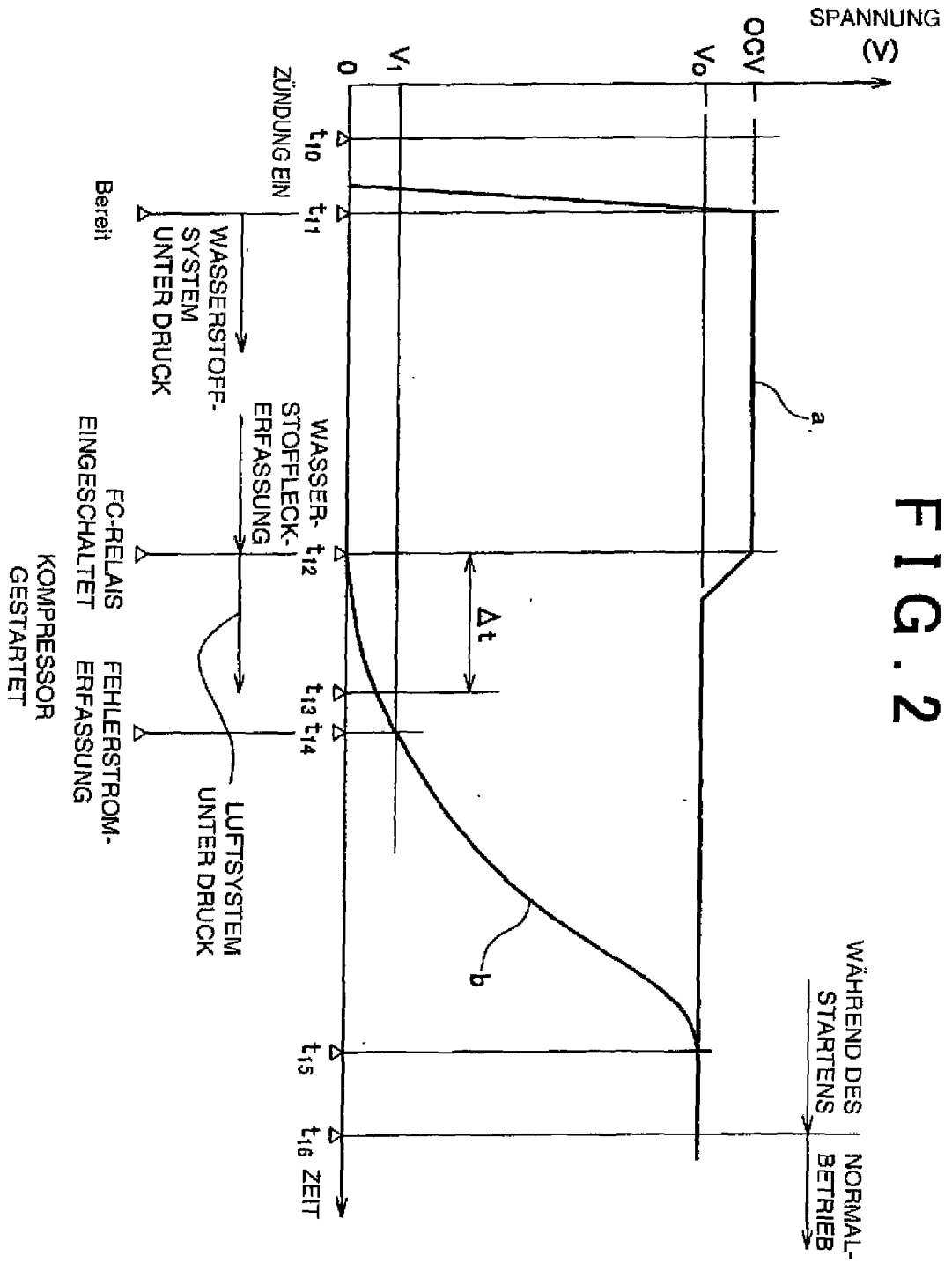

SPANNUNG (V)
OCV
V_o
V_1
0
ZÜNDUNG EIN
t_{10}
t_{11}
Bereit
WASSERSTOFF-SYSTEM UNTER DRUCK
WASSER-STOFFLECK-ERFASSUNG
t_{12}
Δt
FC-RELAIS EINGESCHALTET
KOMPRESSOR GESTARTET
t_{13} t_{14}
FEHLERSTROM-ERFASSUNG
LUFTSYSTEM UNTER DRUCK
a
b
t_{15}
t_{16} ZEIT
WÄHREND DES STARTENS
NORMAL-BETRIEB

