



(10) **DE 10 2016 214 662 A1** 2017.02.16

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2016 214 662.9**  
 (22) Anmeldetag: **08.08.2016**  
 (43) Offenlegungstag: **16.02.2017**

(51) Int Cl.: **H01M 8/04 (2016.01)**  
**B60L 11/18 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**2015-158275 10.08.2015 JP**

(74) Vertreter:  
**Weickmann & Weickmann Patentanwälte -  
 Rechtsanwalt PartmbB, 81679 München, DE**

(71) Anmelder:  
**Honda Motor Co., Ltd., Tokyo, JP**

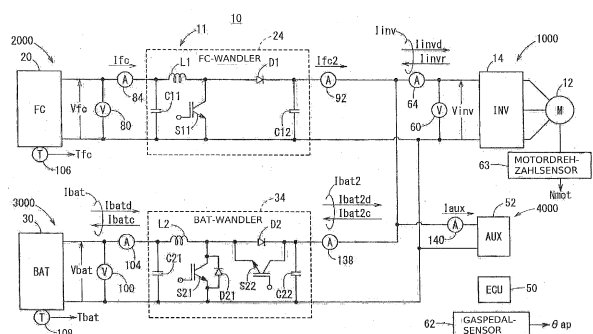
(72) Erfinder:  
**Kazuno, Shuichi, Wako-shi, Saitama, JP**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Steuern eines Brennstoffzellensystems, Verfahren zum Steuern eines Brennstoffzellenautomobils und Brennstoffzellenautomobil**

(57) Zusammenfassung: Es werden ein Verfahren zum Steuern eines Brennstoffzellensystems, ein Verfahren zum Steuern eines Brennstoffzellenautomobils sowie ein Brennstoffzellenautomobil angegeben, um ein Überladen etc. einer Stromspeichervorrichtung (Batterie) mit überschüssiger elektrischer Energie zu verhindern, welche von einer Brennstoffzelle (FC) erzeugt wird. Wenn sich der SOC einer Batterie (30) einer Obergrenze annähert, besteht ein Risiko, dass ein Überladen der Batterie (30) auftreten könnte. In diesem Fall wird, unter Verwendung eines BAT-Wandlers (34), eine Inverterklemmenspannung ( $V_{inv}$ ) auf die FC-Leerlaufspannung ( $V_{fcOCV}$ ) oder höher hochgestuft, wobei ein Hochstuf-FC-Wandler (24) in einen Unterbrechungszustand versetzt wird, um ein Überladen zu verhindern.



**Beschreibung**

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

## Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern eines Brennstoffzellensystems zum Betreiben einer Last unter Verwendung von parallel vorgesehenen Stromquellen (Brennstoffzelle und Stromspeichervorrichtung), sowie ein Verfahren zum Steuern eines Brennstoffzellenautomobils in einem Fall, wo die Last ein Traktionsmotor ist, sowie ein Brennstoffzellenfahrzeug zum Ausführen der obigen Steuerverfahren.

## Beschreibung der verwandten Technik

**[0002]** In einem in der JP 2011-205735 A offenbarten Brennstoffzellenautomobil wird die Brennstoffzellenspannung mit einem Brennstoffzellenwandler hochgestuft und wird die Stromspeichervorrichtung-Spannung mit einem Stromspeichervorrichtung-Wandler hochgestuft. Diese Spannungen werden zusammengeführt, um eine zusammengeführte elektrische Energie zu erzeugen, und die zusammengeführte elektrische Energie wird zum Antrieb eines Fahrzeugmotors durch einen Inverter benutzt (Absätze [0019] und [0020] der JP 2011-205735 A).

**[0003]** Gemäß Absatz [0031] der JP 2011-205735 A wird der Betrieb des Brennstoffzellenwandlers bei sofortigem Stopp des Fahrzeugmotors gestoppt, und werden die Brennstoffzelle und der Inverter direkt elektrisch miteinander verbunden (dieser Zustand wird als „Direktverbindungszustand“ bezeichnet). Ferner wird, gemäß der Offenbarung dieser Schrift, in diesem Direktverbindungszustand normalerweise die Inverterklemmenspannung signifikant höher als die Leerlaufspannung (OCV) der Brennstoffzelle. Daher findet die Stromerzeugung der Brennstoffzelle nicht statt, und somit wird die durch die Stromerzeugung erzeugte überschüssige elektrische Energie der Stromspeichervorrichtung durch den Stromspeicherwandler nicht zugeführt. Demzufolge können nachteilige Wirkungen auf den Stromspeichervorrichtung-Wandler oder den Inverter verringert werden.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0004]** Jedoch ist die OCV der Brennstoffzelle nicht konstant, und ändert sich in Abhängigkeit vom Alterungsgrad der Brennstoffzelle und der Temperatur. Daher hat sich herausgestellt, dass auch in dem Fall, wo die Brennstoffzelle und der Inverter in den Direktverbindungszustand versetzt werden, die Inverterklemmenspannung nicht auf die OCV der Brennstoffzelle angehoben werden könnte.

**[0005]** Wenn zum Beispiel, wie im Stand der Technik, die Umgebungstemperatur niedrig wird, wie etwa eine Temperatur unterhalb dem Gefrierpunkt, wird in der Festpolymerelektrolyt-Brennstoffzelle, der sogenannten PEM-Brennstoffzelle, die Feuchtigkeit der Elektrolytmembran durch Spülung verringert, und steigt die OCV an.

**[0006]** Falls die Inverterklemmenspannung nicht auf die OCV der Brennstoffzelle angehoben wird, nähert sich, im Direktverbindungszustand, die Brennstoffzellenspannung der Inverterklemmenspannung an, und demzufolge könnte es nicht möglich sein, die elektrische Energie der Brennstoffzelle zu unterbrechen.

**[0007]** Da in diesem Fall die überschüssige elektrische Energie der Brennstoffzelle der Stromspeichervorrichtung durch den Stromspeichervorrichtung-Wandler zugeführt wird, könnte der Stromspeichervorrichtung-Wandler beeinträchtigt werden, und es könnte eine Verschlechterung der Stromspeichervorrichtung durch Überladen derselben die nachteilige Folge sein.

**[0008]** Wenn, gemäß dem Absatz [0032] der JP 2011-205735 A, in einem Zustand, wo der Motor plötzlich gestoppt wird, die Inverterklemmenspannung niedriger ist als die OCV der Brennstoffzelle, ist es auch möglich, eine solche Steuerung durchzuführen, dass ein Befehlswert zum Setzen der Inverterklemmenspannung auf einen Wert oberhalb der OCV geändert wird.

**[0009]** Jedoch könnte die überschüssige elektrische Energie der Brennstoffzelle ein Überladen der Stromspeichervorrichtung bewirken, unabhängig davon, ob der Motor plötzlich gestoppt wird. Die JP 2011-205735 A spricht dieses Problem an, und enthält keinerlei Offenbarung über etwaige Mittel zur Lösung des Problems.

**[0010]** Die vorliegende Erfindung ist zur Lösung dieses Problems gemacht worden, und Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zum Steuern eines Brennstoffzellensystems, ein Verfahren zum Steuern eines Brennstoffzellenautomobils sowie ein Brennstoffzellenautomobil anzugeben, womit es möglich ist, ein Überladen etc. einer Stromspeichervorrichtung durch von einer Brennstoffzelle erzeugte überschüssige elektrische Energie zu verhindern.

**[0011]** Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Steuern/Regeln eines Brennstoffzellensystems angegeben. Das Brennstoffzellensystem enthält eine Brennstoffzelle, die konfiguriert ist, um eine Brennstoffzellenspannung als Primärspannung zu erzeugen; eine Stromspeichervorrichtung, die konfiguriert ist, um eine Stromspeichervorrichtung-Spannung als andere Primär-

spannung zu erzeugen; eine Lasttreibereinheit, der eine Sekundärspannung zugeführt wird, wobei die Lasttreibereinheit zum Antrieb einer Last konfiguriert ist; einen ersten Wandler, der zwischen der Stromspeichervorrichtung und der Lasttreibereinheit vorgesehen und konfiguriert ist, um eine Spannungswandlung zwischen der Stromspeichervorrichtung-Spannung und der Sekundärspannung durchzuführen; und einen zweiten Wandler, der zwischen der Brennstoffzelle und der Lasttreibereinheit vorgesehen und konfiguriert ist, um eine Spannungswandlung zwischen der Brennstoffzellenspannung und der Sekundärspannung durchzuführen. Das Verfahren enthält: einen Sekundärspannungs-Hochstufschritt zum Steuern/Regeln des ersten Wandlers, um hierdurch zu erlauben, dass die Sekundärspannung höher wird als die Brennstoffzellenspannung, ohne einer Änderung einer für die Last angeforderten elektrischen Energie zu folgen.

**[0012]** In der vorliegenden Erfindung ist es durch Steuern/Regeln der Klemmenspannung der Lasttreibereinheit, welche die Sekundärspannung ist, dass sie höher wird als die Brennstoffzellenspannung, möglich, die Ausgabe von der Brennstoffzelle zu unterbrechen. Demzufolge wird es möglich, ein Überladen, etc., der Stromspeichervorrichtung mit von der Brennstoffzelle erzeugter überschüssiger elektrischer Energie zu vermeiden.

**[0013]** Ferner enthält das Verfahren vor dem Sekundärspannungs-Hochstufschritt, einen Stromspeichervorrichtung-Ladezustand-Bestimmungsschritt zum Bestimmen, ob das Laden der Stromspeichervorrichtung mit von der Brennstoffzelle erzeugter elektrischer Energie in einem akzeptablen Zustand ist oder nicht. Wenn bestimmt wird, dass das Laden der Stromspeichervorrichtung mit der von der Brennstoffzelle erzeugten elektrischen Energie nicht in einem akzeptablen Zustand ist, wird der Sekundärspannungs-Hochstufschritt durchgeführt. Auf diese Weise ist es möglich, das Laden der Stromspeichervorrichtung mit der von der Brennstoffzelle erzeugten elektrischen Energie zu unterbrechen.

**[0014]** Insbesondere wird bevorzugt in dem Stromspeichervorrichtung-Ladezustand-Bestimmungsschritt ein Ladezustand, d. h. SOC, der Stromspeichervorrichtung erfasst, und wenn der erfasste SOC gleich oder größer als ein SOC-Schwellenwert ist, wird der Sekundärspannungs-Hochstufschritt durchgeführt.

**[0015]** Falls der SOC der Stromspeichervorrichtung einen Wert hat, der gleich oder höher als der SOC-Schwellenwert ist, besteht ein Risiko, dass das Laden der Stromspeichervorrichtung in Überschuss resultieren könnte, oder in Überladen resultieren könnte. Unter diesen Umständen kann durch Hochstufen der Sekundärspannung ein solches Risiko eliminiert

werden und es wird möglich, eine Verschlechterung der Brennstoffausnutzung (elektrischen Energieeffizienz) des Brennstoffzellensystems zu verhindern.

**[0016]** In diesem Fall wird, vor dem Sekundärspannungs-Hochstufschritt, der erste Wandler in einen gestoppten Zustand versetzt, um die Stromspeichervorrichtung direkt mit der Lasttreibereinheit zu verbinden. Auf diese Weise wird es möglich, die Systemeffizienz zu verbessern.

**[0017]** Ferner enthält das Verfahren bevorzugt einen Energieerzeugungs-Strom-Nullwert-Setzschrift zum Setzen eines Energieerzeugungs-Stroms auf einen Nullwert vor dem Ansteuern des ersten Wandlers, um hierdurch zu erlauben, dass die Sekundärspannung höher als die Brennstoffzellenspannung wird. Indem der Energieerzeugungsstrom auf einen Nullwert gesetzt wird, wird die Brennstoffzellenspannung zur OCV (Leerlaufspannung), und kann die Ausgabe von der Brennstoffzelle zuverlässig unterbrochen werden.

**[0018]** Ferner wird gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zum Steuern/Regeln eines Brennstoffzellensystems angegeben. Das Brennstoffzellensystem enthält eine Brennstoffzelle, die konfiguriert ist, um eine Brennstoffzellenspannung als Primärspannung zu erzeugen; eine Stromspeichervorrichtung, die konfiguriert ist, um eine Stromspeichervorrichtung-Spannung als andere Primärspannung zu erzeugen; eine Lasttreibereinheit, der eine Sekundärspannung zugeführt wird, wobei die Lasttreibereinheit zum Antrieb einer Last konfiguriert ist; einen ersten Wandler, der zwischen der Stromspeichervorrichtung und der Lasttreibereinheit vorgesehen und konfiguriert ist, um eine Spannungswandlung zwischen der Stromspeichervorrichtung-Spannung und der Sekundärspannung durchzuführen; und einen zweiten Wandler, der zwischen der Brennstoffzelle und der Lasttreibereinheit vorgesehen und konfiguriert ist, um eine Spannungswandlung zwischen der Brennstoffzellenspannung und der Sekundärspannung durchzuführen. Das Verfahren enthält: einen Sekundärspannungs-Setzschrift zum Setzen der Sekundärspannung durch den ersten Wandler in Abhängigkeit von einer für die Last angeforderten elektrischen Energie; und einen zeitweiligen Sekundärspannungs-Fixierschritt, um, wenn die Sekundärspannung basierend auf einer Abnahme der für die Last angeforderten elektrischen Energie und/oder der regenerativen elektrischen Energie der Last abnimmt, die abnehmende Sekundärspannung durch den ersten Wandler zeitweilig zu fixieren.

**[0019]** Indem in der vorliegenden Erfindung die Sekundärspannung zeitweilig fixiert wird, ist es möglich, das Risiko zu reduzieren, dass die von der Brennstoffzelle erzeugte elektrische Energie abgezogen

wird, und die Steuerbarkeit der Brennstoffzelle zu verbessern.

**[0020]** In diesem Fall enthält das Verfahren bevorzugt ferner einen SOC-Erfassungsschritt zum Erfassen vom Ladezustand, d. h. SOC, der Stromspeichervorrichtung, wobei, wenn der erfasste SOC gleich oder größer als ein SOC-Schwellenwert ist, der zeitweilige Sekundärspannungs-Fixierschritt durchgeführt wird. Falls der SOC der Stromspeichervorrichtung einen Wert hat, der gleich oder höher als der SOC-Schwellenwert ist, besteht ein Risiko, dass das Laden der Stromspeichervorrichtung in Überschuss resultieren könnte, oder ein Überladen der Stromspeichervorrichtung auftreten könnte. In diesem Fall ist es durch temporäres Fixieren der Sekundärspannung möglich, ein Überladen der Stromspeichervorrichtung zu verhindern und die Brennstoff-Wirtschaftlichkeit (elektrische Energieeffizienz) des Brennstoffzellensystems zu verbessern.

**[0021]** In dieser Hinsicht wird bevorzugt in einem Fall, wo die Abnahme der Sekundärspannung durch regenerative elektrische Energie der Last verursacht wird, der zeitweilige Sekundärspannungs-Fixierschritt fortgesetzt, bis die Erzeugung der regenerativen elektrischen Energie der Last beendet ist. Auf diese Weise wird es möglich, das Risiko vom Überladen der Stromspeichervorrichtung zu reduzieren.

