



(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2010/150338**
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2009 004 991.5**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2009/061314**
(86) PCT-Anmeldetag: **22.06.2009**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **29.12.2010**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **11.10.2012**

(51) Int Cl.: **H02H 7/12 (2012.01)**
B60L 11/18 (2012.01)

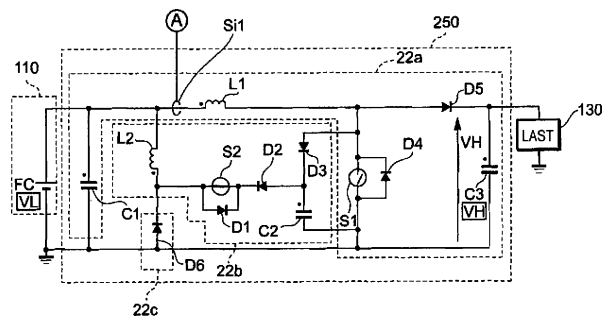
(71) Anmelder:
Toyota Jidosha K.K., Toyota-shi, Aichi, JP

(72) Erfinder:
Hasegawa, Takahiko, Toyota-shi, Aichi-ken, JP;
Kitamura, Nobuyuki, Toyota, Aichi, JP; Manabe,
Kota, Toyota, Aichi, JP; Umehara, Takahiro,
Toyota, Aichi, JP

(74) Vertreter:
Kuhnen & Wacker Patent- und
Rechtsanwaltsbüro, 85354, Freising, DE

(54) Bezeichnung: **Wandlersteuervorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Wandlersteuervorrichtung vorgesehen, die einen fehlerhaften EIN-Zustand eines eine Hilfsschaltung eines Soft-Switching-Wandlers darstellenden Hilfsschalters erfasst, und die Elementausfälle verhindern kann. Ein Stromsensor (Si1) zum Erfassen des in einer Spule (L1) fließenden Stroms (L1-Strom) ist zwischen einer Brennstoffzelle (110) und der Spule (L1) vorgesehen. Ein Controller erfasst sequentiell den L1-Strom unter Verwendung des Stromsensors (Si1) und stellt eine Beurteilung an, ob der erfasste L1-Strom einen in einem Speicher (nicht gezeigt) abgelegten Überstromschwellwert (I_{th}) überschritten hat. Wenn der Controller feststellt, dass der L1-Strom den Überstromschwellwert (I_{th}) überschritten hat, stellt der Controller fest, dass ein zweites Schaltelement (S2) einen fehlerhaften EIN-Zustand aufweist, und führt einen Failsafe-Betrieb durch, indem er die Ansteuerung eines Wandlers (250) (z. B. eines U-Phasenwandlers) einer mit diesem zweiten Schaltelement (S2) vorgesehenen Hilfsschaltung 22b beendet.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Wandlersteuervorrichtung zum Steuern der Ausgangsspannung einer Brennstoffzelle.

Einschlägiger Stand der Technik

[0002] Als ein in Fahrzeugen und dergleichen zu installierendes Brennstoffzellensystem wurden verschiedene Hybrid-Brennstoffzellensysteme vorgeschlagen, die mit einer Brennstoffzelle und einer Batterie als Leistungsquelle versehen sind, um sprunghafte Laständerungen und dergleichen, welche die Leistungserzeugungsfähigkeit einer Brennstoffzelle übersteigen, bewältigen zu können.

[0003] In einem Hybrid-Brennstoffzellensystem werden die Ausgangsspannung der Brennstoffzelle und die Ausgangsspannung der Batterie durch einen DC-DC-Wandler gesteuert. Als ein DC-DC-Wandler zur Durchführung einer solchen Steuerung findet vielfach ein Typ Anwendung, der die Spannung wandelt, indem er einen Pulsweitenmodulations(PWM)-Betrieb eines Schaltelementes wie etwa eines Leistungstransistors, eines IGBT oder eines FET veranlasst. Angesichts einer fortschreitenden Energieeinsparung, Miniaturisierung und höheren Leistungsfähigkeit in elektronischen Geräten ist es wünschenswert, dass ein DC-DC-Wandler geringere Verluste, einen höheren Wirkungsgrad und reduzierte Geräusche sowie insbesondere eine Reduzierung der mit PWM-Operationen einhergehenden Schaltverluste und Schaltüberspannungen zur Verfügung stellt.

[0004] Als eine der Vorgehensweisen zum Reduzieren solcher Schaltverluste und Schaltüberspannungen ist eine Technik des weichen Schaltens bekannt. Weiches Schalten ist eine Schaltmethode zum Durchführen von Nullspannungsschalten (Zero Voltage Switching; ZVS) oder Schalten im Stromnulldurchgang (Zero Current Switching; ZCS), bei der Schaltverluste einer Leistungs-Halbleitervorrichtung und auf die Leistungs-Halbleitervorrichtung einwirkende Beanspruchungen gering sind. Im Gegensatz hierzu wird die Schaltmethode, die ein Ein- und Ausschalten von Spannung und Strom mittels der Schaltfunktion einer Leistungs-Halbleitervorrichtung beinhaltet, als hartes Schalten bezeichnet. Im Zuge der nachfolgenden Beschreibung wird das Verfahren, das ZVS und/oder ZCS verwirklicht, als weiches Schalten ("soft switching") bezeichnet, und andere Methoden werden als hartes Schalten ("hard switching") bezeichnet.

[0005] Weiches Schalten wird mittels eines Systems verwirklicht, in dem eine Hilfsschaltung, die beispielsweise mit einem Hilfsschalter zur Reduzierung von Schaltverlusten versehen ist, zu einem mit einer Hauptspule, einem Hauptschalter und einer Diode versehenen DC-DC-Wandler von einem allgemeinen Booster-Typ (der als Soft-Switching-Wandler bezeichnet wird) hinzugefügt ist (vgl. z. B. Patentliteratur 1).

Referenzliste

Patentliteratur

[0006]

Patentliteratur 1: Japanische Offenlegungsschrift Nr. 2005-102438

Zusammenfassung der Erfindung

Technisches Problem

[0007] Wenn bei einem solchen Soft-Switching-Wandler ein fehlerhafter EIN-Zustand in einem Hilfsschalter auftritt, der eine Hilfsschaltung darstellt, kann die Hilfsschaltung nicht mehr gesteuert werden. Im Ergebnis kann kein weiches Schalten durchgeführt werden, und darüber hinaus wird in einer Hauptspule ein Überstrom erzeugt, wodurch das Überhitzen eines Hilfsschaltungselementes verursacht werden kann.

[0008] Die vorliegende Erfindung entstand angesichts des vorstehend beschriebenen Sachverhalts, wobei es die Aufgabe der Erfindung ist, eine Wandlersteuervorrichtung zur Verfügung zu stellen, die fehlerhafte EIN-Zustände eines eine Hilfsschaltung eines Soft-Switching-Wandlers darstellenden Hilfsschalters erfasst, und die ein Überhitzen des Hilfsschaltungselementes verhindern kann.

Problemlösung

[0009] Um das oben genannte Problem zu lösen, ist die Wandlersteuervorrichtung der vorliegenden Erfindung eine Steuervorrichtung eines mit einer Haupt-Boosterschaltung und einer Hilfsschaltung versehenen Soft-Switching-Wandlers, welche die Ausgangsspannung einer Brennstoffzelle steuert, und welche aufweist: einen Stromsensor zum Erfassen eines Stroms, der in einer die Haupt-Boosterschaltung darstellenden Hauptspule fließt; eine Beurteilungseinrichtung, die feststellt, dass ein die Hilfsschaltung darstellender Hilfsschalter einen fehlerhaften EIN-Zustand aufweist, wenn der von dem Stromsensor erfasste Strom einen eingestellten Überstromschwellwert übersteigt; und eine Failsafe-Einrichtung, die den Betrieb der Haupt-Boosterschaltung beendet, wenn festgestellt wird, dass der Hilfsschalter einen fehlerhaften EIN-Zustand aufweist.

[0010] Gemäß dieser Konfiguration wird, wenn der in der Hauptspule fließende Strom einen Überstromschwellwert übersteigt, die Feststellung getroffen, dass ein fehlerhafter EIN-Zustand vorliegt, woraufhin die Steuerung in einen Failsafe-Betrieb übergeht, um den Betrieb der Haupt-Boosterschaltung anzuhalten, wodurch es ermöglicht wird, Probleme wie etwa Beschädigungen von Elementen zu verhindern.