FIG. 2

FIG. 3A

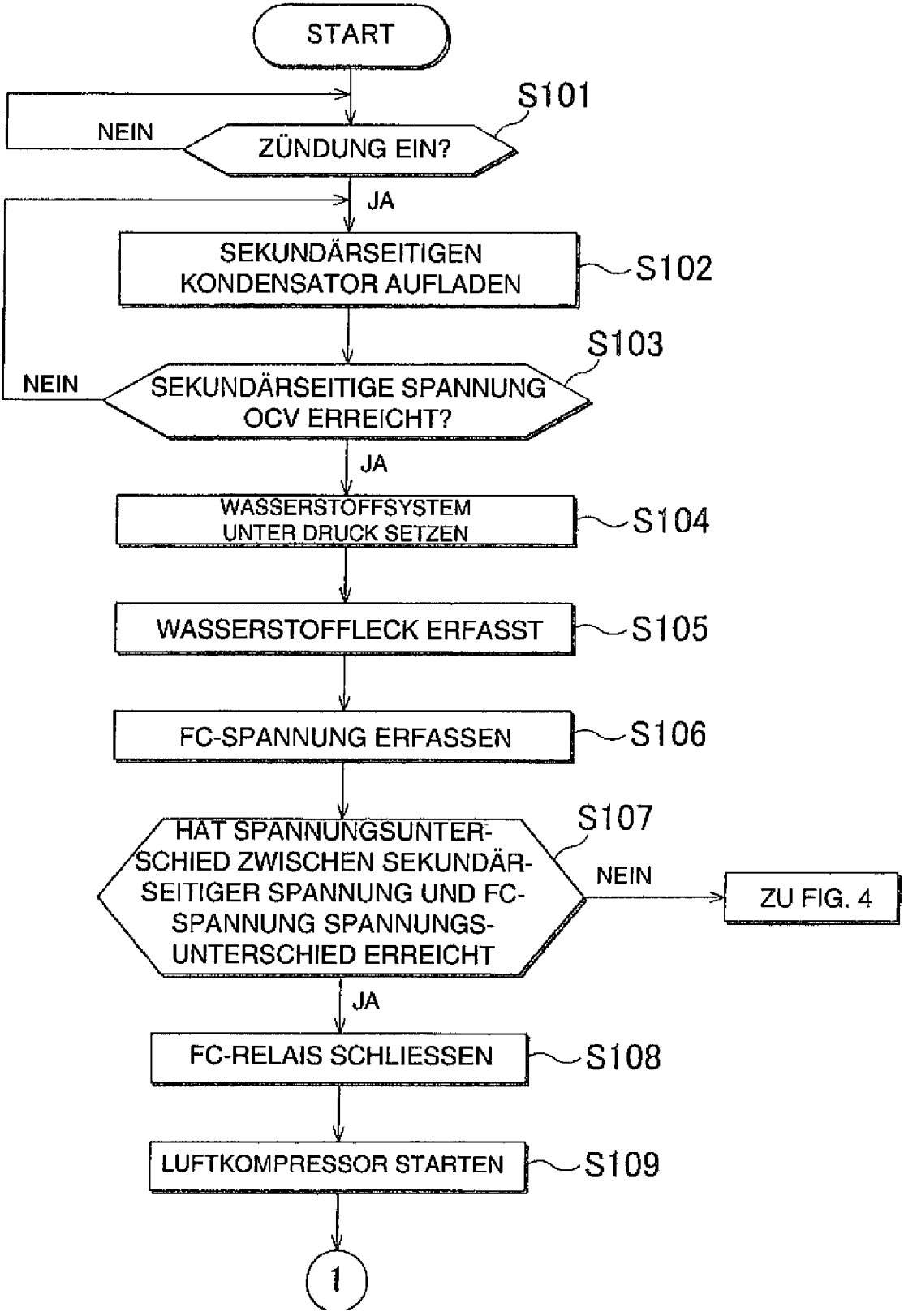

START
S101
NEIN
ZÜNDUNG EIN?
JA
SEKUNDÄRSEITIGEN KONDENSATOR AUFLADEN
S102
S103
NEIN
SEKUNDÄRSEITIGE SPANNUNG OCV ERREICHT?
JA
WASSERSTOFFSYSTEM UNTER DRUCK SETZEN
S104
WASSERSTOFFLECK ERFASST
S105
FC-SPANNUNG ERFASSEN
S106
S107
HAT SPANNUNGSUNTER-SCHIED ZWISCHEN SEKUNDÄR-SEITIGER SPANNUNG UND FC-SPANNUNG SPANNUNGS-UNTERSCHIED ERREICHT
NEIN
ZU FIG. 4
JA
FC-RELAIS SCHLIESSEN
S108
LUFTKOMPRESSOR STARTEN
S109
1