**[0022]** Gemäß einem noch anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Steuern/Regeln eines Brennstoffzellenautomobils angegeben. Das Brennstoffzellenautomobil enthält eine Brennstoffzelle, die konfiguriert ist, um eine Brennstoffzellenspannung als Primärspannung zu erzeugen; eine Stromspeichervorrichtung, die konfiguriert ist, um eine Stromspeichervorrichtung-Spannung als andere Primärspannung zu erzeugen; eine Motortreibereinheit, der eine Sekundärspannung zugeführt wird, wobei die Motortreibereinheit konfiguriert ist, um einen Motor anzutreiben, der eine Antriebskraft erzeugt, um eine Fahrt des Brennstoffzellenautomobils zu erlauben, einen ersten Wandler, der zwischen der Stromspeichervorrichtung und der Motortreibereinheit vorgesehen und konfiguriert ist, um eine Spannungswandlung zwischen der Stromspeichervorrichtung-Spannung und der Sekundärspannung durchzuführen; und einen zweiten Wandler, der zwischen der Brennstoffzelle und der Motortreibereinheit vorgesehen und konfiguriert ist, um eine Spannungswandlung zwischen der Brennstoffzellenspannung und der Sekundärspannung durchzuführen. Das Verfahren enthält: einen Verzögerungsbestimmungsschritt zum Bestimmen, ob das Brennstoffzellenautomobil in einem Verzögerungszustand ist oder nicht; und einen Sekundärspannungs-Hochstufschritt, um, wenn das Brennstoffzellenautomobil im Verzögerungszustand ist, den ersten Wandler anzusteuern, um hierdurch zu erlauben, dass die Se-

kundärspannung höher als die Brennstoffzellenspannung wird.

**[0023]** Allgemein wird während Verzögerung des Brennstoffzellenautomobils die elektrische Energie der Brennstoffzelle, die redundant (überschüssig) wird, zum Aufladen der Stromspeichervorrichtung verwendet. Wenn daher die elektrische Brennstoffzellenenergie fortlaufend erzeugt wird, könnte ein Überladen der Stromspeichervorrichtung auftreten. In diesem Fall ist es, gemäß der vorliegenden Erfindung, durch Erhöhen der Klemmenspannung der Motortreibereinheit, welche die Sekundärspannung ist, so dass sie die Brennstoffzellenspannung überschreitet, möglich, die Ausgabe von der Brennstoffzelle zu unterbrechen und ein Überladen der Stromspeichervorrichtung zu verhindern.

**[0024]** Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Brennstoffzellenautomobil angegeben. Das Brennstoffzellenautomobil enthält eine Brennstoffzelle, die konfiguriert ist, um eine Brennstoffzellenspannung als Primärspannung zu erzeugen; eine Stromspeichervorrichtung, die konfiguriert ist, um eine Stromspeichervorrichtung-Spannung als andere Primärspannung zu erzeugen; eine Motortreibereinheit, der eine Sekundärspannung zugeführt wird, wobei die Motortreibereinheit konfiguriert ist, um einen Motor anzutreiben, der eine Antriebskraft erzeugt, um eine Fahrt des Brennstoffzellenautomobils zu erlauben, einen ersten Wandler, der zwischen der Stromspeichervorrichtung und der Motortreibereinheit vorgesehen und konfiguriert ist, um eine Spannungswandlung zwischen der Stromspeichervorrichtung-Spannung und der Sekundärspannung durchzuführen; und einen zweiten Wandler, der zwischen der Brennstoffzelle und der Motortreibereinheit vorgesehen und konfiguriert ist, um eine Spannungswandlung zwischen der Brennstoffzellenspannung und der Sekundärspannung durchzuführen; einen Verzögerungszustand-Erfassungssensor; und eine elektronische Steuereinheit, die mit der Brennstoffzelle, der Stromspeichervorrichtung, der Motortreibereinheit, dem ersten Wandler, dem zweiten Wandler und dem Verzögerungszustand-Erfassungssensor verbunden ist. Wenn die elektronische Steuereinheit basierend auf einer Ausgabe des Verzögerungszustand-Erfassungssensors bestimmt, dass das Brennstoffzellenautomobil in einem Verzögerungszustand ist, steuert die elektronische Steuereinheit den ersten Wandler an, um hierdurch zu erlauben, dass die Sekundärspannung höher als die Brennstoffzellenspannung wird.

**[0025]** In der vorliegenden Erfindung wird es möglich, ein Überladen der Stromspeichervorrichtung mit der von der Brennstoffzelle erzeugten überschüssigen elektrischen Energie zu verhindern.

**[0026]** Die obigen und andere Ziele, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen näher ersichtlich, worin eine bevorzugte Ausführung der vorliegenden Erfindung als Illustrationsbeispiel gezeigt ist.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0027]** Fig. 1 ist ein Diagramm, das schematisch eine Struktur eines Brennstoffzellenautomobils gemäß einer Ausführung der vorliegenden Erfindung zeigt;

**[0028]** Fig. 2 ist eine Tabelle, die den Betrieb eines FC-Wandlers und eines BAT-Wandlers in Fig. 1 zeigt;

**[0029]** Fig. 3 ist ein Graph, der eine I-V-Kennlinie eines Brennstoffzellenstapels zeigt;

**[0030]** Fig. 4 ist ein Zeitdiagramm, das zur Erläuterung vom Betrieb gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel dient;

**[0031]** Fig. 5 ist ein Flussdiagramm, das zur Erläuterung vom Betrieb gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel dient;

**[0032]** Fig. 6 ist ein Zeitdiagramm, das zur Erläuterung vom Betrieb gemäß einem modifizierten Beispiel vom ersten Ausführungsbeispiel dient;

**[0033]** Fig. 7 ist ein Flussdiagramm, das zur Erläuterung vom Betrieb gemäß dem modifizierten Beispiel des ersten Ausführungsbeispiels dient;

**[0034]** Fig. 8 ist ein Zeitdiagramm, das zur Erläuterung vom Betrieb gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel dient; und

**[0035]** Fig. 9 ist ein Flussdiagramm, das zur Erläuterung vom Betrieb gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel dient.

#### BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGEN

**[0036]** Nachfolgend werden bevorzugte Ausführungen des Verfahrens zum Steuern/Regeln eines Brennstoffzellensystems (Brennstoffzellenautomobils) gemäß der vorliegenden Erfindung in Bezug auf ein Brennstoffzellenautomobil zur Ausführung des Steuerverfahrens in Bezug auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben.

**[0037]** Fig. 1 ist ein Diagramm, das schematisch die Struktur eines Brennstoffzellenautomobils **10** (nachfolgend auf als „FC-Automobil“ oder „Fahrzeug **10**“ bezeichnet) gemäß einer Ausführung der vorliegenden Erfindung zeigt.

**[0038]** Es sollte angemerkt werden, dass ein Brennstoffzellensystem, in dem die Last ein Motor **12** zur Traktion (nachfolgend auch als „Traktionsmotor **12**“, „Antriebsmotor **12**“ oder einfach „Motor **12**“ bezeichnet) ist, als das FC-Automobil **10** bezeichnet wird. Das Brennstoffzellensystem **10** gemäß der Ausführung ist auch auf Anlagen-Einrichtungen anwendbar, wie etwa eine Fabrikeinrichtung, wobei die Last ein anderer Motor als der Traktionsmotor ist.

**[0039]** Das FC-Automobil **10** enthält ein Antriebssystem **1000**, ein Brennstoffzellensystem (nachfolgend auch als „FC-System“ bezeichnet) **2000**, ein Batteriesystem **3000**, ein Hilfsaggregate-System **4000** sowie eine elektronische Steuereinheit **50** (nachfolgend auch als „ECU **50**“ bezeichnet) zum Steuern/Regeln des Antriebssystems **1000**, des Brennstoffzellensystems **2000**, des Batteriesystems **3000** und des Hilfsaggregate-Systems **4000**. Der Kürze wegen sind in Fig. 1 Leitungsdrähte (Signalleitungen, etc.), welche die ECU **50** mit den jeweiligen Bauteilen verbinden, weggelassen.

**[0040]** In der Struktur fungieren das Brennstoffzellensystem **2000** und das Batteriesystem **3000** grundlegend als parallele Stromquellen für das gesamte Fahrzeug **10**. Das Antriebssystem **1000** und das Hilfsaggregate-System **4000** fungieren grundlegend als Last, welche elektrische Energie verbraucht, die von den Stromquellen (dem Brennstoffzellensystem **2000** und dem Batteriesystem **3000**) zugeführt wird.

**[0041]** Das Antriebssystem **1000** enthält den Traktionsmotor **12** und einen Inverter **14** als Lasttreiber-einheit (Motortreibereinheit). Der Inverter **14** fungiert auch als Teil der Last.

**[0042]** Das FC-System **2000** enthält einen Brennstoffzellenstapel (Brennstoffzelle) **20** (nachfolgend auch als „FC **20**“ bezeichnet), als Stromquelle, einen Brennstoffzellenwandler **24** (nachfolgend auch als „FC-Wandler **24**“ bezeichnet), eine Brenngaszufuhrquelle (nicht gezeigt), wie etwa einen Brennstofftank, sowie eine Sauerstoffhaltiges-Gas-Zufuhrquelle (nicht gezeigt).

**[0043]** Der FC-Wandler **24** ist ein Zerhacker-Hochstuf-Wandler (Spannungsverstärker). Wie in Fig. 1 gezeigt, enthält der FC-Wandler **24** zum Beispiel eine Drosselspule (Induktor) L1, eine Diode D1, ein Schaltelement (Transistor) S11 sowie Glättungskondensatoren C11 und C12.

**[0044]** Das Batteriesystem **3000** enthält eine Batterie (nachfolgend auch als „BAT“ bezeichnet) **30** als Stromspeichervorrichtung, sowie einen Batteriewandler **34** (nachfolgend auch als „BAT-Wandler **34**“ bezeichnet).

**[0045]** Der BAT-Wandler **34** ist ein Zerhacker-Hochstuf-/Herabstuf-Wandler (Spannungsverstärker/Aufwärts-Abwärts-Wandler). Wie in **Fig. 1** gezeigt, enthält der BAT-Wandler **34** zum Beispiel eine Drosselspule (Induktor) L2, Dioden D2 und D21, Schaltelemente (Transistoren) S21 und S22, sowie Glättungskondensatoren C21 und C22.

**[0046]** Obwohl nicht gezeigt, enthält das Hilfsaggregate-System **4000** Hilfsvorrichtungen (AUX) **52**, wie etwa eine Luftpumpe als Sauerstoffhaltiges-Gas-Zufuhrquelle für die FC **20**, sowie eine Klimaanlage in dem Hochspannungssystem, sowie Beleuchtungsvorrichtungen und eine Niederspannungs-Stromspeichervorrichtung (Niederspannungs-Stromquelle) etc. im Niederspannungssystem.

**[0047]** Wenn das Antriebssystem als Last durch elektrische Energie angetrieben wird, die von der FC **20** und der Batterie **30** zugeführt wird, erzeugt der Motor **12** eine Antriebskraft zum Vorantreiben des FC-Automobils **10**. Das heißt, die Antriebskraft wird durch ein Getriebe (nicht gezeigt) übertragen, um Räder (nicht gezeigt) zu drehen, um das FC-Automobil **10** zu bewegen.

**[0048]** Der Inverter **14** ist ein DC/AC-Wandler, der bidirektional betrieben wird. Während der Strom-Fahrt des FC-Automobils **10** wandelt der Inverter **14** die Inverterklemmenspannung (Lastklemmenspannung)  $V_{inv}$ , welche eine Gleichspannung ist, und den Inverterklemmenstrom  $i_{inv}$  (Strom-Fahrstrom  $i_{invd}$ ) der am Eingangsanschluss des Inverters **14** durch die FC **20** und/oder die Batterie **30** erzeugt wird, in Drei-Phasen-Wechselspannung und Wechselstrom um, und legt die Drei-Phasen-Wechselspannung und den Wechselstrom an den Motor **12** an.

**[0049]** Während der Regeneration des FC-Automobils **10** (während Verzögerung, wenn der Öffnungsgradwert (Gaspedalöffnungsgrad)  $\theta_{ap}$ , der von einem mit einem Gaspedal (nicht gezeigt) verbundenen Gaspedalsensor **22** angegeben wird, Null ist, wandelt der Inverter **14** ferner die am Motor **12** erzeugte regenerative Wechselstromenergie in eine Inverterklemmen-Gleichspannung  $V_{inv}$  und einen Inverterklemmenstrom  $i_{inv}$  (regenerativen Strom  $i_{invr}$ ) um. Durch die durch Regeneration mit dem Motor **12** erzeugte elektrische Energie (regenerative elektrische Energie) erfolgt das Laden der Batterie **30** durch den BAT-Wandler **34**, der im Spannungs-Herabstufzustand ist.

**[0050]** Die Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$ , welche die dem FC-Wandler **24** und dem BAT-Wandler **34** gemeinsame Sekundärspannung ist, wird von einem Spannungssensor **60** erfasst, und durch eine Signalleitung (nicht gezeigt) an die ECU **50** ausgegeben. Die Inverterklemmenspannung  $i_{inv}$  als Eingangsklemmenstrom des Inverters **14** wird von einem

Stromsensor **64** erfasst und durch eine Signalleitung (nicht gezeigt) an die ECU **50** ausgegeben.

**[0051]** Die ECU **50** enthält eine Eingabe-/Ausgabevorrichtung, eine Computervorrichtung (einschließlich CPU) sowie eine Speichervorrichtung (diese Vorrichtungen sind nicht gezeigt). Zum Beispiel kann die ECU **50** unterteilt werden in eine ECU für das Antriebssystem **1000**, eine ECU für das FC-System **2000**, eine ECU für das Batteriesystem **3000**, eine ECU für das Hilfsaggregate-System **4000**, eine ECU zum Antrieb des FC-Wandlers **24**, eine ECU zum Antrieb des BAT-Wandlers **34** sowie eine ECU zur Gesamtsteuerung/-regelung dieser Komponenten. In diesem Fall können diese ECUs miteinander kommunizieren.

**[0052]** Zum Beispiel ist die FC **20** durch gestapelte Brennstoffzellen gebildet. Jede der Brennstoffzellen enthält eine Anode, eine Kathode sowie eine zwischen die Anode und die Kathode eingefügte Festpolymerelektrolytmembran. Um die FC **20** herum vorgesehen sind ein Anodensystem, das die Brenngaszufuhrquelle enthält, ein Kathodensystem, das die Sauerstoffhaltiges-Gas-Zufuhrquelle enthält, ein Kühlsystem, etc. Das Anodensystem führt Wasserstoff (Brenngas) der Anode der FC **20** zu und führt den Wasserstoff von der Anode der FC **20** ab. Das Kathodensystem führt die Luft (sauerstoffhaltiges Gas) der Kathode der FC **20** zu, und führt die Luft von der Kathode ab. Das Kühlsystem kühlt die FC **20**.

**[0053]** Der FC-Wandler **24** ist zwischen der FC **20** und dem Inverter **14** vorgesehen. Die Primärseite des FC-Wandlers **24** ist mit der FC **20** verbunden, und die Sekundärseite des FC-Wandlers **24** ist mit dem Motor **12** durch den Inverter **14** verbunden und ist mit der Batterie **30** durch den BAT-Wandler **34** verbunden.

**[0054]** **Fig. 2** ist eine Tabelle **70**, die die Betriebszustände der Schaltelemente S11, S21, S22 durch die ECU **50**, die Betriebszustände (Spannungs-Hochstufzustand, Direktverbindungszustand, Spannungs-Herabstufzustand) des FC-Wandlers **24** und des BAT-Wandlers **34**, sowie die Größenbeziehung zwischen der Primärspannung (FC-Spannung  $V_{fc}$ , Batteriespannung  $V_{bat}$ ) und der Sekundärspannung (Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$ ) des FC-Wandlers **24** und des BAT-Wandlers **34** darstellt.