[0011] Ferner ist der Soft-Switching-Wandler bei der vorstehend beschriebenen Konfiguration in einem bevorzugten Merkmal ein Mehrphasen-Soft-Switching-Wandler, der für jede Phase mit der Haupt-Boosterschaltung und der Hilfsschaltung versehen ist, wobei der Stromsensor für jede Phase den in der Hauptspule fließenden Strom erfasst, die Beurteilungseinrichtung für jede Phase beurteilt, ob der Hilfsschalter einen fehlerhaften EIN-Zustand aufweist, und die Failsafe-Einrichtung das Ansteuern einer Phase, bei der festgestellt wurde, dass der Hilfsschalter einen fehlerhaften EIN-Zustand aufweist, beendet und eine Ansteuerung unter Verwendung der übrigen Phasen durchführt.

[0012] Ferner ist bei der vorstehend beschriebenen Konfiguration in einer weiter bevorzugten Ausführungsform der Überstromschwellwert auf der Grundlage eines an die Hauptspule erteilten Tastbefehls, eines Ausgangsstroms der Brennstoffzelle, und einer Ausgangsspannung der Brennstoffzelle eingestellt.

[0013] Ferner weist die Haupt-Boosterschaltung bei der vorstehend beschriebenen Konfiguration in einer weiter bevorzugten Ausführungsform auf: eine Hauptspule, von der ein Ende mit einem Anschluss auf einer Hochpotenzielseite der Brennstoffzelle verbunden ist; einen Hauptschalter zum Durchführen eines Schaltens, von dem ein Ende mit dem anderen Ende der Hauptspule verbunden ist, und dessen anderes Ende mit einem Anschluss auf einer Niederpotenzielseite der Brennstoffzelle verbunden ist; eine erste Diode, deren Kathode mit dem anderen Ende der Hauptspule verbunden ist; und einen zwischen der Anode der ersten Diode und dem anderen Ende des Hauptschalters vorgesehenen Glättungskondensator. Die Hilfsschaltung weist auf: einen ersten in Reihe geschalteten Block mit einer zweiten Diode und einem Niederhalte-kondensator, die mit dem Hauptschalter parallel geschaltet und mit dem anderen Ende der Hauptspule und einem Anschluss auf der Niederpotenzielseite der Brennstoffzelle verbunden sind; und einen zweiten in Reihe geschalteten Block mit einer dritten Diode, einer Hilfsspule und dem Hilfsschalter, die zwischen einen Verbindungsabschnitt zwischen der zweiten Diode und dem Niederhalte-kondensator und ein Ende der Hauptspule geschaltet sind.

[0014] Darüber hinaus ist eine weitere Wandlersteuervorrichtung der vorliegenden Erfindung eine Steuervorrichtung eines mit einer Haupt-Boosterschaltung und einer Hilfsschaltung versehenen Soft-Switching-Wandlers, welche die Ausgangsspannung einer Brennstoffzelle steuert und aufweist: einen Temperatursensor zum Erfassen einer Temperatur zumindest eines der Elemente einer Hauptspule, welche die Haupt-Boosterschaltung darstellt, sowie einer Hilfsspule und eines Hilfsschalters, welche die Hilfsschaltung darstellen; und eine Beurteilungseinrichtung, die feststellt, dass der die Hilfsschaltung darstellende Hilfsschalter einen fehlerhaften EIN-Zustand aufweist, wenn die von dem Temperatursensor erfasste Temperatur eine eingestellte Schwellentemperatur übersteigt.

[0015] Darüber hinaus ist eine weitere Wandlersteuervorrichtung der vorliegenden Erfindung eine Steuervorrichtung eines mit einer Haupt-Boosterschaltung und einer Hilfsschaltung versehenen Soft-Switching-Wandlers, welche die Ausgangsspannung einer Brennstoffzelle steuert und aufweist: einen Stromsensor zum Erfassen eines Ausgangsstroms des Soft-Switching-Wandlers; und eine Beurteilungseinrichtung, die feststellt, dass ein die Hilfsschaltung darstellender Hilfsschalter einen fehlerhaften EIN-Zustand aufweist, wenn der von dem Stromsensor erfasste Strom einen eingestellten Normalstromschwellwert nicht überschreitet.

Vorteilhafter Effekt der Erfindung

[0016] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist es möglich, fehlerhafte EIN-Zustände eines Hilfsschalters zu erfassen, der eine Hilfsschaltung eines Soft-Switching-Wandlers darstellt, und das Überhitzen eines Hilfsschaltungselementes zu verhindern.

Kurzbeschreibung der Zeichnung

[0017] [Fig. 1](#) zeigt eine schematische Darstellung der Systemkonfiguration eines FCHV(Fuel Cell Hybrid Vehicle; Brennstoffzellen-Hybridfahrzeug)-Systems der vorliegenden Ausführungsform;

[0018] [Fig. 2](#) zeigt eine schematische Darstellung der Schaltungskonfiguration eines Mehrphasen-FC-Soft-Switching-Wandlers der Ausführungsform;

[0019] [Fig. 3](#) zeigt eine schematische Darstellung der Konfiguration einer Phase eines FC-Soft-Switching-Wandlers der Ausführungsform;

[0020] [Fig. 4](#) zeigt ein Ablaufdiagramm des Soft-Switching-Prozesses;

[0021] [Fig. 5](#) zeigt eine schematische Darstellung des Betriebs von Modus 1;

[0022] [Fig. 6](#) zeigt eine schematische Darstellung des Betriebs von Modus 2;

[0023] [Fig. 7](#) zeigt eine schematische Darstellung des Betriebs von Modus 3;

[0024] [Fig. 8](#) zeigt eine schematische Darstellung des Betriebs von Modus 4;

[0025] [Fig. 9](#) zeigt eine schematische Darstellung des Betriebs von Modus 5;

[0026] [Fig. 10](#) zeigt eine schematische Darstellung des Betriebs von Modus 6;

[0027] [Fig. 11](#) zeigt ein Diagramm der Beziehung zwischen der Spannung V_c eines Niederhaltekapazitors C2 von Modus 5, der an einem ersten Schaltelement S1 anliegenden Spannung V_e , und dem in dem ersten Schaltelement S1 fließenden Strom I_e ;

[0028] [Fig. 12](#) zeigt ein Diagramm des Spannung/Strom-Verhaltens im Übergangsprozess von Modus 2 zu Modus 3;

[0029] [Fig. 13](#) zeigt eine schematische Darstellung des Stromflusses, der zu beobachten ist, wenn ein fehlerhafter EIN-Zustand eines zweiten Schaltelementes auftritt;

[0030] [Fig. 14](#) zeigt eine schematische Darstellung des Stromflusses, der zu beobachten ist, wenn ein fehlerhafter EIN-Zustand des zweiten Schaltelementes auftritt;

[0031] [Fig. 15](#) zeigt ein Diagramm eines Tastbefehls an das erste Schaltelement S1, der erteilt wird, wenn ein fehlerhafter EIN-Zustand des zweiten Schaltelementes auftritt, sowie der Erzeugung der FC-Spannung, des FC-Stroms, und des in einer Spule L1 fließenden Stroms;

[0032] [Fig. 16](#) zeigt ein Ablaufdiagramm des Prozesses der vorliegenden Ausführungsform zum Feststellen eines fehlerhaften EIN-Zustandes;

[0033] [Fig. 17](#) zeigt ein Ablaufdiagramm des Prozesses von Variationsbeispiel 1 zum Feststellen eines fehlerhaften EIN-Zustandes;

[0034] [Fig. 18](#) zeigt ein Ablaufdiagramm des Prozesses von Variationsbeispiel 2 zum Feststellen eines fehlerhaften EIN-Zustandes;

[0035] [Fig. 19](#) zeigt eine schematische Darstellung einer anderen Konfiguration.

Beschreibung von Ausführungsformen

A. Vorliegende Ausführungsform

[0036] Im Nachfolgenden wird unter Bezugnahme auf die jeweiligen Zeichnungen eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. **Fig. 1** zeigt die Konfiguration eines in einem Fahrzeug installierten FCHV-Systems der vorliegenden Ausführungsform. Obgleich in der nachfolgenden Beschreibung ein FCHV (Brennstoffzellen-Hybridfahrzeug) als beispielhaftes Fahrzeug angenommen wird, ist diese Ausführungsform auch auf ein Elektrofahrzeug und dergleichen anwendbar. Ferner ist diese Ausgestaltung nicht nur auf ein Fahrzeug anwendbar, sondern auch auf verschiedene Arten von beweglichen Objekten (z. B. Schiff, Flugzeug und Roboter), eine stationäre Leistungsquelle, und außerdem auf ein tragbares Brennstoffzellensystem.