FIG. 3B

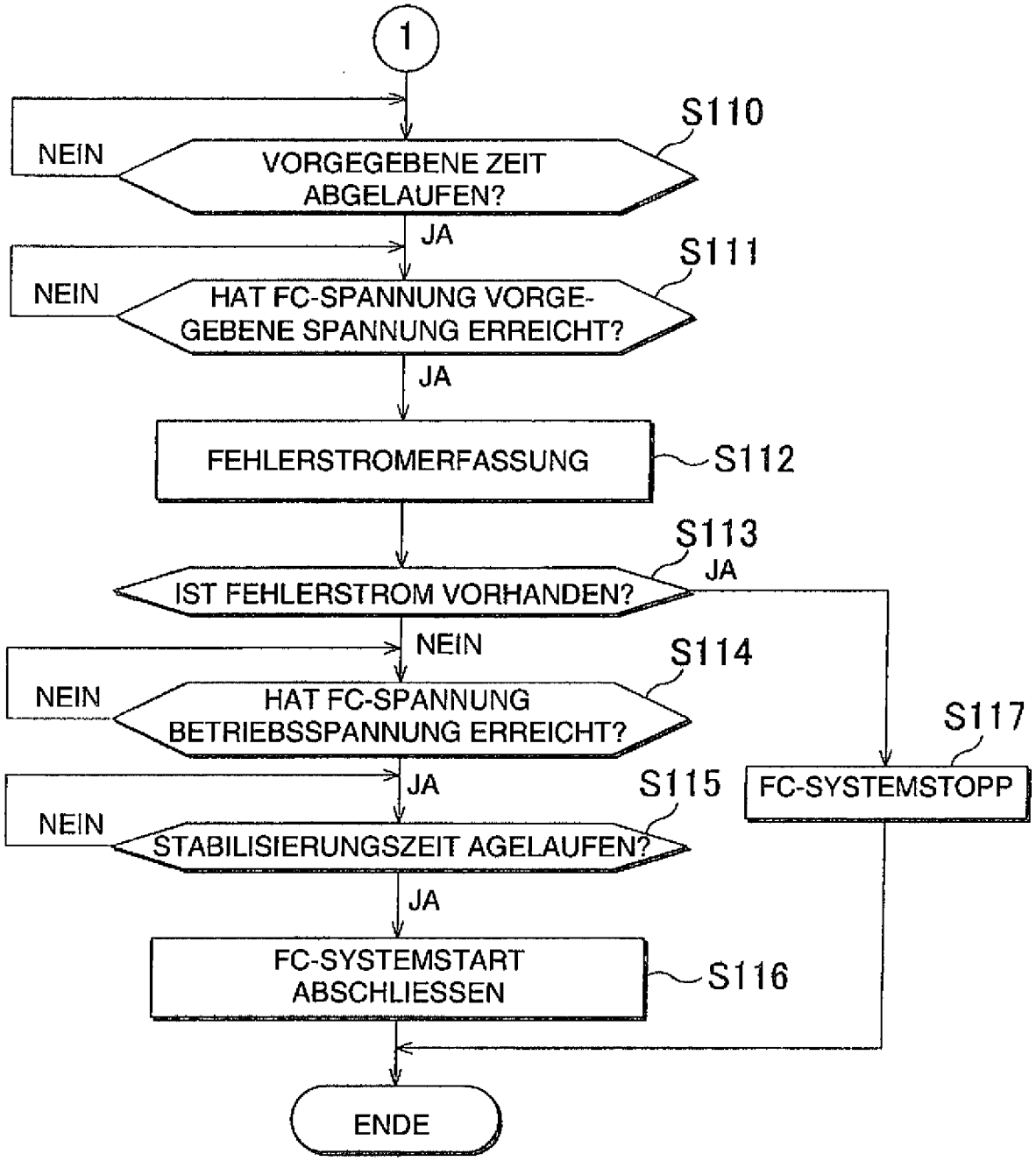

1
S110
NEIN
VORGEGEBENE ZEIT ABGELAUFEN?
JA
S111
NEIN
HAT FC-SPANNUNG VORGE-GEBENE SPANNUNG ERREICHT?
JA
FEHLERSTROMERFASSUNG
S112
S113
IST FEHLERSTROM VORHANDEN?
JA
NEIN
S114
NEIN
HAT FC-SPANNUNG BETRIEBSSPANNUNG ERREICHT?
S117
FC-SYSTEMSTOPP
JA
S115
NEIN
STABILISIERUNGSZEIT AGELAUFEN?
JA
FC-SYSTEMSTART ABSCHLIESSEN
S116
ENDE