**[0055]** Der FC-Wandler **24** stuft die FC-Spannung  $V_{fc}$  hoch, welche die Ausgangsspannung der FC **20** ist (d. h. implementiert eine EIN/AUS-Taststeuerung vom Schaltelement S11 (d. h. schaltet wiederholt zwischen einem EIN-Zustand und einem AUS-Zustand um)), oder verbindet die FC-Spannung  $V_{fc}$  direkt mit der Sekundärseite (d. h. versetzt das Schaltelement S11 in den AUS-Zustand), und legt die FC-Spannung  $V_{fc}$  als die Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  an die Sekundärseite an (den Inverter **14** des Antriebssystems

**1000**, der Hilfsaggregate **52** und/oder der Batterie **30**).

**[0056]** Wenn die FC **20** im Unterbrechungszustand ist, wird im FC-Wandler **24** das Schaltelement S11 in den AUS-Zustand versetzt, wodurch die Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  höher wird als die Leerlaufspannung (FC-Leerlaufspannung)  $V_{fcOCV}$  der FC **20** (die Diode D1 aus dem Unterbrechungszustand (AUS-Zustand)).

**[0057]** Fig. 3 ist ein Graph, der eine I-V-(Strom-Spannungs-)Kennlinie **90** der FC **20** zeigt. Wenn gemäß der I-V-Kennlinie **90** die FC-Spannung  $V_{fc}$  in Bezug auf die FC-Leerlaufspannung  $V_{fcOCV}$  abnimmt, nimmt der FC-Strom  $I_{fc}$  zu. Wenn ferner, gemäß der I-V-Kennlinie **90**, der FC-Strom  $I_{fc}$  ansteigt (d. h. die FC-Spannung  $V_{fc}$  abnimmt), nimmt die elektrische FC-Leistung  $P_{fc}$  zu. Wenn zum Beispiel FC-Spannung  $V_{fc}$ , welche die Primärspannung des FC-Wandlers **24** ist, auf eine Soll-Spannung gesetzt wird, wird das Spannungs-Hochstufverhältnis ( $V_{inv}/V_{fc}$ ) des FC-Wandlers **24** so bestimmt, dass die FC-Spannung  $V_{fc}$  die Soll-Spannung erreicht, und der FC-Strom  $I_{fc}$  entsprechend der FC-Spannung  $V_{fc}$ , die die Sollspannung erreicht hat, gemäß der I-V-Kennlinie **90** fließt.

**[0058]** Wenn der FC-Wandler **24** im Spannungshochstufzustand ist, ist die FC-Spannung  $V_{fc}$  als die Primärspannung des FC-Wandlers **24** niedriger als die Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  ( $V_{fc} < V_{inv}$ ).

**[0059]** Wenn der FC-Wandler **24** im Direktverbindungszustand ist, wird die Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  gleich der FC-Spannung  $V_{fc}$  (genauer gesagt,  $V_{inv} = V_{fc} - V_{d1}$ , wobei  $V_{d1}$  der vordere Spannungsabfall der Diode D1 ist), und wird der Wert vom Schaltverlust des FC-Wandlers **24** zu Null. Daher wird insgesamt eine Verbesserung der Systemeffizienz des FC-Automobils **10** erreicht.

**[0060]** Wenn im Direktverbindungszustand des FC-Wandlers **24** die Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  als die Sekundärspannung des FC-Wandlers **24** höher wird als die FC-Leerlaufspannung  $V_{fcOCV}$  ( $V_{inv} > V_{fcOCV}$ ), wird der Betrieb des FC-Wandlers **24** gestoppt, wodurch der Wert des FC-Stroms zu FC, der von der FC **20** fließt, zu Null wird ( $I_{fc} = 0$ ). Das heißt, die FC **20** wird in den Unterbrechungszustand versetzt.

**[0061]** Ähnlich wird, wenn der BAT-Wandler **34** im Direktverbindungszustand ist, die Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  gleich der Batteriespannung  $V_{bat}$  (genauer gesagt  $V_{inv} = V_{bat} - V_{d2}$ , wobei  $V_{d2}$  der vordere Spannungsabfall der Diode D2 ist), und wird der Wert vom Schaltverlust des BAT-Wandlers **34** zu Null.

**[0062]** Daher wird insgesamt eine Verbesserung der Systemeffizienz des FC-Automobils **10** erreicht.

**[0063]** Die FC-Spannung  $V_{fc}$  als die Primärspannung des FC-Wandlers **24** wird mit einem Spannungssensor **80** erfasst und durch eine Signalleitung (nicht gezeigt) an die ECU **50** ausgegeben. Der FC-Strom  $I_{fc}$  als der primärseitige Strom des FC-Wandlers **24** wird mit einem Stromsensor **84** erfasst und durch eine Signalleitung (nicht gezeigt) an die ECU **50** ausgegeben. Die Sekundärspannung des FC-Wandlers **24** wird vom Spannungssensor **60** als die Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  erfasst. Der Sekundärstrom  $I_{fc2}$  des FC-Wandlers **24** wird von einem Stromsensor **92** erfasst und durch eine Signalleitung (nicht gezeigt) an die ECU **50** ausgegeben. Die Temperatur  $T_{fc}$  [°C] der FC **20** (FC-Temperatur) wird mit einem Temperatursensor **106** erfasst und durch eine Signalleitung (nicht gezeigt) an die ECU **50** ausgegeben.

**[0064]** Die Batterie ist eine Stromspeichervorrichtung (Energiespeicher), die eine Mehrzahl von Batteriezellen enthält. Zum Beispiel kann eine Lithiumionen-Sekundärbatterie, eine Nickel-Wasserstoff-Sekundärbatterie etc. als die Batterie **30** verwendet werden. In der Ausführung wird die Lithiumionen-Sekundärbatterie verwendet. Anstelle der Batterie **30** können auch andere Energiespeicher-Typen verwendet werden, wie etwa ein Kondensator.

**[0065]** Die Batteriespannung  $V_{bat}$  [V] als die Eingangs-/Ausgangsklemmenspannung der Batterie **30** wird mit einem Spannungssensor **100** erfasst und durch eine Signalleitung (nicht gezeigt) an die ECU **50** ausgegeben.

**[0066]** Der Batteriestrom  $I_{bat}$  (Entladestrom  $I_{batd}$  oder Ladestrom  $I_{batc}$ ) [A] der Batterie **30** wird mit einem Stromsensor **104** erfasst und durch eine Signalleitung (nicht gezeigt) an die ECU **50** ausgegeben. Die Temperatur (Batterietemperatur)  $T_{bat}$  [°C] der Batterie **30** wird mit einem Temperatursensor **108** erfasst und durch eine Signalleitung (nicht gezeigt) an die ECU **50** ausgegeben.

**[0067]** Die ECU **50** berechnet den Ladezustand (nachfolgend als der „SOC“ oder „Batterie SOC“ bezeichnet) [%] der Batterie **30** basierend auf der Batterietemperatur  $T_{bat}$ , der Batteriespannung  $V_{bat}$  und dem Batteriestrom  $I_{bat}$ , und verwendet den berechneten SOC für das Management der Batterie **30**.

**[0068]** Zum Beispiel berechnet die ECU **50**, basierend auf der Batterietemperatur  $T_{bat}$  und dem SOC, die Obergrenze  $SOC_{uplmt}$  [kW] als oberen Grenzwert des SOC, und die elektrische Ladegrenzleistung  $P_{batmgn}$  [kW] zum Erreichen der Obergrenze  $SOC_{uplmt}$  [kW].

**[0069]** Wenn der SOC der Batterie **30** höher als die Obergrenze  $SOC_{uplmt}$  wird, oder nachdem die elektrische Ladegrenzleistung  $P_{batmgn}$  als zulässige elektrische Leistung, die als die Ladeleistung von der Batterie **30** akzeptiert werden kann,  $0$  [kW] erreicht hat, könnte ein Überladen der Batterie **30** stattfinden, und könnte die Batterie **30** unerwünscht altern.

**[0070]** Wie oben beschrieben, stuft der BAT-Wandler **34** die Ausgangsspannung (Batteriespannung  $V_{bat}$ ) der Batterie **30** hoch  $\{V_{bat} < V_{inv}, \text{Spannungs-Hochstuf-Verhältnis } (V_{inv}/V_{bat}) > 1\}$ , und führt die hochgestufte Spannung dem Inverter **14** (im Spannungs-Hochstufzustand) zu. Ferner stuft der BAT-Wandler **34** die Regenerativ-Spannung (nachfolgend als die „Regenerativspannung  $V_{reg}$ “ bezeichnet) des Motors **12** oder die Sekundärspannung (Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$ ) des FC-Wandlers **24** herab  $\{V_{bat} < V_{inv}, \text{Spannungs-Herabstuf-Verhältnis } (V_{bat}/V_{inv}) < 1\}$ , und führt die herabgestufte Spannung der Batterie **30** (im Spannungs-Herabstufzustand) zu.

**[0071]** Der BAT-Wandler **34** ist zwischen der Batterie **30** und dem Inverter **14** vorgesehen. Eine Seite des BAT-Wandlers **34** ist mit der Primärseite verbunden, wo sich die Batterie **30** befindet, und die andere Seite des BAT-Wandlers **34** ist mit der Sekundärseite als Verbindungspunkt zwischen dem FC **20** und dem Inverter **14** verbunden.

**[0072]** Wie oben beschrieben, wird die Batteriespannung  $V_{bat}$  als die Primärspannung des BAT-Wandlers **34** mit dem Spannungssensor **100** erfasst, und wird der Batteriestrom  $I_{bat}$  als der Primärstrom des BAT-Wandlers **34** mit dem Stromsensor **104** erfasst.

**[0073]** Die Sekundärspannung dieses BAT-Wandlers **34** wird als die Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  mit einem Spannungssensor **60** erfasst. Der sekundärseitige Strom  $I_{bat2}$  (Entladestrom  $I_{bat2d}$ , Ladestrom  $I_{bat2c}$ ) des BAT-Wandlers **34** wird mit einem Stromsensor **138** erfasst und durch eine Signalleitung (nicht gezeigt) an die ECU **50** ausgegeben.

**[0074]** Der Hilfsaggregatstrom  $I_{aux}$ , der durch die Hilfsaggregate **52** fließt, wird mit einem Stromsensor **140** erfasst und durch eine Signalleitung (nicht gezeigt) an die ECU **50** ausgegeben.

**[0075]** Die ECU **50** steuert/regelt den Motor **12**, den Inverter **14**, die FC **20**, die Batterie **30**, den FC-Wandler **24** und den BAT-Wandler **34**. Bei der Steuerung führt die ECU **50** ein Programm aus, das in einer Speichervorrichtung (nicht gezeigt) gespeichert ist. Ferner verwendet die ECU **50** Erfassungswerte der verschiedenen Sensoren, wie etwa der Spannungssensoren **60**, **80**, **100** und der Stromsensoren **64**, **84**, **92**, **104**, **138** und **140**.

**[0076]** Zusätzlich zu den obigen Sensoren enthalten die verschiedenen Sensoren hierin einen Gaspedalsensor **62** zum Erfassen eines Öffnungsgrads (Betätigungsbetrags)  $\theta_{ap}$  [%] des obigen Gaspedals, einen Motordrehzahlsensor **63** und Raddrehzahlsensoren (alle nicht gezeigt). Der Motordrehzahlsensor **63** ist aus einem Resolver, etc., aufgebaut und erfasst die Drehzahl  $N_{mot}$  [rpm] des Motors **12**. Die ECU **50** erfasst die Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_s$  [km/h] des Fahrzeugs **10** basierend auf der Drehzahl  $N_{mot}$ . Die Raddrehzahlsensoren erfassen Geschwindigkeiten (Fahrzeuggeschwindigkeiten) der Fahrzeugräder (nicht gezeigt). Wenn während der Fahrt des Fahrzeugs **10** der Öffnungsgrad  $\theta_{ap}$  des Gaspedals  $0$  ist ( $\theta_{ap} = 0$ ), ist das Fahrzeug **10** im Verzögerungszustand. Daher fungiert der Gaspedalsensor **62** auch als Verzögerungszustand-Erfassungssensor. Da ferner die Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_s$  mit dem Motordrehzahlsensor **63** erfasst wird, fungiert der Motordrehzahlsensor **63** auch als Verzögerungszustand-Erfassungssensor (wenn der Ableitungswert der Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_s$  einen negativen Wert hat, ist das Fahrzeug **10** im Verzögerungszustand).

**[0077]** Die ECU **50** berechnet die angeforderte elektrische Systemleistung  $P_{sysreq}$  [kW], welche eine Systemlast (Gesamtlast) ist, die das gesamte FC-Automobil **10** erfordert, basierend auf den Eingaben (Lastanforderungen) von verschiedenen Schaltern und verschiedenen Sensoren, zusätzlich zum Zustand der FC **20**, vom Zustand der Batterie **30**, vom Zustand des Motors **12** und von Zuständen der Hilfsaggregate **52**.

**[0078]** Ferner gewichtet und bestimmt die ECU **50** die Zuordnung (die Anteile) der angeforderten elektrischen FC-Leistung  $P_{fcreq}$  für die von FC **20** angetriebene Last (FC-Last), die angeforderte elektrische Batterieleistung  $P_{batreq}$  für die von der Batterie **30** angetriebene Last (Batterie-last) und die elektrische regenerative Leistung  $P_{reg}$  für die von der Regenerativstromquelle (Motor **12**) angetriebene Last (Regenerativlast) basierend auf der angeforderten elektrischen Systemleistung  $P_{sysreq}$ .

[Erläuterung vom Steuerverfahren und Betrieb]

**[0079]** Nun werden ein erstes Ausführungsbeispiel, ein modifiziertes Beispiel des ersten Ausführungsbeispiels und ein zweites Ausführungsbeispiel eines Steuerverfahrens eines FC-Automobils gemäß dieser Ausführung beschrieben.

[Erstes Ausführungsbeispiel]

**[0080]** Fig. 4 ist ein Zeitdiagramm, das zur Erläuterung vom Betrieb des FC-Automobils **10** (Fig. 1) dient, um ein Steuerverfahren des ersten Ausführungsbeispiels zu implementieren.



**[0081]** Fig. 5 ist ein Flussdiagramm, das zur Erläuterung des Steuerverfahrens gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel dient.

**[0082]** Während der Zeitspanne ab dem Zeitpunkt  $t_0$  bis zum Zeitpunkt  $t_1$  (Verzögerungszeitspanne, etc.), nimmt die angeforderte elektrische Systemleistung  $P_{sysreq}$  des FC-Automobils **10** graduell ab.

**[0083]** Während der Zeitspanne ab dem Zeitpunkt  $t_1$  bis zum Zeitpunkt  $t_3$  wird das FC-Automobil **10** in einen Leerlaufstoppzustand versetzt (d. h. einen Nicht-Leerlaufzustand oder einen Leerlaufreduktionszustand), wo der Wert der Fahrzeuggeschwindigkeit Null ist. Die angeforderte elektrische Systemleistung  $P_{sysreq}$  wird auf einer niedrigen elektrischen Leistung entsprechend dem Leerlaufstoppzustand gehalten.

**[0084]** Während der Zeitspanne ab dem Zeitpunkt  $t_0$  bis zum Zeitpunkt  $t_2$  wird, um die Systemeffizienz zu verbessern, der BAT-Wandler **34** in den Direktverbindungszustand versetzt ( $V_{bat} \approx V_{inv}$ ). In diesem Zustand wird das Schaltelement S21 des BAT-Wandlers **34** im AUS-Zustand gehalten, und wird das Schaltelement S22 des BAT-Wandlers **34** im EIN-Zustand gehalten (Fig. 2).