A-1 Allgemeine Konfiguration des Systems

[0037] In einem FCHV-System **100** ist ein FC-Wandler **2500** zwischen einer Brennstoffzelle (FC) **110** und einem Inverter **140** vorgesehen, und ein DC-DC-Wandler **180** (im Nachfolgenden als Batteriewandler bezeichnet) ist zwischen einer Batterie **120** und einem Inverter **140** vorgesehen.

[0038] Bei der Brennstoffzelle **110** handelt es sich um einen Polymerelektrolyt-Brennstoffzellenstack, in dem eine Mehrzahl von Einzelzellen in Reihe gestapelt sind. Ein Spannungssensor VO zum Erfassen der Ausgangsspannung V_{fcmes} der Brennstoffzelle **110** und ein Stromsensor **10** zum Erfassen des Ausgangsstroms I_{fcmes} sind an der Brennstoffzelle **110** angebracht. In der Brennstoffzelle **110** läuft in der Anode eine Oxidationsreaktion der Formel (1) und in der Kathode eine Reduktionsreaktion der Formel (2) ab. Ferner läuft in der Brennstoffzelle **110** insgesamt eine stromerzeugende Reaktion der Formel (3) ab.



[0039] Die Einzelzelle ist von einer Konstruktion, bei der eine MEA (Membranelektrodenanordnung), die durch Einlegen einer Polymerelektrolytmembran und dergleichen zwischen zwei Elektroden, nämlich eine Brennstoffelektrode und eine Lufterlektrode, erhalten wird, von einem Separator gehalten wird, der sie mit Brennstoffgas und Oxidationsgas versorgt. Die Anode ist dergestalt, dass eine Katalysatorschicht als die Anode auf einer porösen Trägerschicht vorgesehen ist, und die Kathode ist dergestalt, dass eine Katalysatorschicht als Kathode auf einer porösen Trägerschicht vorgesehen ist.

[0040] Die Brennstoffzelle **110** ist mit einem System zum Zuführen von Brennstoffgas zur Anode, einem System zum Zuführen von Oxidationsgas zur Kathode, und einem System zum Zuführen von Kühlmittel versehen (jeweils nicht gezeigt), und indem das Zufuhrvolumen von Brennstoffgas und das Zufuhrvolumen von Oxidationsgas gemäß einem Steuersignal vom Controller **160** gesteuert werden, wird sicher gestellt, dass die gewünschte Leistung erzeugt werden kann.

[0041] Der FC-Wandler **2500** erfüllt die Funktion des Steuerns der Ausgangsspannung V_{fcmes} der Brennstoffzelle **110**, und zwar handelt es sich hierbei um einen bidirektionalen Spannungswandler, der die an die Primärseite (Eingangsseite: die Seite der Brennstoffzelle **110**) eingegebene Ausgangsspannung V_{fcmes} zu einem Spannungswert wandelt (verstärkt oder vermindert), der von demjenigen der Primärseite verschieden ist, und die Spannung an die Sekundärseite (Ausgangsseite: die Seite des Inverters **140**) ausgibt, oder umgekehrt eine an die Sekundärseite eingegebene Spannung zu einem Spannungswert wandelt, der von demjenigen der Sekundärseite verschieden ist, und die Spannung an die Primärseite ausgibt. Dieser FC-Wandler **2500** steuert die Ausgangsspannung V_{fcmes} der Brennstoffzelle **110** auf eine Spannung, die für einen Sollausgang geeignet ist.

[0042] Die Batterie **120** ist bezogen auf eine Last **130** parallel mit der Brennstoffzelle **110** geschaltet und dient als Speicherquelle für überschüssige Leistung, als eine regenerative Energiespeicherquelle während des regenerativen Bremsens, und als Energiepufferspeicher bei Lastschwankungen aufgrund der Beschleunigung und Verlangsamung eines FCHV. Beispielhaft werden eine Nickel-Cadmium-Speicherbatterie, eine Nickel-Wasserstoff-Speicherbatterie und eine Sammelbatterie wie etwa eine Lithium-Sammelbatterie als die Batterie **120** verwendet.

[0043] Der Batteriewandler **180** erfüllt die Funktion des Steuerns der Eingangsspannung des Inverters **140** und weist beispielsweise eine ähnliche Schaltungskonfiguration wie der FC-Wandler **2500** auf. Obgleich ein Wandler vom Booster-Typ als der Batteriewandler **180** angewendet werden kann, kann stattdessen ein Wandler vom Buck-Boost-Typ angewendet werden, der eine Spannung sowohl verstärken als auch vermindern kann, und es können sämtliche Konfigurationen angewendet werden, die eine Steuerung der Eingangsspannung des Inverters **140** ermöglichen.

[0044] Bei dem Inverter **140** handelt es sich beispielsweise um einen PWM-Inverter, der mit dem Pulsweitenmodulationsverfahren angesteuert wird, die von der Brennstoffzelle **110** oder der Batterie **120** ausgegebene Gleichstromleistung auf einen Steuerbefehl vom Controller **160** hin in dreiphasige Wechselstromleistung wandelt, und das Drehmoment eines Fahrmotors **131** steuert.

[0045] Der Fahrmotor **131** liefert die Hauptantriebskraft dieses Fahrzeugs und ist in der Lage, während einer Verlangsamung bzw. eines Abbremsens regenerative Leistung zu erzeugen. Bei einem Differential **132** handelt es sich um ein Untersetzungsgetriebe, das die Hochgeschwindigkeitsdrehung des Fahrmotors verlangsamt und eine Welle dreht, für die ein Reifen **133** vorgesehen ist. Die Welle ist mit einem Radgeschwindigkeitssensor und dergleichen (nicht gezeigt) versehen, von denen die Fahrzeuggeschwindigkeit und dergleichen des betreffenden Fahrzeugs erfasst werden. Bei dieser Ausführungsform wird jegliche Gerätschaft (einschließlich des Fahrmotors **131** und des Differentials **132**), die bei ihrem Betrieb die von der Brennstoffzelle **110** gelieferte Leistung aufnimmt, als eine Last **130** bezeichnet.

[0046] Bei dem Controller **160** handelt es sich um ein Computersystem zum Steuern des FCHV-Systems **100**, das beispielsweise mit einer CPU, einem RAM und einem ROM versehen ist. Der Controller **160** ermittelt den Leistungsbedarf der Last **130** (d. h. den Leistungsbedarf des gesamten Systems) mittels Eingabe verschiedener Arten von Signalen, die von einer Sensorgruppe **170** geliefert werden (z. B. eines Signals, das den Öffnungs- bzw. Betätigungsgrad des Fahrpedals angibt, oder eines Signals, das die Geschwindigkeit des Fahrzeugs angibt, und eines Signals, das den Ausgangsstrom oder die Spannung am Ausgangsanschluss der Brennstoffzelle **110** angibt).

[0047] Der Leistungsbedarf der Last **130** ist beispielsweise ein Summenwert von Fahrzeugsantriebsleistung und Zusatzgeräteleistung. Die Zusatzgeräteleistung beinhaltet die Leistung, die in bordeigenen Zusatzgeräten (Befeuchter, Luftverdichter, Wasserstoffpumpe, Kühlwasser-Umwälzpumpe usw.), für den Fahrbetrieb des Fahrzeugs benötigten Vorrichtungen (Getriebe, Radsteuervorrichtung, Lenksystem, Aufhängungsvorrichtung usw.), den in der Passagierkabine verwendeten Vorrichtungen und dergleichen (Klimaanlage, Beleuchtungseinrichtungen, Audiogeräten usw.) verbraucht wird.

[0048] Ferner bestimmt der Controller (Wandlersteuervorrichtung) **160** die Verteilung der Ausgangsleistung für die Brennstoffzelle **110** und die Batterie **120** und berechnet einen Leistungserzeugung-Anweisungswert. Nachdem der Controller **160** den Leistungsbedarf für die Brennstoffzelle **11** und die Batterie **120** ermittelt hat, steuert der Controller **160** den Betrieb des FC-Wandlers **2500** und des Batteriewandlers **180** so, dass der Leistungsbedarf gedeckt werden kann.