FIG. 4

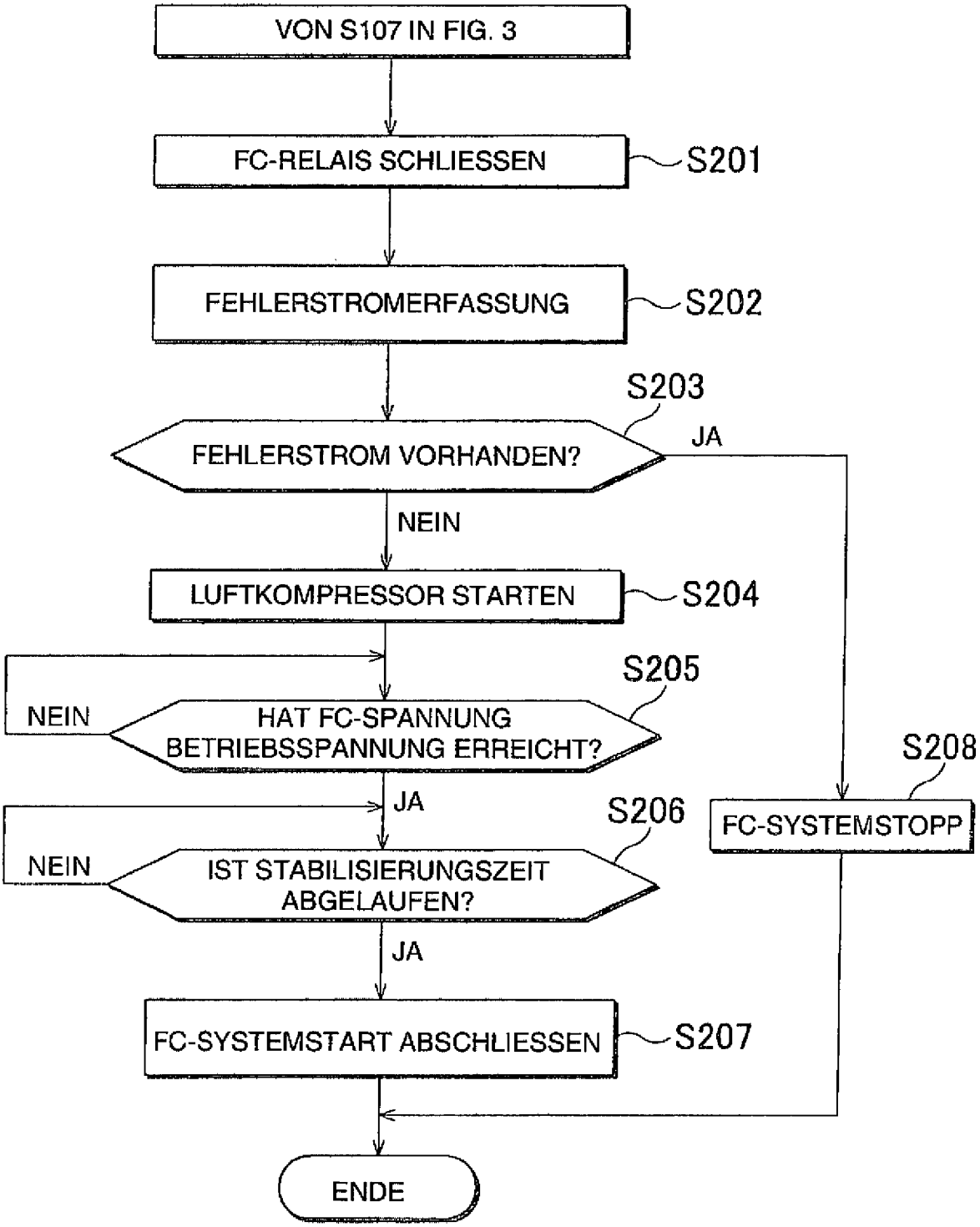
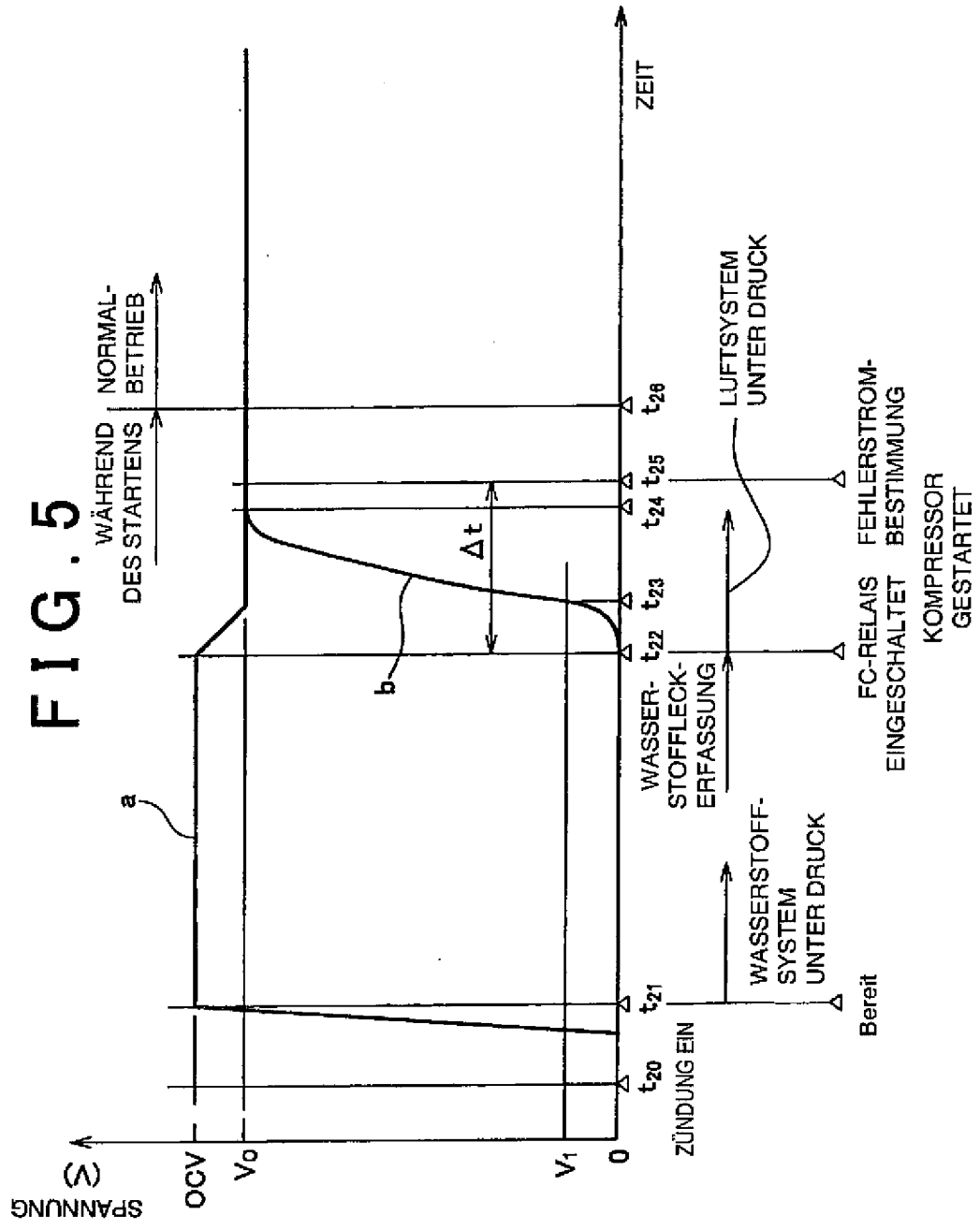

VON S107 IN FIG. 3
FC-RELAIS SCHLIESSEN
S201
FEHLERSTROMERFASSUNG
S202
S203
FEHLERSTROM VORHANDEN?
JA
NEIN
LUFTKOMPRESSOR STARTEN
S204
S205
NEIN
HAT FC-SPANNUNG BETRIEBSSPANNUNG ERREICHT?
JA
S206
NEIN
IST STABILISIERUNGSZEIT ABGELAUFEN?
JA
S208
FC-SYSTEMSTOPP
FC-SYSTEMSTART ABSCHLIESSEN
S207
ENDE

FIG. 5


SPANNUNG (V)
OCV
V_0
V_1
0
ZEIT
t_{20}
t_{21}
t_{22}
t_{23}
t_{24}
t_{25}
t_{26}
ZÜNDUNG EIN
WASSERSTOFF-SYSTEM UNTER DRUCK
Bereit
WASSER-STOFFLECK-ERFASSUNG
FC-RELAIS EINGESCHALTET
FEHLERSTROM-BESTIMMUNG
KOMPRESSOR GESTARTET
LUFTSYSTEM UNTER DRUCK
WÄHREND DES STARTENS
NORMAL-BETRIEB
a
b
Δt