**[0085]** Während der Zeitspanne ab dem Zeitpunkt  $t_0$  bis zum Zeitpunkt  $t_2$  erzeugt die FC eine feste elektrische FC-Leistung  $P_{fca}$  (=  $P_{fc}$ ).

**[0086]** Da während der Zeitspanne ab dem Zeitpunkt  $t_0$  bis zum Zeitpunkt  $t_2$  der BAT-Wandler **34** in den Direktverbindungszustand versetzt wird, wird die Batterie **30** mit der elektrischen überschüssigen FC-Leistung  $P_{fca}$  durch den FC-Wandler **24** im Spannungs-Hochstufzustand und den BAT-Wandler **34** im Direktverbindungszustand geladen, und im Ergebnis werden die Batteriespannung  $V_{bat}$  und die Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  auf im Wesentlichen den gleichen Spannungspegel allmählich angehoben ( $V_{bat} = V_{inv} - \text{EIN-Spannung des Schaltelements S22}$ ).

**[0087]** Das Spannungs-Hochstuf-Verhältnis ( $V_{inv}/V_{fc}$ ) des FC-Wandlers **24** wird derart gesteuert, dass das Spannungs-Hochstuf-Verhältnis ( $V_{inv}/V_{fc}$ ) mit der Steigung erhöht wird, welche gleich der Steigung des Spannungsanstiegs der Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  ist. Als Folge dieser Steuerung wird die elektrische Soll-FC-Leistung  $P_{fctar}$  zu der festen elektrischen FC-Leistung  $P_{fca}$ .

**[0088]** Auch wenn das FC-Automobil **10** nach dem Zeitpunkt  $t_1$  gestoppt wird, wird, durch das Laden der Batterie **30** mit der überschüssigen elektrischen Leistung in der elektrischen FC-Leistung  $P_{fca}$ , der SOC allmählich erhöht.

**[0089]** Während des Ladens der Batterie **30** bestimmt in Schritt S1 die ECU **50**, ob ein Risiko vom Überladen der Batterie **30** vorliegt oder nicht.

**[0090]** Wenn zum Zeitpunkt  $t_2$  das FC-Automobil **10** gestoppt ist, nähert sich der SOC der Obergrenze  $SOC_{uplmt}$  an (unter der praktischen Steuerung nähert sich die SOC an einen Schwellenwert an, der kleiner als die Obergrenze  $SOC_{uplmt}$  ist, unter Berücksichtigung einer Bandbreite), und dann bestimmt die ECU **50**, dass ein Risiko zum Überladen vorliegt (Schritt S1: JA).

**[0091]** In Schritt S2 bestimmt die ECU **50**, ob die Ursache dieses Risikos zum Überladen auf die überschüssige elektrische Energie der elektrischen FC-Leistung  $P_{fc}$  zurückgeht. Wenn die Ursache des Risikos zum Überladen nicht auf die überschüssige elektrische Energie der elektrischen FC-Leistung  $P_{fc}$  zurückgeht (Schritt S2: NEIN), wird die Prozess-Sequenz des Flussdiagramms beendet.

**[0092]** In diesem Fall wird basierend auf dem Wert des Stromsensors **64** bestätigt, dass die elektrische regenerative Energie nicht vorliegt, und es wird aus den Werten ( $V_{fc}$ ,  $I_{fc}$ ) des Spannungssensors **80** und des Stromsensors **84** bestimmt, dass die Ursache des Risikos zum Überladen auf die überschüssige elektrische Energie der elektrischen FC-Leistung  $P_{fc}$  zurückgeht (Schritt S2: JA).

**[0093]** Hierbei erzeugt in Schritt S3 die ECU **50** einen Befehl von  $I_{fc} = 0$  [A] für die FC **20** (elektrischer FC-Leistungsunterbrechungsbefehl), und in Schritt S3 wird das Schaltelement S11 vom EIN-/AUS-Zustand zum AUS-Zustand umgeschaltet, um den FC-Wandler **24** vom Spannungs-Hochstufzustand zum Unterbrechungszustand zu schalten.

**[0094]** In der Praxis wird zum Zeitpunkt  $t_2$  ein Stromerzeugungsunterbrechungsanforderungsflag  $F_{cutreq}$  der FC **20** vom AUS-Zustand zum EIN-Zustand umgeschaltet (Schritt S3).

**[0095]** Daher wird der FC-Wandler **24** vom Spannungs-Hochstufzustand zum gestoppten Zustand geschaltet (Schritt S3).

**[0096]** Dann wird in Schritt S4 geprüft, ob der Wert des FC-Stroms  $I_{fc}$  Null ist ( $I_{fc} = 0$  [A]) oder nicht.

**[0097]** Nun wird der Schritt, um den Wert des FC-Stroms  $I_{fc}$  auf Null ( $I_{fc} = 0$  [A]) zu halten, kurz beschrieben. In der Praxis liegt in dem FC-Automobil **10** die FC-Spannung  $V_{fc}$  in der Größenordnung von mehreren hundert Volt. Der Kürze wegen sei jedoch angenommen, dass der vorwärtige Spannungsabfall  $V_{d1}$  der Diode D1  $V_{d1} = 0$  [V] ist, die gegenwärtige FC-Spannung  $V_{fc} = 1,0$  [V] ist, die Inverterklemmen-

spannung  $V_{inv} = 1,2$  [V] ist und die FC-Leerlaufspannung  $V_{fcOCV} = 1,5$  [V] ist.

**[0098]** Wenn in diesem Beispiel der FC-Wandler **24** in den AUS-Zustand versetzt ist (Schritt S3), wird, da  $V_{fc} = 1,0 < 1,2 = V_{inv}$  ( $V_{fc} < V_{inv}$ ), die Diode D1 durch die Rückwärtsvorspannung in den AUS-Zustand versetzt und hat sofort einen Stromwert von 0 [A]. Da jedoch die FC-Spannung  $V_{fc}$  von 1,0 [V] auf 1,5 [V] erhöht ist (FC-Leerlaufspannung  $V_{fcOCV}$ ), überschreitet, wenn dieser Umstand fort dauert, die FC-Spannung  $V_{fc}$  1,2 [V] ( $V_{fc} > V_{inv}$ ), und daher wird der FC-Wandler **24** in den so genannten Direktverbindungs-zustand versetzt. Demzufolge ändert sich der FC-Strom  $I_{fc}$  sofort, so dass er nicht auf 0 [A] gehalten werden kann (Schritt S4: NEIN).

**[0099]** Daher wird in Schritt S5 die Inverterklemmen-Sollspannung  $V_{invtar}$  (nachfolgend auch als die „Soll-Inverterklemmenspannung  $V_{invtar}$ “ bezeichnet) so gesetzt, dass sie einen Spannungswert hat, der höher ist als die FC-Leerlaufspannung  $V_{fcOCV}$  bei der gegenwärtigen FC-Temperatur  $T_{fc}$ , und wird der BAT-Wandler **34** vom Direktverbindungs-zustand zum Laden der Batterie zum Spannungs-Hochstufzustand zum Hochstufen der Batteriespannung  $V_{bat}$  geschaltet.

**[0100]** Das heißt, während der Leerlaufstopzeit-spanne ab dem Zeitpunkt  $t_2$  bis zum Zeitpunkt  $t_3$  erhöht die ECU **50** die Inverterklemmen-Sollspannung  $V_{invtar}$ , welche eine Sekundär-Sollspannung für den BAT-Wandler **34** ist, stufenweise, so dass die folgende Gleichung (1) erfüllt ist.

$$V_{fcOCV} < V_{invtar} = V_{inv} \quad (1)$$

**[0101]** Dann wird das Spannungs-Hochstuf-Verhältnis ( $V_{invtar}/V_{bat}$ ) des BAT-Wandlers **34** derart gesteuert, dass man diese Inverterklemmen-Sollspannung  $V_{invtar}$  bekommt.

**[0102]** Da auf diese Weise die elektrische FC-Leistung  $P_{fc}$  zuverlässig unterbrochen wird ( $P_{fc} = 0$  [kW]), wird die Bestimmung von Schritt S4 (0 [A] fort dauernd?) positiv (JA), und wird der SOC der Batterie **30** nach dem Zeitpunkt  $t_2$  allmählich verringert, ohne die Obergrenze  $SOC_{uplmt}$  zu erreichen.

**[0103]** In Schritt S5 ist der Grund zum Setzen der Inverterklemmen-Sollspannung  $V_{invtar}$  auf den Spannungswert, der höher ist als die FC-Leerlaufspannung  $V_{fcOCV}$  bei der gegenwärtigen FC-Temperatur  $T_{fc}$ , der, um die Tatsache zu berücksichtigen, dass zum Beispiel am Gefrierpunkt oder darunter, die FC-Leerlaufspannung  $V_{fcOCV}$ , im Vergleich zur Raumtemperatur von etwa 20 [°C] höher wird.

**[0104]** Im Zeitdiagramm von Fig. 4 ist ein Vergleichsbeispiel, das keinerlei Gegenmaßnahme unterzogen

wird, ab dem Zeitpunkt  $t_2$  mit unterbrochenen Linien gezeigt. In dem Vergleichsbeispiel wurde die Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  nicht gesteuert, weil die Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  nicht in direkten Bezug auf die elektrische FC-Leistung  $P_{fc}$  steht. Somit ist, nach dem Zeitpunkt  $t_2$ , die Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  des Vergleichsbeispiels ohne jede Steuerung als Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  gezeigt.

**[0105]** Da ferner in dem FC-Wandler des Vergleichsbeispiels der Stopp-Befehl (Befehl zum Ausschalten des Schaltelements S11) nach dem Zeitpunkt  $t_2$  ausgegeben wird, wie oben beschrieben, könnte der Direktverbindungs-zustand nach dem Zeitpunkt  $t_2$  fort dauern. In diesem Fall wird die elektrische FC-Leistung  $P_{fc}$  nicht zu 0 [kW], sondern dauert die elektrische FC-Leistung  $P_{fc}$  des Vergleichsbeispiels fort. Somit wird im Vergleichsbeispiel die elektrische FC-Leistung  $P_{fc}$  auf die Batterie **30** durch den BAT-Wandler **34** übertragen, der im Direktverbindungs-zustand ist, und wird der FC-Strom  $I_{fc}$  von der FC **20** unerwünscht fortlaufend der Batterie **30** zugeführt.

**[0106]** Da im Flussdiagramm von Fig. 5 in Schritt S3 bereits bestimmt ist, dass ein Risiko zum Überladen der Batterie **30** durch die elektrische FC-Leistung  $P_{fc}$  vorliegt (Schritt S1: JA, Schritt S2: JA), kann der Bestimmungsprozess in Schritt S4 auch weggelassen werden, um den Prozess in Schritt S5 direkt durchzuführen (Hochstufprozess durch die Steuerung des BAT-Wandlers **34**, um  $V_{invtar} > V_{fcOCV}$  zu erfüllen).

[Zusammenfassung des  
ersten Ausführungsbeispiels]

**[0107]** Das FC-Automobil **10**, in dem das Verfahren zum Steuern/Regeln des FC-Automobils **10** gemäß dem obigen ersten Ausführungsbeispiel ausgeführt wird, enthält die FC **20** zum Erzeugen der FC-Spannung  $V_{fc}$  als Primärspannung, die Batterie **30** zum Erzeugen der Batteriespannung  $V_{bat}$  als andere Primärspannung, den Inverter **14** zum Betreiben des Motors **12**, den BAT-Wandler **34** (ersten Wandler), der zwischen der Batterie **30** und dem Inverter **14** vorgesehen und konfiguriert ist, um eine Spannungswandlung zwischen der Batteriespannung  $V_{bat}$  und der Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  durchzuführen, sowie den FC-Wandler **24** (zweiten Wandler), der zwischen der FC **20** und dem Inverter **14** vorgesehen und konfiguriert ist, um eine Spannungsumwandlung zwischen der FC-Spannung  $V_{fc}$  und der Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  durchzuführen.

**[0108]** Das Steuerverfahren vom ersten Ausführungsbeispiel enthält einen Stromspeichervorrichtung-Ladezustand-Bestimmungsschritt (Schritt S1) zum Bestimmen, ob das Laden der Batterie **30** mit der elektrischen FC-Leistung  $P_{fc}$ , welche die von der FC **20** erzeugte elektrische Energie ist, in einem akzeptablen Zustand ist oder nicht.

**[0109]** Dieser Stromspeichervorrichtung-Ladezustand-Bestimmungsschritt wird zum Beispiel ab dem Zeitpunkt  $t_0$  in **Fig. 4** als SOC-Erfassungsschritt (Schritt S1) ausgeführt. Wenn, wie zum Zeitpunkt  $t_1$  gezeigt, sich der SOC der Batterie **30** der Obergrenze  $SOC_{uplmt}$  annähert (sich einem Schwellenwert annähert, der kleiner als die Obergrenze  $SO_{Cuplmt}$  ist, unter Berücksichtigung einer Bandbreite), wird eine negative Bestimmung vorgenommen (d. h. das Laden ist nicht im akzeptablen Zustand, Schritt S1: NEIN), und dann wird das Stromerzeugungsunterbrechungsanforderungsflag  $F_{cutreq}$  vom AUS-Zustand zum EIN-Zustand umgeschaltet (Schritt S3).

**[0110]** Das Steuerungsverfahren gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel enthält ferner einen Sekundärspannungs-Hochstufschritt (Schritt S5). In dem Sekundärspannungs-Hochstufschritt wird in einem Fall, wo das Laden der Batterie **30** nicht in akzeptablem Zustand ist (Schritt S1: JA), der BAT-Wandler **34** derart gesteuert, dass die Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$ , welche die dem Bat-Wandler **34** und dem FC-Wandler **24** gemeinsame Sekundärspannung ist, höher wird als die FC-Leerlaufspannung  $V_{fcOCV}$ , ohne der Änderung in der angeforderten elektrischen Systemleistung  $P_{sysreq}$  zu folgen (hauptsächlich, die elektrische Energie des Motors **12** als der Last). Anders ausgedrückt wird die Steuerung der Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  einhergehend mit der Änderung der Last (des Motors **12**) gestoppt. Im Beispiel von **Fig. 4** wird die angeforderte elektrische Systemleistung während der Zeitspanne ab dem Zeitpunkt  $t_0$  bis zum Zeitpunkt  $t_1$  allmählich verringert, und erreicht zum Zeitpunkt  $t_1$  einen Festwert. Danach wird die angeforderte elektrische Leistung ab dem Zeitpunkt  $t_1$  bis zum Zeitpunkt  $t_3$  auf dem Festwert gehalten.

**[0111]** Wie zum Zeitpunkt  $t_2$  gezeigt, wird der Spannungs-Hochstufbetrieb des FC-Wandlers **24** gestoppt (S11: AUS), und wird, durch den Spannungs-Hochstufbetrieb des BAT-Wandlers **34** (S21: EIN/AUS-Schaltung, S22: AUS), die Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  als die Sekundärspannung stufenweise erhöht, so dass sie die FC-Leerlaufspannung  $V_{fcOCV}$  überschreitet. Im Ergebnis wird es möglich, die Ausgabe von der FC **20** sofort zu unterbrechen, und demzufolge wird es möglich, ein Laden der Batterie **30** mit der überschüssigen elektrischen Leistung der FC **20** zu verhindern.