A-2 Konfiguration des FC-Wandlers

[0049] Gemäß der Darstellung in [Fig. 1](#) weist der FC-Wandler **2500** eine Schaltungskonfiguration als ein Wandler vom Dreiphasen-Resonanztyp auf, der aus der U-Phase, der V-Phase und der W-Phase zusammengesetzt ist. Die Schaltungskonfiguration des Wandlers vom Dreiphasen-Resonanztyp ist derart, dass ein Inverter-ähnlicher Schaltungsabschnitt, der zuerst eine eingegebene Gleichspannung in einen Wechselstrom umsetzt, und ein Abschnitt, der den Wechselstrom wieder gleichrichtet und den Wechselstrom in eine andere Gleichspannung wandelt, kombiniert sind. Bei dieser Ausführungsform wurde ein Mehrphasen-Soft-Switching-Wandler, der mit einer Freilaufschaltung (deren Einzelheiten weiter unten beschrieben sind) (im Nachfolgenden als Mehrphasen-FC-Soft-Switching-Wandler bezeichnet) als der FC-Wandler **2500** angewendet.

A-2-1 Beschreibung des Mehrphasen-FC-Soft-Switching-Wandlers

[0050] [Fig. 2](#) ist eine schematische Darstellung der Schaltungskonfiguration des in dem FCHV-System **100** installierten Mehrphasen-FC-Soft-Switching-Wandlers **2500**, und [Fig. 3](#) ist eine schematische Darstellung der Konfiguration einer Phase des Mehrphasen-FC-Soft-Switching-Wandlers **2500**.

[0051] In der nachfolgenden Beschreibung werden der U-Phasen-, der V-Phasen- und der W-Phasen-FC-Soft-Switching-Wandler, aus denen der Mehrphasen-FC-Soft-Switching-Wandler **2500** besteht, als FC-Soft-Switching-Wandler **250a**, **250b** bzw. **250c** bezeichnet, und wann immer eine Klassifizierung nicht unbedingt erforderlich ist, werden diese FC-Soft-Switching-Wandler einfach als der FC-Soft-Switching-Wandler **250** bezeichnet. Außerdem wird die Spannung vor dem Verstärken, die an den FC-Soft-Switching-Wandler **250** eingegeben wird, als die Wandlereingangsspannung V_{in} , und die Spannung nach dem Verstärken, die von dem FC-Soft-Switching-Wandler **250** ausgegeben wird, als die Wandlerausgangsspannung V_{out} bezeichnet.

[0052] Gemäß der Darstellung in [Fig. 3](#) ist jeder der FC-Soft-Switching-Wandler **250** mit einer Hauptverstärkungsschaltung **22a** zum Durchführen eines Verstärkungsbetriebs, einer Hilfsschaltung **22b** zum Durchführen eines Soft-Switching-Betriebs, und einer Freilaufschaltung **22c** versehen.

[0053] Die Hauptverstärkungsschaltung **22a** verstärkt die Ausgangsspannung der Brennstoffzelle **110** durch Abgeben der in einer Spule L1 gespeicherten Energie in die Last **130** über eine Diode D5 mittels der Verwendung des Schaltbetriebs eines ersten Schaltelementes S1, das einen IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) und dergleichen aufweist, und eines Schaltnetzes, das aus einer Diode D4 besteht.

[0054] Im Detail ist ein Ende der Spule L1 mit dem Hochpotenzialseitenanschluss der Brennstoffzelle **110** verbunden, ein Ende des ersten Schaltelementes S1 ist mit dem anderen Ende der Spule L1 verbunden, und der Pol des anderen Endes des ersten Schaltelementes S1 ist mit dem Niederpotenzialseitenanschluss der Brennstoffzelle **110** verbunden. Der Kathodenanschluss der Diode D5 ist mit dem anderen Ende der Spule L1 verbunden, und darüber hinaus ist ein als Glättungskondensator dienender Kondensator C3 zwischen den Anodenanschluss der Diode D5 und das andere Ende des ersten Schaltelementes S1 geschaltet. Die Hauptverstärkungsschaltung **22a** ist mit einem Glättungskondensator C1 auf der Seite der Brennstoffzelle **110** versehen, wodurch Welligkeiten des Ausgangsstroms der Brennstoffzelle **110** verringert werden können. Zwischen der Brennstoffzelle **110** und der Spule L1 ist ein Stromsensor Si1 zum Erfassen des in der Spule L1 fließenden Stroms vorgesehen.

[0055] Hierbei wird die an den Kondensator C3 angelegte Spannung V_H zur Wandlerausgangsspannung V_{out} des FC-Soft-Switching-Wandlers **150**, und die an den Glättungskondensator C1 angelegte Spannung V_L wird zur Wandlereingangsspannung V_{in} des FC-Soft-Switching-Wandlers **150**, bei der es sich um die Ausgangsspannung der Brennstoffzelle **110** handelt.

[0056] Die Hilfsschaltung **22b** weist einen ersten in Reihe geschalteten Block auf, der eine parallel mit dem ersten Schaltelement S1 geschaltete Klemmdiode D3 und einen in Reihe mit dieser Klemmdiode D3 geschalteten Niederhalte-kondensator C2 aufweist. Der erste in Reihe geschaltete Block ist dergestalt, dass der Kathodenanschluss der Klemmdiode D3 mit dem anderen Ende der Spule L1 verbunden ist, und der Anodenanschluss der Klemmdiode D3 mit einem Ende des Niederhalte-kondensators C2 verbunden ist. Ferner ist das andere Ende des Niederhalte-kondensators C2 mit dem Anschluss auf der Niederpotenzialseite der Brennstoffzelle **110** verbunden. Es ist ein Spannungssensor Sv2 vorgesehen, der die Spannung beider Enden des Niederhalte-kondensators C2 erfasst.

[0057] Ferner weist die Hilfsschaltung **22b** eine Diode D2, ein zweites Schaltelement S2, eine Diode D1 auf, sowie einen zweiten in Reihe geschalteten Block, der aus einer allen Phasen gemeinsamen Hilfsspule L2 besteht.

[0058] Der zweite in Reihe geschaltete Block ist dergestalt, dass der Anodenanschluss der Diode D2 an einen Verbindungsabschnitt zwischen der Diode D3 des ersten in Reihe geschalteten Blockes und dem Niederhalte-kondensator C2 angeschlossen ist. Ferner ist der Kathodenanschluss der Diode D2 mit dem Pol eines Endes des zweiten Schaltelementes (Hilfsschalter) S2 verbunden, und der Pol des anderen Endes des zweiten Schaltelementes S2 ist an einen Verbindungsabschnitt zwischen der Hilfsspule L2 und der Freilaufschaltung **22c** angeschlossen. Der Anodenanschluss einer Freilaufdiode D6 ist mit der Niederpotenzialseite der Brennstoffzelle **110** verbunden, während der Kathodenanschluss der Freilaufdiode D6 mit der Hilfsspule L2 verbunden ist. Diese Freilaufschaltung **22c** ist mit der allen Phasen gemeinsamen Freilaufdiode D6 versehen und ist eine Schaltung zum Verwirklichen der Failsafe-Funktion, die vorgesehen ist, um das Auftreten einer Stoßspannung zu verhindern, die das zweite Schaltelement S2 zerstören könnte. Die vorliegende Erfindung ist ebenso auf eine Konfiguration anwendbar, die nicht mit der Freilaufschaltung **22c** versehen ist.

[0059] Bei dem auf diese Weise ausgestalteten FC-Soft-Switching-Wandler **250** stellt der Controller **160** das Schalt-Tastverhältnis des ersten Schaltelementes S1 jeder Phase ein, wodurch das Verstärkungsverhältnis

aufgrund des FC-Soft-Switching-Wandlers **250**, d. h. das Verhältnis der Wandlerausgangsspannung V_{out} zur Wandlereingangsspannung V_{in} , gesteuert wird. Ferner ist der Schaltbetrieb des zweiten Schaltelementes S2 der Hilfsschaltung **12b** in den Schaltbetrieb des ersten Schaltelementes S1 so eingebunden, dass weiches Schalten verwirklicht wird.