**[0112]** Das heißt, in einem Fall, wo der SOC der Batterie **30** gleich oder höher als die Obergrenze  $SO_{Cuplmt}$  ist, welche ein SOC-Schwellenwert ist, könnte das Laden der Batterie **30** verschwenderisch sein oder könnte unerwünscht ein Laden der Batterie **30** stattfinden. Da in diesem Fall durch das Hochstufen der Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  auf die FC-Leerlaufspannung  $V_{fcOCV}$  oder darüber ( $V_{inv} = V_{inv} > V_{fcOCV}$ ) durch den BAT-Wandler **34**, der hochstufende FC-Wandler **24** im Unterbrechungszustand an-

geordnet ist (das Schaltelement S11 ist im AUS-Zustand angeordnet, wodurch die Rückspannung auf die Diode D1 wirkt), ist es möglich, ein verschwenderisches Laden und ein Überladen der Batterie **30** mit überschüssiger elektrischer Leistung der FC **20** zu verhindern. Ferner wird die Ausgabe der FC **20** unterbrochen, und demzufolge wird es möglich, eine Verschlechterung der Brennstoffausnutzung (elektrischen Energieeffizienz) des FC-Automobils **10** zu verhindern.

**[0113]** Darüber hinaus wird, vor dem Schritt des Hochstufens der Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  (dem Sekundärspannungs-Hochstufschritt), der nach dem Zeitpunkt  $t_2$  durchgeführt wird, eine Verbesserung der Systemeffizienz erreicht, indem eine Steuerung implementiert wird, um den BAT-Wandler **34** in den gestoppten Zustand zu versetzen, um hierdurch die Batterie **30** durch das Schaltelement **22** (oder die Diode D2) direkt mit dem Inverter **14** zu verbinden.

**[0114]** Da ferner ein Energieerzeugungs-Strom-Nullwert-Setzschrift (Schritt S3) zum Setzen des FC-Stroms  $I_{fc}$ , der der Ausgangsstrom von der FC **20** ist, auf einen Nullwert ( $I_{fc} = 0$  [A]) vor der Ansteuerung des BAT-Wandlers **34** (Schritt S5) vorgesehen ist, um zu erlauben, dass die Inverterklemmenspannung ( $V_{inv}$ ) höher wird als die FC-Spannung ( $V_{fc}$ ), nähert sich die FC-Spannung  $V_{fc}$  der FC **20** näher an die FC-Leerlaufspannung  $V_{fcOCV}$  an, wodurch die Ausgabe von der FC **20** zuverlässig unterbrochen werden kann.

[Modifiziertes Beispiel des ersten Ausführungsbeispiels]

**[0115]** **Fig. 6** ist ein Zeitdiagramm zur Erläuterung vom Betrieb des FC-Automobils **10** zur Ausführung des Steuerverfahrens eines modifizierten Beispiels des ersten Ausführungsbeispiels.

**[0116]** **Fig. 7** ist ein Flussdiagramm zur Erläuterung vom Betrieb des Steuerverfahrens des modifizierten Beispiels des ersten Ausführungsbeispiels. Im Vergleich zum Flussdiagramm von **Fig. 5** ist in diesem Flussdiagramm der Prozess in Schritt 4 weggelassen, und ist der Prozess von Schritt S5 in **Fig. 5** in den Prozess von Schritt S6 geändert (dadurch ersetzt).

**[0117]** Während Verzögerung, etc., des FC-Automobils **10** in der Zeitspanne ab dem Zeitpunkt  $t_{10}$  bis zum Zeitpunkt  $t_{11}$  (Verzögerungszeitspanne, etc.) wird die angeforderte elektrische Systemleistung  $P_{sysreq}$  allmählich verringert.

**[0118]** Während der Zeitspanne ab dem Zeitpunkt  $t_{11}$  bis zum Zeitpunkt  $t_{13}$  wird das FC-Automobil **10** in den Leerlaufstoppzustand verbracht, worin der Wert der Fahrzeuggeschwindigkeit Null ist. Die angeforderte elektrische Systemleistung  $P_{sysreq}$  wird auf

einer niedrigen elektrischen Leistung entsprechend dem Leerlaufstoppzustand gehalten.

**[0119]** Während der Zeitspanne ab dem Zeitpunkt t10 bis zum Zeitpunkt t12 wird eine Steuerung implementiert, um den BAT-Wandler **34** in den Direktverbindungszustand zu versetzen, um die Systemeffizienz zu verbessern.

**[0120]** Während der Zeitspanne ab dem Zeitpunkt t10 bis zum Zeitpunkt t12 erzeugt die FC **20** eine feste elektrische FC-Leistung Pfcc.

**[0121]** Da in diesem Fall während der Zeitspanne ab dem Zeitpunkt t10 bis zum Zeitpunkt t12 der BAT-Wandler **34** in dem Direktverbindungszustand ist, wird die Batterie **30** mit der überschüssigen elektrischen FC-Leistung Pfcc durch den FC-Wandler **24** im Spannungs-Hochstufzustand und den BAT-Wandler **34** im Direktverbindungszustand geladen. Die Batteriespannung Vbat und die Inverterklemmenspannung Vinv werden auf angenähert den gleichen Spannungswert allmählich erhöht (Vbat = Vinv – EIN-Spannung des Schaltelements S22).

**[0122]** Das Spannungs-Hochstuf-Verhältnis (Vinv/Vfc) des FC-Wandlers **24** wird derart gesteuert, dass das Spannungs-Hochstuf-Verhältnis (Vinv/Vfc) mit einer Neigung verringert wird, die der Neigung des Spannungsanstiegs der Inverterklemmenspannung Vinv entgegengesetzt ist. Als Folge dieser Steuerung wird die elektrische Soll-FC-Leistung Pfcstar zu der festen elektrischen FC-Leistung Pfcc.

**[0123]** Auch nach dem Zeitpunkt t11, zu dem das FC-Automobil **10** gestoppt wird, wird der SOC durch das Laden der Batterie **30** allmählich angehoben.

**[0124]** Während des Ladens der Batterie **30** bestimmt die ECU **50** in Schritt S1, ob ein Risiko zum Überladen der Batterie **30** vorliegt.

**[0125]** Wenn zum Zeitpunkt t12, zu dem das FC-Automobil **10** gestoppt wird, der SOC sich der Obergrenze SOCuplmt annähert (sich unter Berücksichtigung der Bandbreite in Bezug auf die Obergrenze SOCuplmt dem Schwellenwert annähert), bestimmt die ECU **50**, dass ein Risiko zum Überladen besteht (Schritt S1: JA).

**[0126]** In Schritt S2 bestimmt die ECU **50**, ob die Ursache dieses Risikos zum Überladen auf die überschüssige elektrische Energie der elektrischen FC-Leistung Pfc zurückgeht. Wenn die Ursache des Risikos zum Überladen nicht auf die überschüssige elektrische Energie der elektrischen FC-Leistung Pfc zurückgeht (Schritt S2: NEIN), wird die Betriebssequenz des Flussdiagramms beendet.

**[0127]** In diesem Fall wird basierend auf dem Wert des Stromsensors **64** bestätigt, dass die regenerative elektrische Leistung nicht vorhanden ist, und es wird aus den Werten (Vfc, Ifc) des Spannungssensors **18** und des Stromsensors **84** bestimmt, dass die Ursache des Risikos zum Überladen auf die überschüssige elektrische Energie der elektrischen FC-Leistung Pfc zurückgeht (Schritt S2: JA).

**[0128]** Hierbei erzeugt in Schritt S3 die ECU **50** einen Befehl Ifc = 0 [A] für die FC **20** (den elektrischen FC-Leistungsunterbrechungsbefehl), und in Schritt S3 wird das Schaltelement S11 vom EIN-/AUS-Schaltzustand zum AUS-Zustand umgeschaltet, um den FC-Wandler **24** von dem Spannungs-Hochstufzustand zum Unterbrechungszustand zu schalten.

**[0129]** In der Praxis wird zum Zeitpunkt t12 das Energieerzeugungsunterbrechungsanforderungsflag Fcutreq der FC **20** vom AUS-Zustand zum EIN-Zustand umgeschaltet (Schritt S3).

**[0130]** Daher wird der FC-Wandler **24** vom Spannungs-Hochstufzustand zum gestoppten Zustand umgeschaltet (Schritt S3).

**[0131]** Dann wird in Schritt S6 die elektrische Soll-FC-Leistung Pfcstar von der elektrischen FC-Leistung Pfcc auf 0 [kW] gesetzt, und wird die Soll-FC-Spannung Vfcstar auf die FC-Leerlaufspannung VfcOCV entsprechend der FC-Temperatur Tfc gesetzt.

**[0132]** Gleichzeitig wird in Schritt S6 der BAT-Wandler **34** vom Direktverbindungszustand in der Laderichtung zu dem Spannungs-Hochstufzustand geschaltet, um die Batteriespannung Vbat in der Entladerichtung hochzustufen.

**[0133]** Das heißt, während der Leerlaufstoppzeitspanne ab dem Zeitpunkt t12 bis zum Zeitpunkt t13 erhöht die ECU **50** die Inverterklemmen-Sollspannung Vinvtar als Sekundärspannungsbefehl für den BAT-Wandler **34** stufenweise, um die obige Gleichung 1 zu erfüllen.

**[0134]** Da auf diese Weise die elektrische FC-Leistung Pfc unterbrochen wird (Pfc = 0 [kW]), wird der SOC der Batterie **30** nach dem Zeitpunkt t12 allmählich verringert, ohne die Obergrenze SOCuplmt zu erreichen.

**[0135]** Da in diesem Fall, während der Leerlaufstoppzeitspanne nach dem Zeitpunkt t12, Komponenten, wie etwa die Navigationsvorrichtung, die Beleuchtungsvorrichtung, die Klimaanlage etc. unter den Hilfsaggregaten **52** (Hilfsaggregatlast) im Betrieb sind, findet das Entladen der Batterie **30** statt, d. h. wird die elektrische Batterieleistung Pbat in eine elektrische Batterieleistung Pbatd versetzt (welche einen Entladezustand anzeigt). Es sollte ange-

merkt werden, dass das Laden der Batterie **30** bis zum Zeitpunkt  $t_{12}$  erfolgt, d. h. die elektrische Batterieleistung  $P_{bat}$  die elektrische Batterieleistung  $P_{batc}$  ist (die einen Ladezustand anzeigt).

**[0136]** Im Zeitdiagramm von **Fig. 6** ist ein Vergleichsbeispiel, das keinerlei Gegenmaßnahme unterzogen wird, nach dem Zeitpunkt  $t_{12}$  mit unterbrochenen Linien gezeigt. In dem Vergleichsbeispiel wird die Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  nicht gesteuert, weil die Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  nicht in direktem Bezug zur elektrischen FC-Leistung  $P_{fc}$  steht. Daher wird nach dem Zeitpunkt  $t_{12}$  die Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  zur Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  des Vergleichsbeispiels ohne jede Steuerung.

**[0137]** Da nach dem Zeitpunkt  $t_{12}$  im Vergleichsbeispiel die elektrische Batterieleistung  $P_{bat}$  zur elektrischen Batterieleistung  $P_{batc}$  zum Laden der Batterie wird, wird das Laden der Batterie fortgesetzt, und könnte die elektrische Batterieleistung  $P_{bat}$  die Batterieobergrenze  $SOC_{uplmt}$  unerwünscht überschreiten.

**[0138]** Im Gegensatz hierzu wird im Steuerverfahren des modifizierten Beispiels des ersten Ausführungsbeispiels, während der Unterbrechung der elektrischen FC-Leistung  $P_{fc}$ , die elektrische Soll-FC-Leistung  $P_{fctar}$  auf Null gesetzt, und wird die Soll-FC-Spannung  $V_{fctar}$  auf die FC-Leerlaufspannung  $V_{fcOCV}$  gesetzt. Darüber hinaus wird die Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  als die Sekundärspannung auf die Spannung hochgestuft, welche die FC-Leerlaufspannung  $V_{fcOCV}$  überschreitet. Somit kann die elektrische FC-Leistung  $P_{fc}$  zuverlässig unterbrochen werden, und kann das Überladen der Batterie **30** geeignet vermieden werden.

[Zweites Ausführungsbeispiel]

**[0139]** **Fig. 8** ist ein Zeitdiagramm zur Erläuterung vom Betrieb des FC-Automobils **10** zur Ausführung des Steuerverfahrens des zweiten Ausführungsbeispiels.

**[0140]** Während einer Zeitzeitspanne der allmählichen Beschleunigung des FC-Automobils **10** vom Zeitpunkt  $t_{20}$  bis zum Zeitpunkt  $t_{21}$ , wo die angeforderte elektrische Motorleistung  $P_{mreq}$  allmählich erhöht wird, wird, um die allmähliche Zunahme der angeforderten elektrischen Motorleistung  $P_{mreq}$  abzudecken, die Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  (und ähnlich die Soll-Inverterklemmenspannung  $V_{invtar}$ ) allmählich erhöht, und wird auch die elektrische Soll-FC-Leistung  $P_{fctat}$  allmählich erhöht.

**[0141]** Es sollte angemerkt werden, dass der allmähliche Anstieg der elektrischen Soll-FC-Leistung  $P_{fctar}$  durch die allmähliche Verringerung der Soll-FC-

Spannung  $V_{fctar}$  erreicht wird (d. h. allmähliche Erhöhung des FC-Stroms  $I_{fc}$ ).

**[0142]** In der Praxis wird während der Zeitspanne ab dem Zeitpunkt  $t_{20}$  bis zum Zeitpunkt  $t_{21}$  die Sekundärspannung des BAT-Wandlers **34** auf die Soll-Inverterklemmenspannung  $V_{invtar}$  gesetzt, und stuft der BAT-Wandler **34** die Spannung hoch, während das Spannungs-Hochstuf-Verhältnis  $V_{invtar}/V_{bat}$  allmählich erhöht wird. Während der Zeitspanne ab dem Zeitpunkt  $t_{20}$  bis zum Zeitpunkt  $t_{21}$  senkt der FC-Wandler **24** das Spannungs-Hochstuf-Verhältnis  $V_{inv}/V_{fctar}$  allmählich ab.

**[0143]** Während der Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit (Konstantgeschwindigkeits-Zeitspanne) des FC-Automobils **10** ab dem Zeitpunkt  $t_{21}$  bis zum Zeitpunkt  $t_{22}$ , wo die angeforderte elektrische Motorleistung  $P_{mreq}$  auf einem konstanten Wert gehalten wird, wird das Spannungs-Hochstuf-Verhältnis des BAT-Wandlers **34** derart gesteuert, dass die Sekundärspannung des BAT-Wandlers **34** zur Soll-Inverterklemmenspannung  $V_{invtar}$  wird. Während der Zeitspanne ab dem Zeitpunkt  $t_{21}$  bis zum Zeitpunkt  $t_{22}$  wird das Spannungs-Hochstuf-Verhältnis des FC-Wandlers **24** derart gesteuert, dass die Soll-Primärspannung des FC-Wandlers **24** zur Soll-FC-Spannung  $V_{fctar}$  wird. Während der Zeitspanne ab dem Zeitpunkt  $t_{21}$  bis zum Zeitpunkt  $t_{22}$  wird der Gaspedalöffnungsgrad  $\theta_{ap}$  konstant gehalten.

**[0144]** Während der Zeitspanne ab dem Zeitpunkt  $t_{21}$  bis zum Zeitpunkt  $t_{22}$  hat die elektrische Batterie-ladegrenzleistung  $P_{batclmt}$ , welche den zulässigen Betrag der elektrischen Ladeleistung der Batterie **30** angibt, einen Wert mit einer Bandbreite. Wenn die elektrische Batterie-ladegrenzleistung  $P_{batclmt}$  zu 0 [kW] wird, repräsentiert dies eine Situation, dass die elektrische Batterie-ladegrenzleistung  $P_{batclmt}$  keine Bandbreite hat.