[0060] Als Nächstes wird der Soft-Switching-Betrieb durch den FC-Soft-Switching-Wandler **250** unter Bezugnahme auf **Fig. 4** usw. beschrieben. **Fig. 4** ist ein Ablaufdiagramm, das einen Zyklus der Verarbeitung des FC-Soft-Switching-Wandlers **250** (im Nachfolgenden als Soft-Switching-Prozess bezeichnet) mittels des Soft-Switching-Betriebs zeigt, und der Controller **160** führt sequentiell die in **Fig. 4** gezeigten Schritte S101 bis S186 aus, wodurch ein Zyklus ausgebildet wird. In der nachfolgenden Beschreibung sind die Modi, durch welche der Zustand von Strom und Spannung des FC-Soft-Switching-Wandlers **250** dargestellt werden, als jeweilige Modi 1 bis 6 ausgedrückt, wobei diese Zustände in den **Fig. 5** bis **Fig. 10** gezeigt sind. In den **Fig. 5** bis **Fig. 10** sind die in den Schaltungen fließenden Ströme durch Pfeile angegeben.

<Soft-Switching-Betrieb>

[0061] Zunächst ist der anfängliche Zustand, in dem der in **Fig. 4** gezeigte Soft-Switching-Prozess durchgeführt wird, derjenige Zustand, in dem die von der Last **130** angeforderte Leistung von der Brennstoffzelle **110** geliefert wird, d. h. derjenige Zustand, in dem sowohl das erste Schaltelement S1 als auch das zweite Schaltelement S2 abgeschaltet sind, so dass der Last **130** ein Strom über die Spule L1 und die Diode D5 zugeführt wird.

(Modus 1: Siehe Fig. 5)

[0062] In Schritt S101 wird der abgeschaltete Zustand des ersten Schaltelementes **51** beibehalten, während das zweite Schaltelement S2 eingeschaltet wird. Wenn dieser Schaltbetrieb durchgeführt wird, verschiebt sich der zur Seite der Last **130** fließende Strom aufgrund einer Potenzialdifferenz zwischen der Ausgangsspannung V_H des FC-Soft-Switching-Wandlers **150** und der Eingangsspannung V_L über die Spule L1, die Diode D3, das zweite Schaltelement S2 und die Hilfsspule L2 allmählich zur Seite der Hilfsschaltung **12b**. In **Fig. 5** ist durch einen Umrisspfeil angegeben, wie sich der Strom von der Seite der Last **130** zur Seite der Hilfsschaltung **12b** verschiebt.

[0063] Hierauf fließt ein Strom in der Richtung des in **Fig. 5** gezeigten Pfeils D_{m11} , indem das zweite Schaltelement S2 eingeschaltet wird. Obgleich die Stromänderungsrate des zweiten Schaltelementes S2 entsprechend der Spannung an beiden Enden ($V_H - V_L$) der Hilfsspule L2 und der Induktivität der Hilfsspule L2 zunimmt, wird der in dem zweiten Schaltelement S2 fließende Strom von der Hilfsspule L2 beschränkt, wodurch ein weiches Abschalten des Stroms, der über die Diode D5 (siehe den in **Fig. 5** gezeigten Pfeil D_{m12}) zur Seite der Last **130** fließt, durchgeführt wird.

[0064] Die Übergangszeit t_{mode1} von Modus 1 zu Modus 2 ist durch die nachstehende Formel (4) ausgedrückt:

$$t_{mode1} = \max\left(\frac{N}{2}, 0\right) \times \frac{L2id}{(VH-VL)} \quad \dots (4)$$

I_p : Phasenstrom

$L2id$: Induktivität der Hilfsspule L2

(Modus 2: Siehe Fig. 6)

[0065] Wenn die vorstehend beschriebene Zeit zum Abschliessen des Übergangs verstrichen ist und der Verarbeitungsablauf zu Schritt S102 übergeht, wird der in der Diode D5 fließende Strom Null, ein Strom fließt über die Spule L1 und die Diode D5 zur Seite der Hilfsschaltung **12b** (siehe den in **Fig. 6** gezeigten Pfeil D_{m21}), wohingegen die im Niederhaltekapazitor C2 gespeicherte elektrische Ladung aufgrund einer Potenzialdifferenz zwischen dem Niederhaltekapazitor C2 und der Spannung V_L der Brennstoffzelle **110** zur Seite der Hilfsschaltung **12b** fließt (siehe den in **Fig. 6** gezeigten Pfeil D_{m22}). Die am ersten Schaltelement S1 anliegende Spannung richtet sich nach der Kapazität dieses Niederhaltekapazitors C2.

[0066] **Fig. 12** ist ein ein Diagramm des Spannung/Strom-Verhaltens im Übergangsprozess von Modus 2 zu Modus 3 und gibt die an die Brennstoffzelle **110** angelegte Spannung als fette durchgezogene Linien, die

Spannung des Niederhaltekkondensators C2 als dünne durchgezogene Linien, und den Strom des Niederhaltekkondensators C2 als gestrichelte Linien an.

[0067] Nach dem Beginn des Bestromens des in [Fig. 6](#) gezeigten Pfades D_{m21} (siehe (A) in [Fig. 12](#)) wird die Bestromung des in [Fig. 6](#) gezeigten Pfades D_{m22} begonnen, d. h. die Bestromung der Hilfsspule L2 wird aufgrund einer Potenzialdifferenz zwischen der Spannung V_H des Niederhaltekkondensators C2 und der Spannung V_L der Brennstoffzelle **110** begonnen (siehe (B) in [Fig. 12](#)). Gemäß der Darstellung in [Fig. 12](#) nimmt der Strom des Niederhaltekkondensators C2 weiterhin zu, bis die Spannung des Niederhaltekkondensators C2 die Spannung V_L der Brennstoffzelle **110** erreicht.

[0068] Im Detail beginnt die im Niederhaltekkondensator C2 angesammelte elektrische Ladung aufgrund einer Potenzialdifferenz zwischen der Spannung V_H des Niederhaltekkondensators C2 und der Spannung V_L der Brennstoffzelle **110** auf der Leistungszufuhrseite regeneriert zu werden (der in [Fig. 6](#) gezeigte Pfeil D_{m22}). Da die anfängliche Potenzialdifferenz jedoch $(V_H - V_L)$ beträgt, endet der Fluss der im Niederhaltekkondensator C2 angesammelten elektrischen Ladung (Entladung) normalerweise, wenn die Leistungsversorgungsspannung (d. h. die Spannung V_L der Brennstoffzelle **110**) erreicht ist (zu dem in [Fig. 12](#) gezeigten Zeitpunkt T_{t1}). Aufgrund der Charakteristik der Hilfsspule L2 (d. h. derjenigen Charakteristik, dass die Spule weiterhin einen Stromfluss verursacht) verursacht die Hilfsspule L2 jedoch weiterhin einen Fluss der elektrischen Ladung selbst dann, wenn die elektrische Ladung im Niederhaltekkondensator C2 unter die Spannung V_L abfällt (siehe (C) in [Fig. 12](#)). Wenn zu diesem Zeitpunkt die nachstehende Formel (4)' zutrifft, fließt die gesamte elektrische Ladung des Niederhaltekkondensators C2 (wird entladen).

$$\frac{1}{2}L \cdot I^2 > \frac{1}{2}C \cdot V^2 \quad (4)'$$

Linke Seite: In der Hilfsspule L2 angesammelte Energie

Rechte Seite: Im Niederhaltekkondensator C2 verbleibende Energie

[0069] Wenn die im Niederhaltekkondensator C2 angesammelte elektrische Ladung abgeleitet wurde, wird der Freilaufbetrieb in dem in [Fig. 6](#) gezeigten Pfad D_{m23} durchgeführt, und die Bestromung wird fortgesetzt (siehe (D) in [Fig. 12](#)). Im Ergebnis wird die gesamte, in der Hilfsspule L2 angesammelte Energie entladen. Die LC-Resonanz endet bei einer halben Welle, weil die Anode der Diode D2 mit einem Ende der Hilfsspule L2 verbunden ist. Aus diesem Grund behält der Niederhaltekkondensator C2 nach der Entladung 0 V bei.