**[0145]** Ab dem Zeitpunkt  $t_{22}$  wird der Gaspedalöffnungsgrad  $\theta_{ap}$  allmählich verringert, und beginnt die Verzögerung des FC-Automobils **10**. Zum Zeitpunkt  $t_{23}$  wird der Wert des Gaspedalöffnungsgrads  $\theta_{ap}$  zu Null ( $\theta_{ap} = 0$ ,  $P_{mreq} = 0$  [kW]), d. h. das Gaspedal wird losgelassen und beginnt die Regeneration während Verzögerung ab dem Zeitpunkt  $t_{23}$ .

**[0146]** Während der Zeitspanne ab dem Zeitpunkt  $t_{22}$  bis zum Zeitpunkt  $t_{23}$  wird das Spannungs-Hochstuf-Verhältnis des BAT-Wandlers **34** so gesteuert, dass die Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  abnimmt, und wird das Spannungs-Hochstuf-Verhältnis des FC-Wandlers **24** derart angesteuert, dass die Soll-FC-Spannung  $V_{fctar}$  ansteigt.

**[0147]** Wenn zum Zeitpunkt  $t_{23}$  die Regeneration beginnt, wird der BAT-Wandler **34** vom Spannungs-

Hochstufzustand zum Spannungs-Herabstufzustand geschaltet.

**[0148]** Zum Zeitpunkt  $t_{23}$  wird das Laden der Batterie **30** durch Regeneration gestartet. Danach wird die Bandbreite der elektrischen Batterieladegrenzleistung  $P_{batclmt}$  rasch reduziert. Wenn zum Zeitpunkt  $t_{24}$  sich die Bandbreite an  $0$  [kW] annähert, schaltet die ECU **50** das Energieerzeugungsunterbrechungsanforderungsflag  $F_{cutreq}$  der FC **20** vom AUS-Zustand zum EIN-Zustand.

**[0149]** Wenn das Energieerzeugungsunterbrechungsanforderungsflag  $F_{cutreq}$  im EIN-Zustand ist, startet die ECU **50** sofort den Prozess zum Fixieren der Soll-Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$ , welche die Soll-Sekundärspannung des BAT-Wandlers **34** ist, zur Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  vom Zeitpunkt  $t_{24}$ .

**[0150]** Dann wird während der Zeitspanne ab dem Zeitpunkt  $t_{24}$  bis zum Zeitpunkt  $t_{25}$ , wo die Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  fixiert ist, die Soll-FC-Spannung  $V_{fctar}$  als die Soll-Primärspannung des FC-Wandlers **24** auf die FC-Leerlaufspannung  $V_{fcOCV}$  gesetzt, und wird die FC-Spannung  $V_{fc}$  durch den FC-Wandler **24** angehoben, so dass sie der Soll-FC-Spannung  $V_{fctar}$  folgt (durch lineares Reduzieren des Spannungs-Hochstuf-Verhältnisses des FC-Wandlers **24** wird die FC-Spannung  $V_{fc}$  näher an die FC-Leerlaufspannung  $V_{fcOCV}$  gebracht).

**[0151]** Wenn zum Zeitpunkt  $t_{25}$ , durch den Betrieb des FC-Wandlers **24**, die FC-Spannung  $V_{fc}$  gleich der FC-Leerlaufspannung  $V_{fcOCV}$  wird, wird der Prozess zum Fixieren der Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  durch den BAT-Wandler **34** aufgehoben. Ab dem Zeitpunkt  $t_{25}$  kehrt der BAT-Wandler **34** zum Spannungs-Hochstufzustand zurück.

**[0152]** Wenn zum Zeitpunkt  $t_{25}$  die FC-Spannung  $V_{fc}$  zur Leerlaufspannung  $V_{fcOCV}$  wird, wird, da der Spannungs-Hochstufbetrieb des FC-Wandlers **24** gesperrt wird, der FC-Wandler **24** in den Unterbrechungszustand versetzt. Daher wird das Schaltelement  $S_{11}$  zum AUS-Zustand geschaltet.

**[0153]** Zum Zeitpunkt  $t_{28}$  wird die elektrische Batterieladegrenzleistung  $P_{batclmt}$  niedriger als die Schwellenspannung  $P_{batth}$  und es wird bestimmt, dass der Ladegrad der Batterie **30** ausreichend geworden ist. Dann wird das Energieerzeugungsunterbrechungsanforderungsflag  $F_{cutreq}$  vom EIN-Zustand zum AUS-Zustand umgeschaltet. Zum Zeitpunkt  $t_{28}$  wird der Unterbrechungszustand des FC-Wandlers **24** aufgehoben und wird der FC-Wandler **24** in den Spannungs-Hochstufzustand versetzt.

**[0154]** Im Zeitdiagramm von **Fig. 8** ist ein Vergleichsbeispiel, das keinerlei Gegenmaßnahme unterzogen

wird, in der Zeitspanne vom Zeitpunkt  $t_{24}$  bis zum Zeitpunkt  $t_{26}$  mit unterbrochenen Linien gezeigt. Da in dem Vergleichsbeispiel der Prozess zum Fixieren der Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  während der Zeitspanne ab dem Zeitpunkt  $t_{24}$  bis zum Zeitpunkt  $t_{26}$  nicht durchgeführt wird, kann die Soll-FC-Spannung  $V_{fctar}$  nicht geeignet gesteuert werden. Im Vergleichsbeispiel könnte nach dem Zeitpunkt  $t_{24}$  die elektrische Batterieleistung  $P_{bat}$  die elektrische Batterieladegrenzleistung  $P_{batclmt}$  unerwünscht überschreiten.

[Zusammenfassung des zweiten Ausführungsbeispiels]

**[0155]** Das zweite Ausführungsbeispiel wird auch in Bezug auf das Flussdiagramm von **Fig. 9** erläutert.

**[0156]** Das FC-Automobil **10** zur Ausführung des Steuerverfahrens des FC-Automobils **10** gemäß dem obigen zweiten Ausführungsbeispiel enthält die FC **20** zum Erzeugen der FC-Spannung  $V_{fc}$  als Primärspannung, die Batterie **30** zum Erzeugen der Batteriespannung  $V_{bat}$  als die andere Primärspannung, den Inverter **14** zum Antreiben des Motors **12**, den BAT-Wandler **34**, der zwischen der Batterie **30** und dem Inverter **14** und konfiguriert ist, eine Spannungswandlung durchzuführen, sowie den FC-Wandler **24**, der zwischen der FC **20** und dem Inverter **14** vorgesehen und konfiguriert ist, um eine Spannungswandlung durchzuführen.

**[0157]** Wie oben in Bezug auf **Fig. 8** beschrieben, wird in dem Steuerverfahren gemäß dem zweiten Vergleichsbeispiel in dem Sekundärspannungs-Setzschritt ab dem Zeitpunkt  $t_{20}$  bis zum Zeitpunkt  $t_{23}$  die Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  als die Sekundärspannung durch den FC-Wandler **24** und/oder den BAT-Wandler **34** entsprechend der angeforderten elektrischen Motorleistung  $P_{mreq}$  gesetzt.

**[0158]** Ferner enthält das Steuerverfahren gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel einen zeitweiligen Sekundärspannungs-Fixierschritt (ab dem Zeitpunkt  $t_{24}$  bis zum Zeitpunkt  $t_{26}$ , Schritt  $S_{13}$ ). Wenn in diesem Schritt während der Regeneration ab dem Zeitpunkt  $t_{23}$  bis zum Zeitpunkt  $t_{25}$  (Schritt  $S_{11}$ : JA), zum Zeitpunkt  $t_{24}$  sich die Bandbreite der elektrischen Batterieladegrenzleistung  $P_{batclmt}$  Null annähert ( $P_{batclmt} \approx 0$ , Schritt  $S_{12}$ : JA), wird die Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  zeitweilig durch den BAT-Wandler **34** fixiert, wenn die Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  basierend auf einer Abnahme der angeforderten elektrischen Motorleistung  $P_{mreq}$  und/oder der elektrischen Regenerativleistung des Motors **12** abnimmt (Erzeugung der elektrischen Regenerativleistung beginnt zum Zeitpunkt  $t_{23}$  und endet zum Zeitpunkt  $t_{26}$ ).

**[0159]** Da wie oben beschrieben durch das zeitweilige Fixieren der Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$ , welche die Sekundärspannung ist, während der Zeitspanne ab dem Zeitpunkt  $t_{24}$  bis zum Zeitpunkt  $t_{25}$ , in Schritt S14, die Steuerung derart implementiert werden kann, dass die FC-Spannung  $V_{fc}$  durch den FC-Wandler **24** linear angehoben wird, so dass sie zur FC-Leerlaufspannung  $V_{fcOCV}$  wird, ist es möglich, das Risiko zu reduzieren, dass die elektrische FC-Leistung  $P_{fc}$  von der FC **20** abgezogen wird, wodurch die Steuerbarkeit der FC-Spannung  $V_{fc}$  schlechter wird. Wenn die FC-Spannung  $V_{fc}$  zur FC-Leerlaufspannung  $V_{fcOCV}$  wird (Schritt S14: JA, Zeitpunkt  $t_{25}$ ), wird in Schritt S15 das Fixieren der Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  durch den BAT-Wandler **34** aufgehoben.

**[0160]** In diesem zweiten Ausführungsbeispiel wird die elektrische Batterieladegrenzleistung  $P_{batClimt}$  als Parameter verwendet. Alternativ kann, wie im Falle des ersten Ausführungsbeispiels und des modifizierten Beispiels des ersten Ausführungsbeispiels, das Verfahren auch den SOC-Erfassungsschritt zum Erfassen des SOC der Batterie **30** enthalten, und kann der zeitweilige Sekundärspannungs-Fixierschritt durchgeführt werden, wenn der erfasste SOC ein SOC-Schwellenwert oder darüber ist. Das heißt, falls der SOC der Batterie **30** gleich oder höher als der SOC-Schwellenwert ist, könnte das Laden der Batterie **30** verschwenderisch sein oder könnte in Überladen der Batterie **30** unerwünscht stattfinden. In diesem Fall ist es durch zeitweiliges Fixieren der Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  als die Sekundärspannung möglich, ein Überladen der Batterie **30** und eine Verschlechterung der Brennstoffausnutzung (elektrischen Energieeffizienz) des FC-Automobils **10** als das Brennstoffzellensystem zu verhindern.

[Modifiziertes Beispiel des zweiten Ausführungsbeispiels]

**[0161]** Wenn in dem obigen ersten Ausführungsbeispiel, wie im Bezug auf die **Fig. 4** und **Fig. 6** beschrieben, ein Risiko besteht, dass der SOC die Obergrenze  $SOC_{upLimt}$  aufgrund der überschüssigen elektrischen Leistung der FC **20** während des Leerlaufstopps überschreiten könnte, wird eine derartige Steuerung implementiert, dass die Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  stufenweise angehoben wird. Auch in dem Fall, wo das Gaspedal des FC-Automobils **10** im Verzögerungszustand ist, wo das Gaspedal gelöst ist, besteht ein Risiko des Überladens der Batterie **30** aufgrund der elektrischen Regenerativleistung. Wenn somit bestimmt wird, dass das FC-Automobil im Verzögerungszustand ist und daher ein Risiko des Überladens besteht, könnte der BAT-Wandler **34** und/oder der FC-Wandler **24** derart gesteuert werden, dass die Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$  als die gemeinsame Sekundärspannung des BAT-Wandlers **34** und des

FC-Wandlers **24** höher wird als die FC-Leerlaufspannung  $V_{fcOCV}$ .

**[0162]** Das heißt, normalerweise wird die Batterie **30** mit der elektrischen FC-Leistung  $P_{fc}$  geladen, welche während der Verzögerung des FC-Automobils **10** redundant wird (d. h. Überschussenergie). Wenn daher die elektrische FC-Leistung  $P_{fc}$  fortdauernd erzeugt wird (wenn die Stromerzeugung fort dauert), besteht ein Risiko, dass ein Überladen der Batterie **30** stattfindet. In diesem Fall kann durch Erhöhen der Inverterklemmenspannung  $V_{inv}$ , welche die Sekundärspannung ist, so dass sie höher wird als die FC-Leerlaufspannung  $V_{fcOCV}$ , die Ausgabe von der FC **20** unterbrochen werden, und es wird möglich, ein Überladen der Batterie **30** zu verhindern.

**[0163]** Es werden ein Verfahren zum Steuern eines Brennstoffzellensystems, ein Verfahren zum Steuern eines Brennstoffzellenautomobils sowie ein Brennstoffzellenautomobil angegeben, um ein Überladen etc. einer Stromspeichervorrichtung (Batterie) mit überschüssiger elektrischer Energie zu verhindern, welche von einer Brennstoffzelle (FC) erzeugt wird. Wenn sich der SOC einer Batterie (**30**) einer Obergrenze annähert, besteht ein Risiko, dass ein Überladen der Batterie (**30**) auftreten könnte. In diesem Fall wird, unter Verwendung eines BAT-Wandlers (**34**), eine Inverterklemmenspannung ( $V_{inv}$ ) auf die FC-Leerlaufspannung ( $V_{fcOCV}$ ) oder höher hochgestuft, wobei ein Hochstuf-FC-Wandler (**24**) in einen Unterbrechungszustand versetzt wird, um ein Überladen zu verhindern.

**ZITATE ENHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- JP 2011-205735 A [0002, 0002, 0003, 0008, 0009]



## Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern/Regeln eines Brennstoffzellensystems, wobei das Brennstoffzellensystem aufweist:

eine Brennstoffzelle (20), die konfiguriert ist, um eine Brennstoffzellenspannung (Vfc) als Primärspannung zu erzeugen;

eine Stromspeichervorrichtung (30), die konfiguriert ist, um eine Stromspeichervorrichtung-Spannung (Vbat) als andere Primärspannung zu erzeugen;

eine Lasttreibereinheit (14), der eine Sekundärspannung (Vinv) zugeführt wird, wobei die Lasttreibereinheit (14) zum Antrieb einer Last (12) konfiguriert ist; einen ersten Wandler (34), der zwischen der Stromspeichervorrichtung (30) und der Lasttreibereinheit (14) vorgesehen und konfiguriert ist, um eine Spannungswandlung zwischen der Stromspeichervorrichtung-Spannung (Vbat) und der Sekundärspannung (Vinv) durchzuführen; und

einen zweiten Wandler (24), der zwischen der Brennstoffzelle (20) und der Lasttreibereinheit (14) vorgesehen und konfiguriert ist, um eine Spannungswandlung zwischen der Brennstoffzellenspannung (Vfc) und der Sekundärspannung (Vinv) durchzuführen, wobei das Verfahren aufweist:

einen Sekundärspannungs-Hochstufschritt zum Steuern/Regeln des ersten Wandlers (34), um hierdurch zu erlauben, dass die Sekundärspannung (Vinv) höher wird als die Brennstoffzellenspannung (Vfc), ohne einer Änderung einer für die Last (12) angeforderten elektrischen Energie zu folgen.

2. Das Verfahren zum Steuern/Regeln des Brennstoffzellensystems nach Anspruch 1, welches ferner aufweist:

vor dem Sekundärspannungs-Hochstufschritt, einen Stromspeichervorrichtung-Ladezustand-Bestimmungsschritt zum Bestimmen, ob das Laden der Stromspeichervorrichtung (30) mit von der Brennstoffzelle (20) erzeugter elektrischer Energie in einem akzeptablen Zustand ist oder nicht,

wobei, wenn bestimmt wird, dass das Laden der Stromspeichervorrichtung (30) mit der von der Brennstoffzelle (20) erzeugten elektrischen Energie nicht in einem akzeptablen Zustand ist, der Sekundärspannungs-Hochstufschritt durchgeführt wird.

3. Das Verfahren zum Steuern/Regeln des Brennstoffzellensystems nach Anspruch 2, wobei in dem Stromspeichervorrichtung-Ladezustand-Bestimmungsschritt ein Ladezustand, d. h. SOC, der Stromspeichervorrichtung (30) erfasst wird, und wenn der erfasste SOC gleich oder größer als ein SOC-Schwellenwert ist, der Sekundärspannungs-Hochstufschritt durchgeführt wird.

4. Das Verfahren zum Steuern/Regeln des Brennstoffzellensystems nach einem der Ansprüche 1 bis

3, wobei, vor dem Sekundärspannungs-Hochstufschritt, der erste Wandler (34) in einen gestoppten Zustand versetzt wird, um die Stromspeichervorrichtung (30) direkt mit der Lasttreibereinheit (14) zu verbinden.

5. Das Verfahren zum Steuern/Regeln des Brennstoffzellensystems nach einem der Ansprüche 1 bis 4, das ferner aufweist:

einen Energieerzeugungs-Strom-Nullwert-Schritt zum Setzen eines Energieerzeugungs-Stroms auf einen Nullwert vor dem Ansteuern des ersten Wandlers (34), um hierdurch zu erlauben, dass die Sekundärspannung (Vinv) höher als die Brennstoffzellenspannung (Vfc) wird.

6. Verfahren zum Steuern/Regeln des Brennstoffzellensystems, wobei das Brennstoffzellensystem aufweist:

eine Brennstoffzelle (20), die konfiguriert ist, um eine Brennstoffzellenspannung (Vfc) als Primärspannung zu erzeugen;

eine Stromspeichervorrichtung (30), die konfiguriert ist, um eine Stromspeichervorrichtung-Spannung (Vbat) als andere Primärspannung zu erzeugen;

eine Lasttreibereinheit (14), der eine Sekundärspannung (Vinv) zugeführt wird, wobei die Lasttreibereinheit (14) zum Antrieb einer Last (12) konfiguriert ist; einen ersten Wandler (34), der zwischen der Stromspeichervorrichtung (30) und der Lasttreibereinheit (14) vorgesehen und konfiguriert ist, um eine Spannungswandlung zwischen der Stromspeichervorrichtung-Spannung (Vbat) und der Sekundärspannung (Vinv) durchzuführen; und

einen zweiten Wandler (24), der zwischen der Brennstoffzelle (20) und der Lasttreibereinheit (14) vorgesehen und konfiguriert ist, um eine Spannungswandlung zwischen der Brennstoffzellenspannung (Vfc) und der Sekundärspannung (Vinv) durchzuführen, wobei das Verfahren aufweist:

einen Sekundärspannungs-Schritt zum Setzen der Sekundärspannung (Vinv) durch den ersten Wandler (34) in Abhängigkeit von einer für die Last (12) angeforderten elektrischen Energie; und einen zeitweiligen Sekundärspannungs-Fixierschritt, um, wenn die Sekundärspannung (Vinv) basierend auf einer Abnahme der für die Last (12) angeforderten elektrischen Energie und/oder der regenerativen elektrischen Energie der Last (12) abnimmt, die abnehmende Sekundärspannung (Vinv) durch den ersten Wandler (34) zeitweilig zu fixieren.

7. Das Verfahren zum Steuern/Regeln des Brennstoffzellensystems nach Anspruch 6, das ferner einen SOC-Erfassungsschritt zum Erfassen eines Ladezustand, d. h. SOC, der Stromspeichervorrichtung (30) aufweist, wobei, wenn der erfasste SOC gleich oder größer als ein SOC-Schwellenwert ist, der zeitweilige Sekundärspannungs-Fixierschritt durchgeführt wird.

8. Das Verfahren zum Steuern/Regeln des Brennstoffzellensystems nach Anspruch 6 oder 7, wobei in einem Fall, wo die Abnahme der Sekundärspannung ( $V_{inv}$ ) durch regenerative elektrische Energie der Last (12) verursacht wird, der zeitweilige Sekundärspannungs-Fixierschritt fort dauert, bis die Erzeugung der regenerativen elektrischen Energie der Last (12) beendet ist.

9. Verfahren zum Steuern/Regeln des Brennstoffzellenautomobils, wobei das Brennstoffzellenautomobil aufweist:

eine Brennstoffzelle (20), die konfiguriert ist, um eine Brennstoffzellenspannung ( $V_{fc}$ ) als Primärspannung zu erzeugen;

eine Stromspeichervorrichtung (30), die konfiguriert ist, um eine Stromspeichervorrichtung-Spannung ( $V_{bat}$ ) als andere Primärspannung zu erzeugen;

eine Motortreibereinheit (14), der eine Sekundärspannung ( $V_{inv}$ ) zugeführt wird, wobei die Motortreibereinheit (14) konfiguriert ist, um einen Motor (12) anzutreiben, der eine Antriebskraft erzeugt, um eine Fahrt des Brennstoffzellenautomobils zu erlauben, einen ersten Wandler (34), der zwischen der Stromspeichervorrichtung (30) und der Motortreibereinheit (14) vorgesehen und konfiguriert ist, um eine Spannungswandlung zwischen der Stromspeichervorrichtung-Spannung ( $V_{bat}$ ) und der Sekundärspannung ( $V_{inv}$ ) durchzuführen; und

einen zweiten Wandler (24), der zwischen der Brennstoffzelle (20) und der Motortreibereinheit (14) vorgesehen und konfiguriert ist, um eine Spannungswandlung zwischen der Brennstoffzellenspannung ( $V_{fc}$ ) und der Sekundärspannung ( $V_{inv}$ ) durchzuführen, wobei das Verfahren aufweist:

einen Verzögerungsbestimmungsschritt zum Bestimmen, ob das Brennstoffzellenautomobil (10) in einem Verzögerungszustand ist oder nicht; und

einen Sekundärspannungs-Hochstufschritt, um, wenn das Brennstoffzellenautomobil (10) im Verzögerungszustand ist, den ersten Wandler (34) anzusteuern, um hierdurch zu erlauben, dass die Sekundärspannung ( $V_{inv}$ ) höher als die Brennstoffzellenspannung ( $V_{fc}$ ) wird.

10. Brennstoffzellenautomobil, welches aufweist: eine Brennstoffzelle (20), die konfiguriert ist, um eine Brennstoffzellenspannung ( $V_{fc}$ ) als Primärspannung zu erzeugen;

eine Stromspeichervorrichtung (30), die konfiguriert ist, um eine Stromspeichervorrichtung-Spannung ( $V_{bat}$ ) als andere Primärspannung zu erzeugen;

eine Motortreibereinheit (14), der eine Sekundärspannung ( $V_{inv}$ ) zugeführt wird, wobei die Motortreibereinheit (14) konfiguriert ist, um einen Motor (12) anzutreiben, der eine Antriebskraft erzeugt, um eine Fahrt des Brennstoffzellenautomobils zu erlauben,

einen ersten Wandler (34), der zwischen der Stromspeichervorrichtung (30) und der Motortreibereinheit (14) vorgesehen und konfiguriert ist, um eine Spannungswandlung zwischen der Stromspeichervorrichtung-Spannung ( $V_{bat}$ ) und der Sekundärspannung ( $V_{inv}$ ) durchzuführen; und

einen zweiten Wandler (24), der zwischen der Brennstoffzelle (20) und der Motortreibereinheit (14) vorgesehen und konfiguriert ist, um eine Spannungswandlung zwischen der Brennstoffzellenspannung ( $V_{fc}$ ) und der Sekundärspannung ( $V_{inv}$ ) durchzuführen; einen Verzögerungszustand-Erfassungssensor (62); und

eine elektronische Steuereinheit (50), die mit der Brennstoffzelle (20), der Stromspeichervorrichtung (30), der Motortreibereinheit (14), dem ersten Wandler (34), dem zweiten Wandler (24) und dem Verzögerungszustand-Erfassungssensor (62) verbunden ist, wobei, wenn die elektronische Steuereinheit (50) basierend auf einer Ausgabe des Verzögerungszustand-Erfassungssensors (62) bestimmt, dass das Brennstoffzellenautomobil in einem Verzögerungszustand ist, die elektronische Steuereinheit (50) den ersten Wandler (34) ansteuert, um hierdurch zu erlauben, dass die Sekundärspannung ( $V_{inv}$ ) höher als die Brennstoffzellenspannung ( $V_{fc}$ ) wird.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

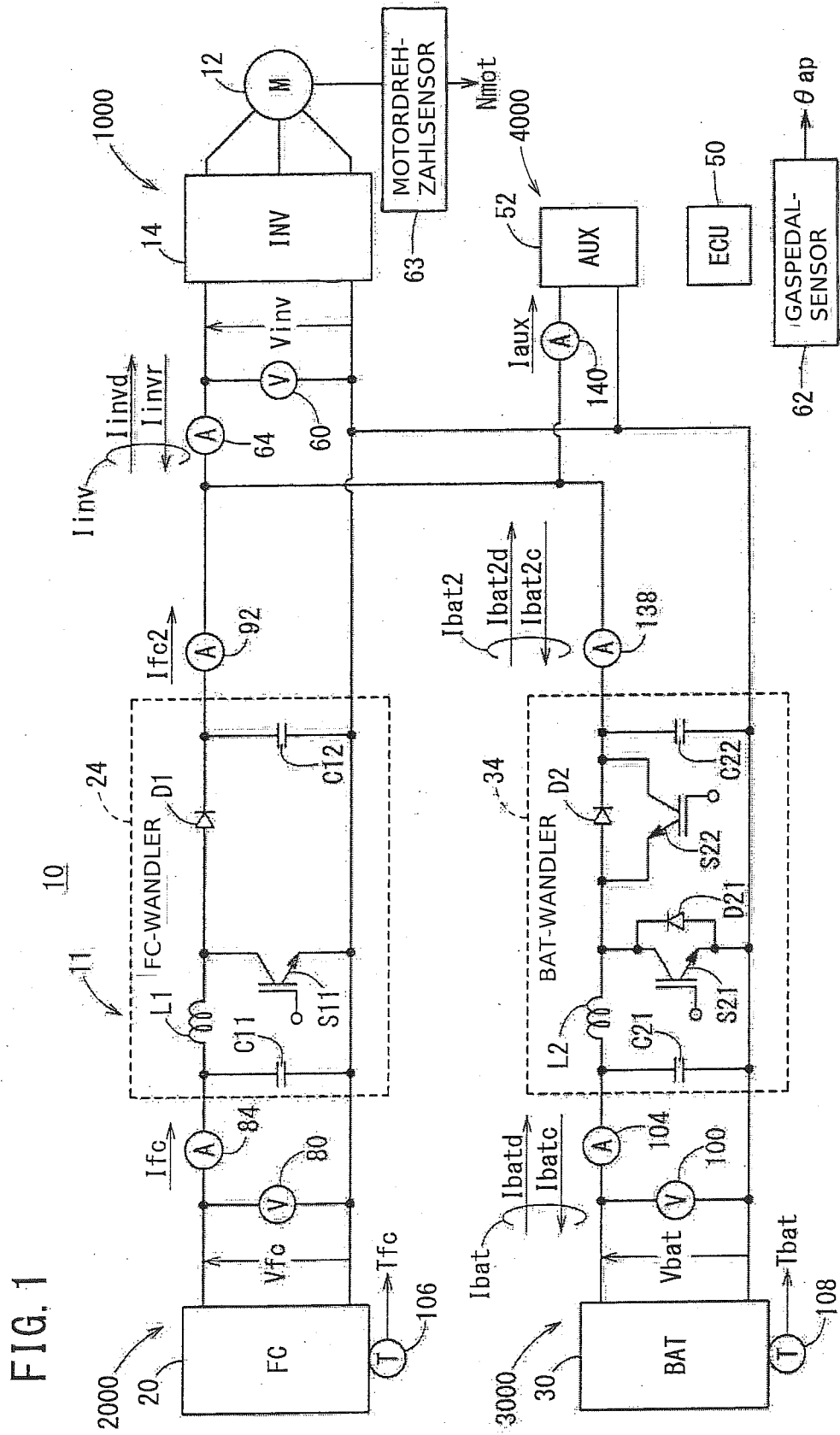
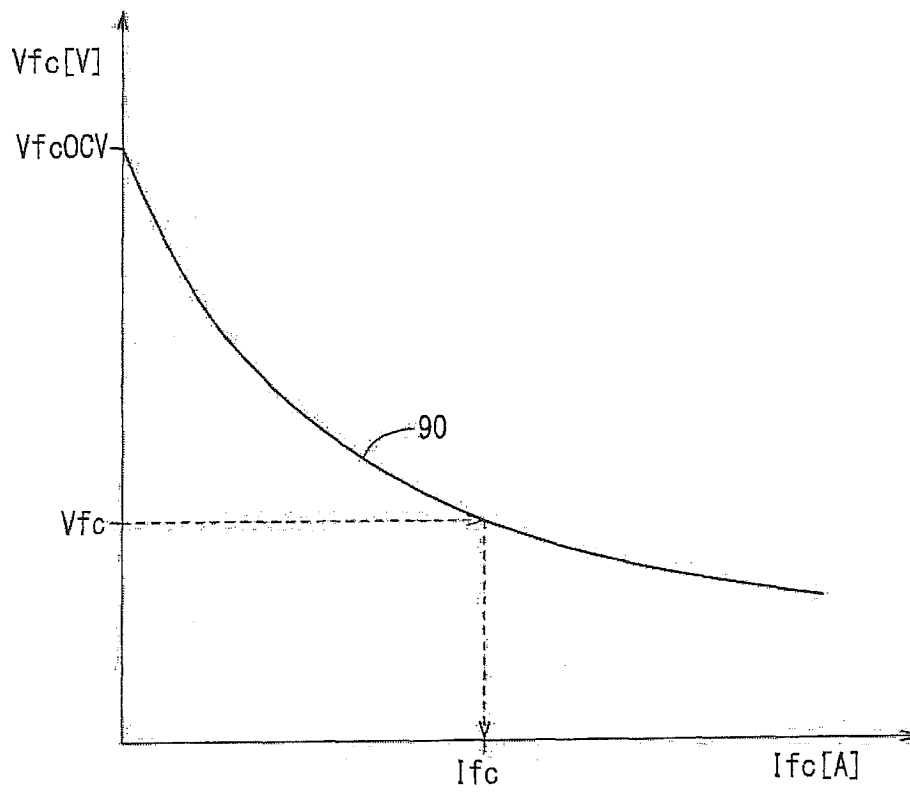


FIG. 2

70

	FC-WANDLER 24	BAT-WANDLER 34	S11	S21	S22
SPANNUNGS- HOCHSTUFZUSTAND	$V_{fc} < V_{inv}$	$V_{bat} < V_{inv}$	EIN/AUS	EIN/AUS	AUS
DIREKTVERBIN- DUNGZUSTAND	$V_{fc} \approx V_{inv}$	$V_{bat} \approx V_{inv}$	AUS	AUS	EIN
SPANNUNGS-HERAB- STUFZUSTAND		$V_{bat} < V_{inv}$	/	AUS	EIN/AUS
UNTERBRECHUNGS- ZUSTAND VON FC 20	$V_{fc} = V_{fc0CV} < V_{inv}$	$V_{bat} < V_{inv}$	AUS	EIN/AUS	AUS