[0070] Die Übergangszeit t_{mode2} von Modus 2 zu Modus 3 ist durch die nachstehende Formel (5) ausgedrückt:

$$t_{mode2} = t_{mode2}' \quad (5)$$

$$t_{mode2}' = \pi \sqrt{L2id \cdot C2d} \quad \dots (5)'$$

C2d: Kapazität des Kondensators C2

(Modus 3: Siehe Fig. 7)

[0071] Wenn der Betrieb, in dem der Strom in dem in [Fig. 6](#) gezeigten Pfad D_{m22} fließt, beendet ist und die elektrische Ladung des Niederhaltekkondensators C2 vollständig abgeleitet wurde oder zu einer minimalen Spannung (MIN-Spannung) geworden ist, wird das erste Schaltelement S1 eingeschaltet, und der Verarbeitungsablauf geht weiter zu S503. Auch die an dem ersten Schaltelement S1 anliegende Spannung wird Null, wenn die Spannung des Niederhaltekkondensators C2 Null geworden ist, weshalb ZVS (Zero Voltage Switching) durchgeführt wird. In diesem Zustand wird der in der Spule L1 fließende Strom I_{l1} die Summe aus dem zur Seite der Hilfsschaltung **12b** fließenden Strom I_{dm31} , der durch den Pfeil D_{m31} angegeben ist, und dem über das erste Schaltelement S1 fließenden Strom I_{dm32} (vgl. die nachstehende Formel (6)).

$$I_{l1} = I_{dem} + I_{dm32} \quad (6)$$

[0072] Der im ersten Schaltelement S1 fließende Strom I_{dm31} richtet sich nach der Abnahmerate des zur Hilfsschaltung **12b** fließenden Stroms I_{dm31} . Die Stromänderungsrate des zur Hilfsschaltung **12b** fließenden Stroms I_{dm31} ist durch Formel (7) ausgedrückt. Dies bedeutet, dass der in dem ersten Schaltelement S1 fließende Strom auch beim Einschalten des ersten Schaltelementes **31** nicht sprunghaft zunimmt, weil der zur Seite der

Hilfsschaltung **12b** fliehende Strom I_{dm31} mit der Änderungsrate von Formel (7) abnimmt, mit dem Ergebnis, dass ZCS (Zero Current Switching) durchgeführt wird.

$$\frac{di}{dt} = \frac{-V_L}{L_2} \quad (7)$$

(Modus 4: Siehe Fig. 8)

[0073] Bei Schritt S104 wird der Zustand von Schritt S103 fortgeführt, so dass die in der Spule L1 gespeicherte Energie durch die allmähliche Zunahme des in die Spule L1 fließenden Stroms allmählich zunimmt (siehe den in [Fig. 8](#) gezeigten Pfeil D_{m42}) zunimmt. Wegen des Vorhandenseins der Diode D2 in der Hilfsschaltung **12b** fließt hierbei kein Rückwärtsstrom in der Hilfsspule L2, weshalb kein Aufladen des Niederhaltekapazitors über das zweite Schaltelement S2 stattfindet. Da das erste Schaltelement S1 zu diesem Zeitpunkt eingeschaltet ist, tritt auch kein Aufladen des Niederhaltekapazitors C2 über die Diode D3 auf. Somit wird der Strom der Spule L1 der Strom des ersten Schaltelementes S1, der die in der Spule L1 gespeicherte Energie allmählich erhöht. Der Einschaltzeitpunkt T_{s1} des ersten Schaltelementes S1 ist annähernd ausgedrückt durch die nachstehende Formel (8):

$$T_{s1} = (1 - V_1/V_H) \cdot T_{con} \quad (8)$$

T_{con} : Steuerungszyklus

[0074] Hierbei bezieht sich der Steuerungszyklus auf die Zeitdauer des Soft-Switching-Prozesses, wenn eine Abfolge von Prozessen von Schritt S101 bis Schritt S106 als ein Zyklus definiert ist.

(Modus 5: Siehe Fig. 9)

[0075] Wenn in Schritt S104 die gewünschte Energie in der Spule L1 gespeichert ist, wird das erste Schaltelement S12 abgeschaltet, und ein Strom fließt in dem von Pfeil D_{m51} in [Fig. 9](#) angegebenen Pfad. [Fig. 11](#) ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen der Spannung V_c des Niederhaltekapazitors C2 von Modus 5, der an dem ersten Schaltelement S1 anliegenden Spannung V_e , und dem in dem ersten Schaltelement S1 fließenden Strom I_c zeigt. Bei der Durchführung des vorstehend beschriebenen Schaltbetriebs wird eine elektrische Ladung im Niederhaltekapazitor C2 gespeichert, aus dem die elektrische Ladung in Modus 2 abgeleitet worden war, und infolgedessen nimmt die Spannung V_c des Niederhaltekapazitors C2 auf die Wandlerausgangsspannung V_H des FC-Soft-Switching-Wandlers **150** hin zu. Während dieser Zeit wird die Zunahmerate der am ersten Schaltelement S1 anliegenden Spannung V_e durch das Laden des Niederhaltekapazitors C2 unterdrückt (d. h. der Spannungsanstieg verlangsamt sich), mit dem Ergebnis, dass der ZVS-Betrieb durchgeführt werden kann, der Schaltverluste in demjenigen Bereich vermindert, in dem ein Deaktivierungsstrom in dem in dem ersten Schaltelement S1 fließenden Strom I_e vorhanden ist (siehe α in [Fig. 11](#)).

(Modus 6: Siehe Fig. 10)

[0076] Wenn die Spannung des Niederhaltekapazitors C2 bis auf die Spannung V_H aufgeladen ist, wird die in der Spule L1 gespeicherte Energie auf die Seite der Last **130** abgegeben (siehe den in [Fig. 10](#) gezeigten Pfeil D_{m61}). Der Abschaltzeitpunkt T_{s2} des ersten Schaltelementes S1 ist annähernd durch die nachstehende Formel (9) ausgedrückt:

$$T_{s2} = (V_L/V_H) \cdot T_{con} \quad (9)$$

[0077] Die Durchführung des vorstehend beschriebenen Soft-Switching-Prozess ermöglicht es, die Ausgangsspannung der Brennstoffzelle **110** auf die gewünschte Spannung anzuheben und die Spannung der Last **130** zuzuführen, nachdem die Schaltverluste des FC-Soft-Switching-Wandlers **150** weitestmöglich verringert wurden.

<Feststellung einer EIN-Zustand-Störung des zweiten Schaltelementes S2>

[0078] Die [Fig. 13](#) und [Fig. 14](#) sind schematische Darstellungen zur Erläuterung des Mechanismus, durch den ein rückwärts fließender Strom erzeugt wird, wenn ein fehlerhafter EIN-Zustand auftritt.

[0079] Zunächst, wenn das erste Schaltelement S1 in den EIN-Zustand eintritt, tritt der Strompfad von Spule L1 → Schaltelement S1 auf (siehe den Pfeil D_{m100} von [Fig. 13](#)), und der in die Spule L1 fließende Strom nimmt

zu. Und wenn dieses erste Schaltelement S1 in den AUS-Zustand eintritt, fließt ein Strom in dem von dem Pfeil D_{m101} von [Fig. 14](#) angegebenen Pfad, und eine elektrische Ladung wird in dem Niederhalte Kondensator C2 gespeichert, wodurch die Spannung V_c des Niederhalte Kondensators C2 zunimmt. Da sich hierbei das zweite Schaltelement S2 in einem EIN-Zustand befindet, ereignet sich ein Kurzschluss an beiden Enden der Spule L1, und ein rückwärts fließender Strom I_{re} , der von dem Pfeil D_{m102} von [Fig. 14](#) angegeben ist, wird in dem Kurzschlusspfad erzeugt.

[0080] Das erste Schaltelement S1 wiederholt EIN-AUS-Operationen gemäß einem von dem Controller **160** erteilten Tastbefehl (z. B. Tastverhältnis 50%), und aufgrund der EIN-AUS-Operationen des ersten Schaltelementes S1 nimmt der in der Spule L1 fließende Strom weiterhin zu.

[0081] [Fig. 15](#) ist ein Diagramm eines Tastbefehls an das erste Schaltelement S1, der erteilt wird, wenn ein fehlerhafter EIN-Zustand auftritt, sowie der Erzeugung der FC-Spannung, des FC-Stroms, und des in der Spule L1 fließenden Stroms.

[0082] Wenn der Controller **160** den Tastbefehl an das erste Schaltelement S1 startet (siehe T_{ds} in [Fig. 15](#)), nimmt die FC-Spannung ab, und der FC-Strom nimmt zu.

[0083] Der in der Spule L1 fließende Strom hingegen nimmt wegen der abwechselnden Wiederholung des Fließens der in den [Fig. 13](#) und [Fig. 14](#) gezeigten Ströme weiterhin zu.

[0084] Der Controller **160** erfasst sequentiell den in der Spule L1 fließenden Strom (im Nachfolgenden als L1-Strom bezeichnet) durch die Verwendung des Stromsensors Si1 und beurteilt, ob der erfasste L1-Strom den im Speicher (nicht gezeigt) abgelegten Überstromschwellwert I_{th} überschreitet. Wenn der Controller **160** feststellt, dass der erfasste L1-Strom den Überstromschwellwert I_{th} überschritten hat, stellt der Controller **160** fest, dass das zweite Schaltelement S2 einen fehlerhaften EIN-Zustand aufweist, und führt einen Failsafe-Betrieb durch, indem er die Ansteuerung des Wandlers **250** der mit diesem zweiten Schaltelement S2 versehenen Hilfsschaltung **22b** (z. B. des U-Phasenwandlers) beendet. Hierbei ist es nur erforderlich, dass der Überstromschwellwert I_{th} ein Wert ist, der einen Bereich (einschließlich Toleranzen und Variationen) überschreitet, der für den an die Spule L1, den FC-Strom und die FC-Spannung erteilten Tastbefehl zur Verfügung gestellt werden kann, wobei dieser Überstromschwellwert I_{th} durch Experimentieren und dergleichen vorausgehend aufgefunden werden kann. Der Prozess der Feststellung eines fehlerhaften EIN-Zustandes des zweiten Schaltelementes S2 wird im Nachfolgenden unter Bezugnahme auf [Fig. 16](#) beschrieben.

[0085] [Fig. 16](#) ist ein Ablaufdiagramm, das den Prozess der Feststellung eines fehlerhaften EIN-Zustandes des zweiten Schaltelementes S2 in der Hilfsschaltung **22b** zeigt, der von dem Controller **160** durchgeführt wird.

[0086] Wenn der Controller **160** mit der Ausgabe eines Tastbefehls an das Schaltelement S1 (Schritt S1) beginnt, beginnt der Controller **160** mit der Erfassung des L1-Stroms unter Verwendung des Stromsensors Si1 und führt einen Vergleich zwischen dem L1-Strom und dem Überstromschwellwert I_{th} durch (Schritt S2). Wenn der erfasste L1-Strom geringer als der Überstromschwellwert I_{th} ist, stellt der Controller **160** fest, dass das zweite Schaltelement S2 normal arbeitet, und schließt den Prozess ab.

[0087] Wenn der erfasste L1-Strom hingegen nicht geringer als der Überstromschwellwert I_{th} ist, beurteilt der Controller (Beurteilungseinrichtung) **160**, dass ein fehlerhafter EIN-Zustand in dem zweiten Schaltelement S2 auftritt, und führt einen Failsafe-Betrieb durch (Schritt S3), indem er die Ansteuerung des Wandlers **250** (z. B. des U-Phasenwandlers) der mit diesem zweiten Schaltelement S2 vorgesehenen Hilfsschaltung **22b** beendet, und schließt den Prozess ab.

[0088] Wenn hierbei die Ansteuerung einer spezifischen Phase (z. B. des U-Phasewandlers) aufgrund des Auftretens eines fehlerhaften EIN-Zustandes beendet wurde, ist es nur erforderlich, eine Ansteuerung unter Verwendung der übrigen Phasen (z. B. des V-Phasenwandlers und/oder des W-Phasenwandlers) durchzuführen.

[0089] Wie allgemein bekannt ist, führt die Erzeugung eines Überstroms in der Spule L1 zu Problemen, wie etwa im schlimmsten Falle der Verursachung von Beschädigungen umliegender Elemente aufgrund einer anomalen Überhitzung. Daher wird bei dieser Ausführungsform die Ansteuerung für den Wandler derjenigen Phase, für die gemäß der vorstehenden Beschreibung festgestellt wurde, dass ein fehlerhafter EIN-Zustand im zweiten Schaltelement S2 der Hilfsschaltung **22b** aufgetreten ist, beendet. Im Ergebnis ist es möglich, Probleme wie etwa das Überhitzen des Hilfsschaltungselementes zu vermeiden.

B: Modifikationsbeispiele

<Modifikationsbeispiel 1>

[0090] Bei der vorstehend beschriebenen Ausführungsform wird durch die Erfassung der Erzeugung eines Überstroms in der Spule L1 (mit anderen Worten durch die Erfassung, dass der L1-Strom den Überstromschwellwert I_{th} überschritten hat) festgestellt, dass ein fehlerhafter EIN-Zustand in dem zweiten Schaltelement S2 aufgetreten ist. Der Grundgedanke der Ausführungsform ist jedoch nicht hierauf beschränkt. Es kann beispielsweise eine Beurteilung vorgenommen werden, ob ein fehlerhafter EIN-Zustand in dem zweiten Schaltelement S2 aufgetreten ist, indem ein Temperatursensor vorgesehen wird, der die Temperatur eines Elementes (bzw. einer Mehrzahl von Elementen) erfasst, in dem der in [Fig. 14](#) gezeigte Rückwärtsstrom fließt, beispielsweise der Spule L1, der Spule L2 und des Schaltelementes S2, und indem eine Beurteilung vorgenommen wird, ob die von diesem Temperatursensor erfasste Elementtemperatur den in einem Speicher (nicht gezeigt) abgelegten Schwellwert anomaler Überhitzung (Schwellentemperatur) T_{th} überschreitet.

[0091] [Fig. 17](#) ist ein Ablaufdiagramm, das den in einem Modifikationsbeispiel 1 von dem Controller **160** durchgeführten Prozess der Feststellung eines fehlerhaften EIN-Zustandes des zweiten Schaltelementes S2 in der Hilfsschaltung **22b** zeigt. Teile, die den in [Fig. 16](#) gezeigten Schritten entsprechen, sind mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet, und auf eine Beschreibung dieser Teile wird verzichtet.

[0092] Wenn der Controller **160** beginnt, einen Tastbefehl an das Schaltelement S1 auszugeben (Schritt S1), beginnt der Controller **160** mit der Erfassung der Elementtemperatur von mindestens einem oder mehreren von der Spule L1, der Spule L2 und dem zweiten Schaltelement S2 unter Verwendung des Temperatursensors und stellt einen Vergleich zwischen der erfassten Elementtemperatur und dem Schwellwert anomaler Überhitzung T_{th} an (Schritt Sa2). Wenn die von dem Temperatursensor erfasste Elementtemperatur geringer als der in einem Speicher (nicht gezeigt) abgelegte Schwellwert T_{th} anomaler Überhitzung ist, stellt der Controller **160** fest, dass das zweite Schaltelement S2 normal arbeitet, und beendet den Prozess. Wenn der Controller (die Beurteilungseinrichtung) hingegen erfasst, dass die erfasste Elementtemperatur den Schwellwert T_{th} anomaler Überhitzung überschritten hat, stellt der Controller fest, dass ein fehlerhafter EIN-Zustand in dem zweiten Schaltelement S2 aufgetreten ist, und führt einen Failsafe-Betrieb durch (Schritt S3), indem er die Ansteuerung des Wandlers **250** (z. B. des U-Phasen-Wandlers) der mit diesem zweiten Schaltelement S2 vorgesehenen Hilfsschaltung **22b** beendet, und schließt den Prozess ab.

<Modifikationsbeispiel 2>

[0093] Es kann auch eine Beurteilung, ob ein fehlerhafter EIN-Zustand in dem zweiten Schaltelement S2 aufgetreten ist, auf der Grundlage des Stroms auf der Ausgangsseite des Wandlers vorgenommen werden. Gemäß der Darstellung in den [Fig. 13](#) und [Fig. 14](#) hört der Strom auf, von dem betreffenden Wandler zur Last **130** zu fließen, wenn ein fehlerhafter EIN-Zustand in dem zweiten Schaltelement S2 aufgetreten ist. Daher ist in Modifikationsbeispiel 2 beispielsweise ein Stromsensor (in der Figur nicht gezeigt; im Nachfolgenden als der Ausgangsstromsensor bezeichnet) zwischen der Diode D5 und der Last **130** vorgesehen, und der Strom auf der Ausgangsseite des Wandlers (im Nachfolgenden als der Wandlerausgangsstrom bezeichnet) wird durch die Verwendung dieses Ausgangsstromsensors erfasst. Wenn der von dem Ausgangsstromsensor erfasste Wandlerausgangsstrom die im Speicher abgelegte Normalstromuntergrenze (Normalstromschwellwert) I_{nth} nicht überschreitet, kann festgestellt werden, dass kein fehlerhafter EIN-Zustand in dem zweiten Schaltelement S2 aufgetreten ist. Hierbei kann die Normalstromuntergrenze separat durch Experimentieren und dergleichen aufgefunden werden.