FIG. 3



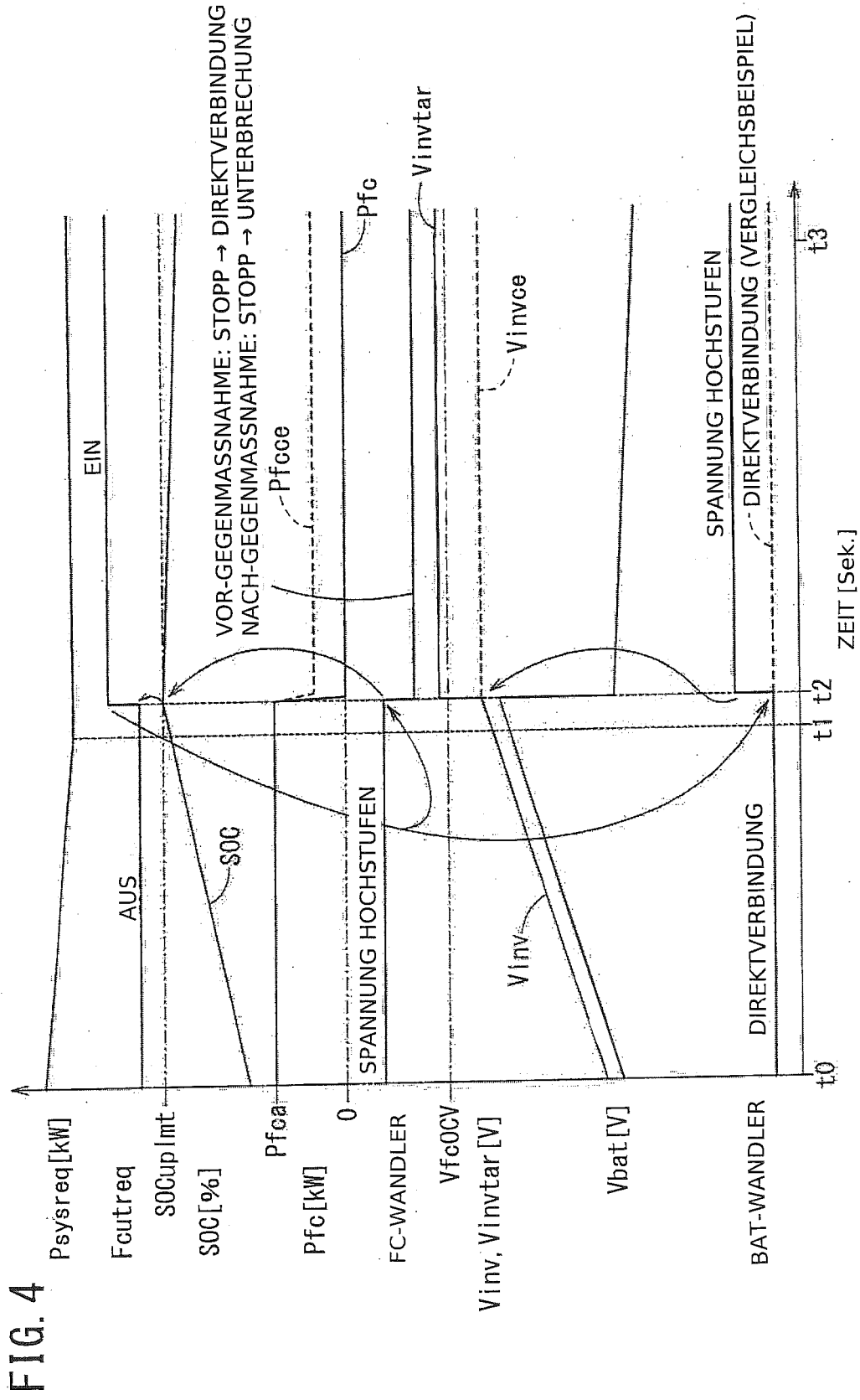
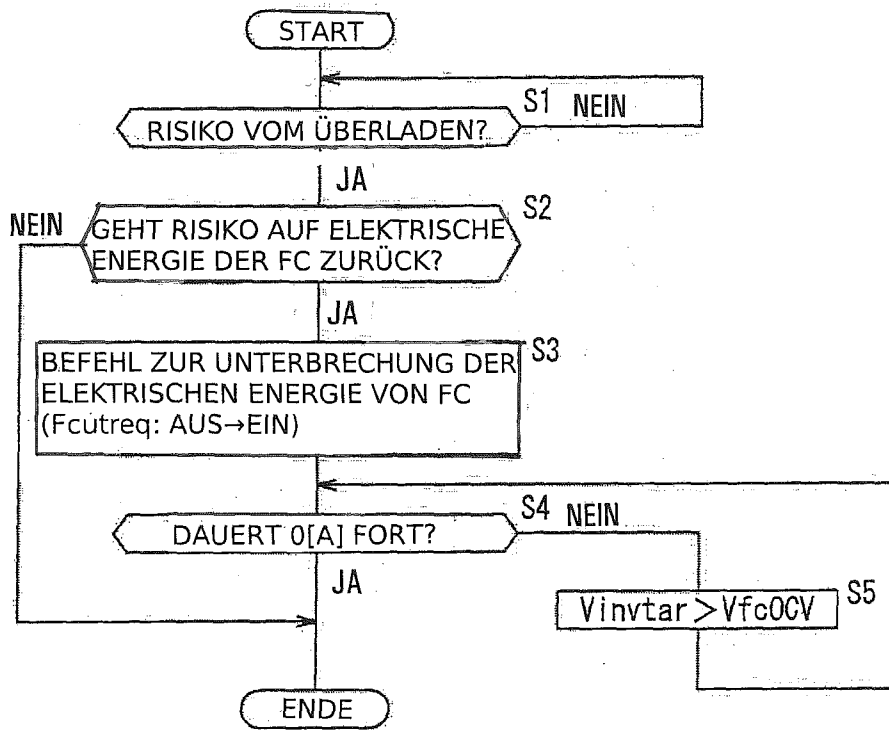


FIG. 5



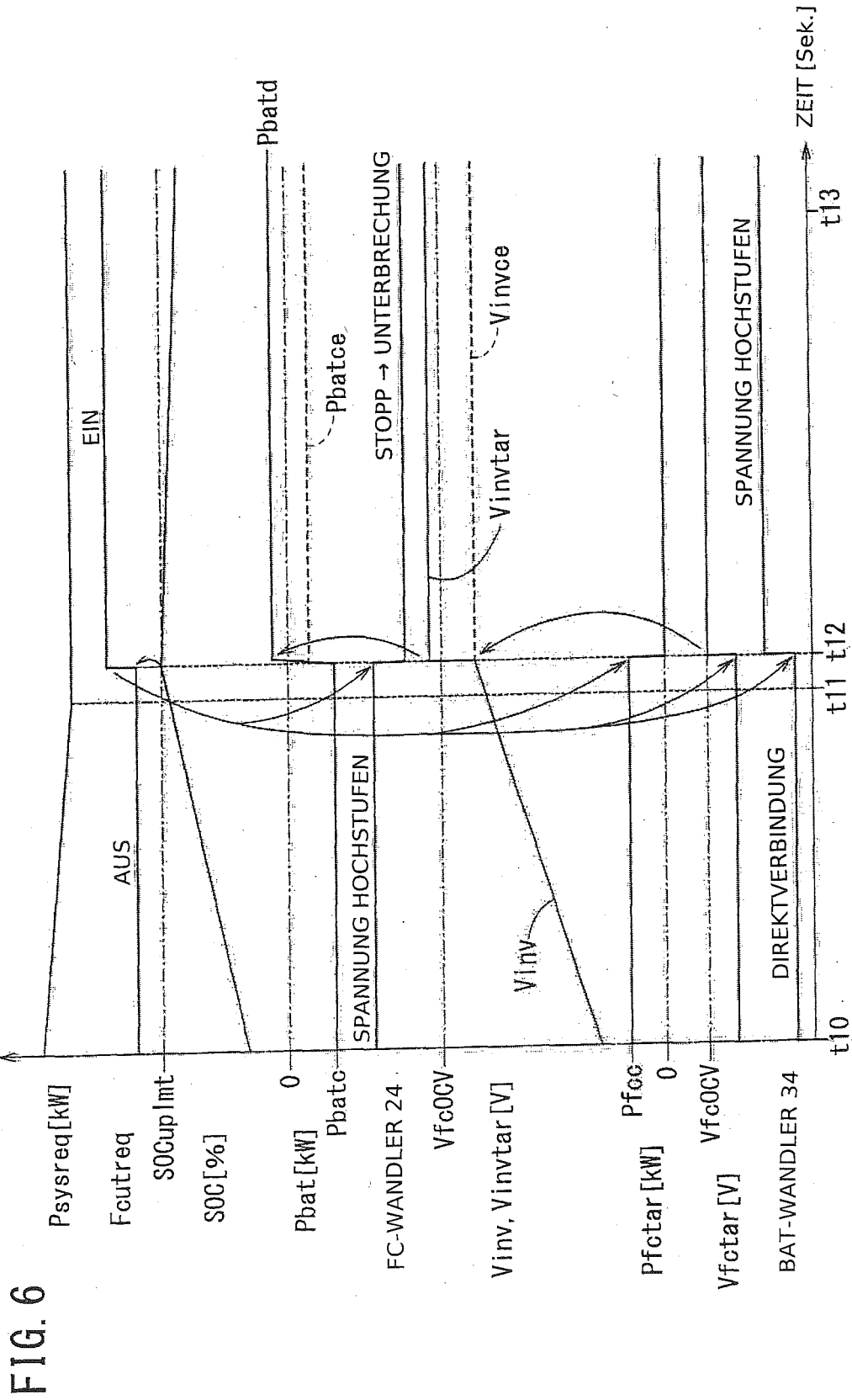
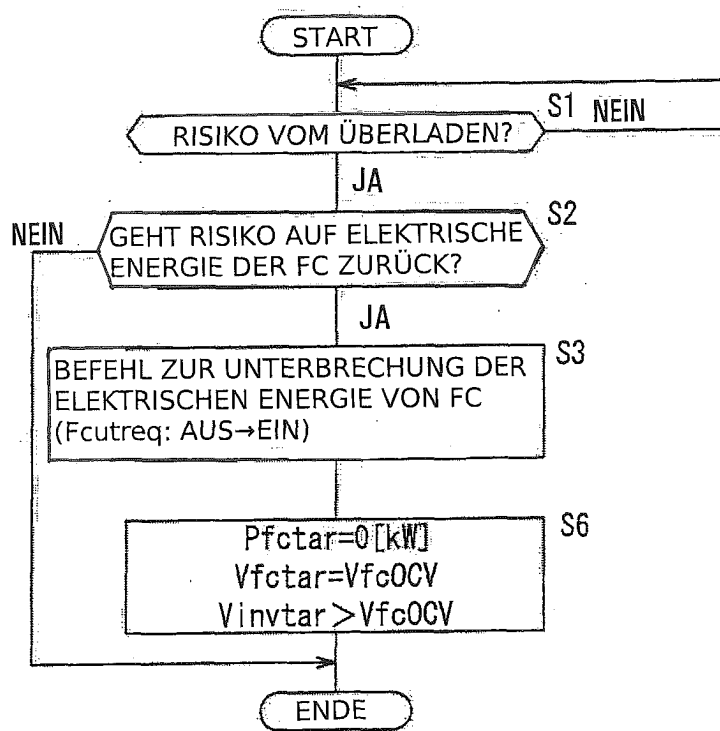




FIG. 7



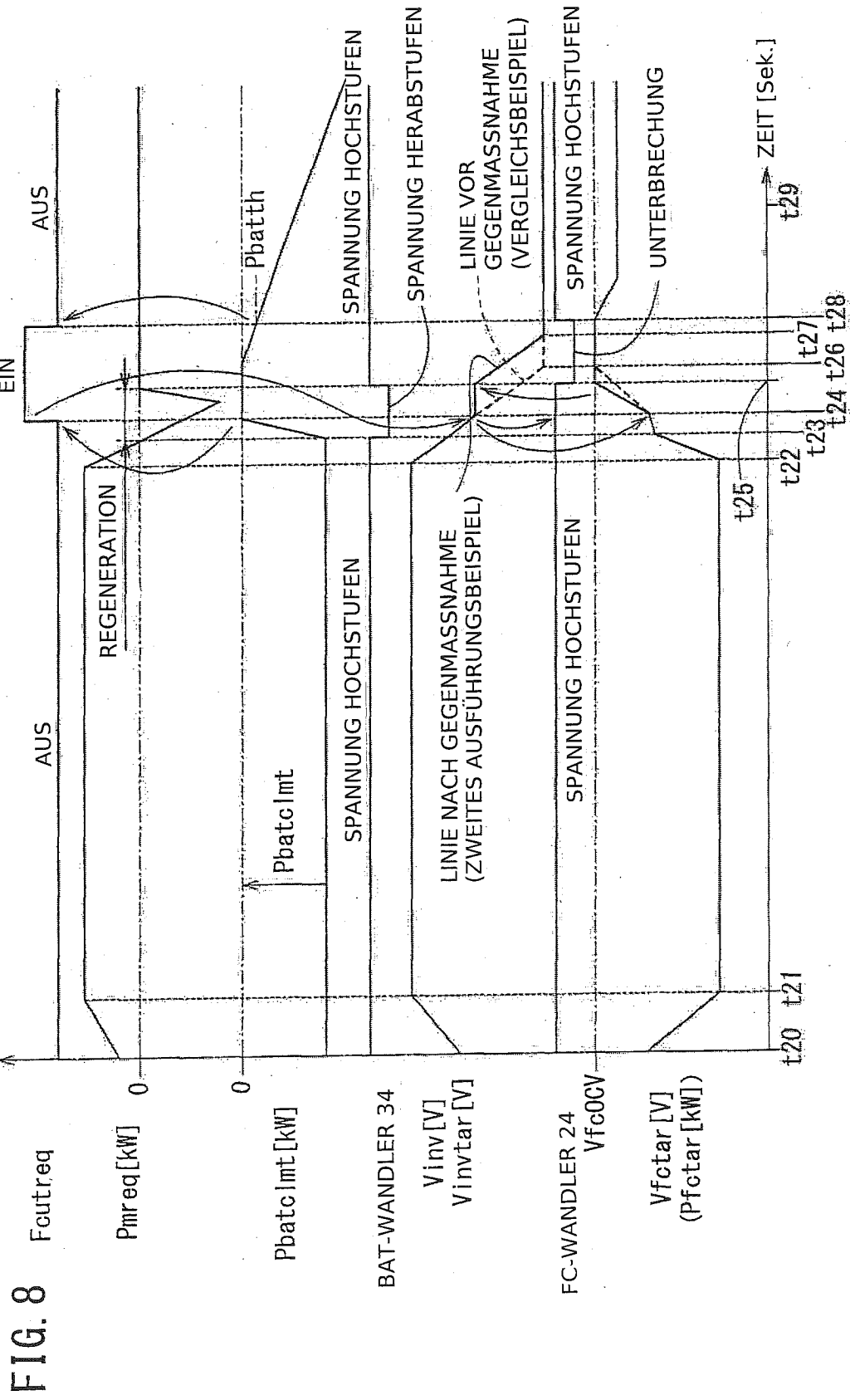


FIG. 9