[0094] [Fig. 18](#) ist ein Ablaufdiagramm, das den in Variationsbeispiel 2 von dem Controller **160** ausgeführten Prozess zum Feststellen eines fehlerhaften EIN-Zustandes des Schaltelement S2 in der Hilfsschaltung **22b** zeigt. Teile, die den in [Fig. 16](#) gezeigten Schritten entsprechen, sind durch die gleichen Bezugszeichen bezeichnet, und auf eine Beschreibung dieser Teile wird verzichtet.

[0095] Wenn der Controller **160** beginnt, einen Tastbefehl an das Schaltelement S1 auszugeben (Schritt S1), beginnt der Controller **160** die Erfassung des Wandlerausgangsstroms unter Verwendung des Ausgangsstromsensors und stellt einen Vergleich zwischen dem Wandlerausgangsstrom und der Normalstromuntergrenze I_{nth} an (Schritt Sb2). Wenn der von dem Ausgangsstromsensor erfasste Wandlerausgangsstrom innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums die in einem Speicher (nicht gezeigt) abgelegte Normalstromuntergrenze I_{nth} überschritten hat, stellt der Controller **160** fest, dass das zweite Schaltelement S2 normal ist, und schließt den Prozess ab. Wenn der erfasste Wandlerausgangsstrom hingegen innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums die in

einem Speicher (nicht gezeigt) abgelegte Normalstromuntergrenze I_{nth} nicht überschreitet, stellt der Controller (Beurteilungseinrichtung) fest, dass ein fehlerhafter EIN-Zustand in dem zweiten Schaltelement S2 aufgetreten ist, und führt einen Failsafe-Betrieb durch (Schritt S3), indem er die Ansteuerung des Wandlers **250** der mit diesem zweiten Schaltelement S2 vorgesehenen Hilfsschaltung **22b** (z. B. dem U-Phasenwandler) beendet.

<Modifikationsbeispiel 3>

[0096] Bei dieser vorstehend beschriebenen Ausführungsform wurde als der zweite in Reihe geschaltete Block, der in der Hilfsschaltung **22b** enthalten ist, ein Beispiel beschrieben, bei dem der Anodenanschluss der Anode D2 an den Verbindungsabschnitt zwischen der Diode D3 des ersten in Reihe geschalteten Blockes und dem Niederhaltekapazitor C2 angeschlossen ist, und der Kathodenanschluss der Diode D2 mit dem Pol eines Endes des zweiten Schaltelementes (Hilfsschalter) verbunden ist (siehe [Fig. 3](#)). Für die Schaltungstopologie dieses zweiten in Reihe geschalteten Blockes kann jedoch eine Konfiguration angenommen werden, bei der die Reihenfolge eines Schaltnetzes aus der Spule L2, der Diode D2, dem zweiten Schaltelement S2 und dergleichen auf geeignete Weise vertauscht ist. Konkret kann gemäß der Darstellung in [Fig. 19](#) eine Konfiguration angenommen werden, bei der die Freilaufschaltung **22c** entfernt wurde und die Reihenfolge eines Schaltnetzes aus der Spule L2, dem zweiten Schaltelement S2 und dergleichen vertauscht ist.

Bezugszeichenliste

100	FCHV-System
110	Brennstoffzelle
120	Batterie
130	Last
140	Inverter
2500	FC-Wandler
160	Controller
170	Sensorgruppe
180	Batteriewandler
250	FC-Soft-Switching-Wandler
22a	Hauptverstärkungsschaltung
22b	Hilfsschaltung
22c	Freilaufschaltung
S1, S2	Schaltelement
C1, C3	Glättungskondensator
C2	Niederhaltekapazitor
L1, L2	Spule
D1, D2, D3, D4, D5	Diode
D6	Freilaufdiode

Patentansprüche

1. Wandlersteuervorrichtung in Form einer Steuervorrichtung eines mit einer Haupt-Boosterschaltung und einer Hilfsschaltung versehenen Soft-Switching-Wandlers, welche die Ausgangsspannung einer Brennstoffzelle steuert, und welche aufweist:
 einen Stromsensor zum Erfassen eines Stroms, der in einer die Haupt-Boosterschaltung darstellenden Hauptspule fließt;
 eine Beurteilungseinrichtung, die feststellt, dass ein die Hilfsschaltung darstellender Hilfsschalter einen fehlerhaften EIN-Zustand aufweist, wenn der von dem Stromsensor erfasste Strom einen eingestellten Überstromschwellwert übersteigt; und
 eine Failsafe-Einrichtung, die den Betrieb der Haupt-Boosterschaltung beendet, wenn festgestellt wird, dass der Hilfsschalter einen fehlerhaften EIN-Zustand aufweist.

2. Wandlersteuervorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Soft-Switching-Wandler ein Mehrphasen-Soft-Switching-Wandler ist, der für jede Phase mit der Haupt-Boosterschaltung und der Hilfsschaltung versehen ist, wobei der Stromsensor für jede Phase den in der Hauptspule fließenden Strom erfasst, wobei die Beurteilungseinrichtung für jede Phase beurteilt, ob der Hilfsschalter einen fehlerhaften EIN-Zustand aufweist, und

wobei die Failsafe-Einrichtung die Ansteuerung derjenigen Phase, bei der festgestellt wurde, dass der Hilfsschalter einen fehlerhaften EIN-Zustand aufweist, beendet und eine Ansteuerung unter Verwendung der übrigen Phasen durchführt.

3. Wandlersteuervorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei der der Überstromschwellwert auf der Grundlage eines an die Hauptspule erteilten Tastbefehl, eines Ausgangsstroms der Brennstoffzelle, und einer Ausgangsspannung der Brennstoffzelle eingestellt ist.

4. Wandlersteuervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Haupt-Boosterschaltung aufweist: eine Hauptspule, von der ein Ende mit einem Anschluss auf einer Hochpotenzielseite der Brennstoffzelle verbunden ist;

einen Hauptschalter zum Durchführen eines Schaltens, von dem ein Ende mit dem anderen Ende der Hauptspule verbunden ist, und dessen anderes Ende mit einer Anschluss auf einer Niederpotenzielseite der Brennstoffzelle verbunden ist;

eine erste Diode, deren Kathode mit dem anderen Ende der Hauptspule verbunden ist; und

einen zwischen der Anode der ersten Diode und dem anderen Ende des Hauptschalters vorgesehenen Glättungskondensator, wobei die Hilfsschaltung aufweist:

einen ersten in Reihe geschalteten Block mit einer zweiten Diode und einem Niederhaltekapazitor, die mit dem Hauptschalter parallel geschaltet und mit dem anderen Ende der Hauptspule und einem Anschluss auf der Niederpotenzielseite der Brennstoffzelle verbunden sind; und

einen zweiten in Reihe geschalteten Block mit einer dritten Diode, einer Hilfsspule und dem Hilfsschalter, die zwischen einen Verbindungsabschnitt zwischen der zweiten Diode und dem Niederhaltekapazitor und ein Ende der Hauptspule geschaltet sind.

5. Wandlersteuervorrichtung in Form einer Steuervorrichtung eines mit einer Haupt-Boosterschaltung und einer Hilfsschaltung versehen Soft-Switching-Wandlers, welche die Ausgangsspannung einer Brennstoffzelle steuert und aufweist:

einen Temperatursensor zum Erfassen einer Temperatur zumindest eines der Elemente einer Hauptspule, welche die Haupt-Boosterschaltung darstellt, sowie einer Hilfsspule und eines Hilfsschalters, welche die Hilfsschaltung darstellen; und

eine Beurteilungseinrichtung, die feststellt, dass der die Hilfsschaltung darstellende Hilfsschalter einen fehlerhaften EIN-Zustand aufweist, wenn die von dem Temperatursensor erfasste Temperatur eine eingestellte Schwellentemperatur übersteigt.

6. Wandlersteuervorrichtung in Form einer Steuervorrichtung eines mit einer Haupt-Boosterschaltung und einer Hilfsschaltung versehenen Soft-Switching-Wandlers, welche die Ausgangsspannung einer Brennstoffzelle steuert und aufweist:

einen Stromsensor zum Erfassen eines Ausgangsstroms des Soft-Switching-Wandlers; und

eine Beurteilungseinrichtung, die feststellt, dass ein die Hilfsschaltung darstellender Hilfsschalter einen fehlerhaften EIN-Zustand aufweist, wenn der von dem Stromsensor erfasste Strom einen eingestellten Normalstromschwellwert nicht überschreitet.

Es folgen 19 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

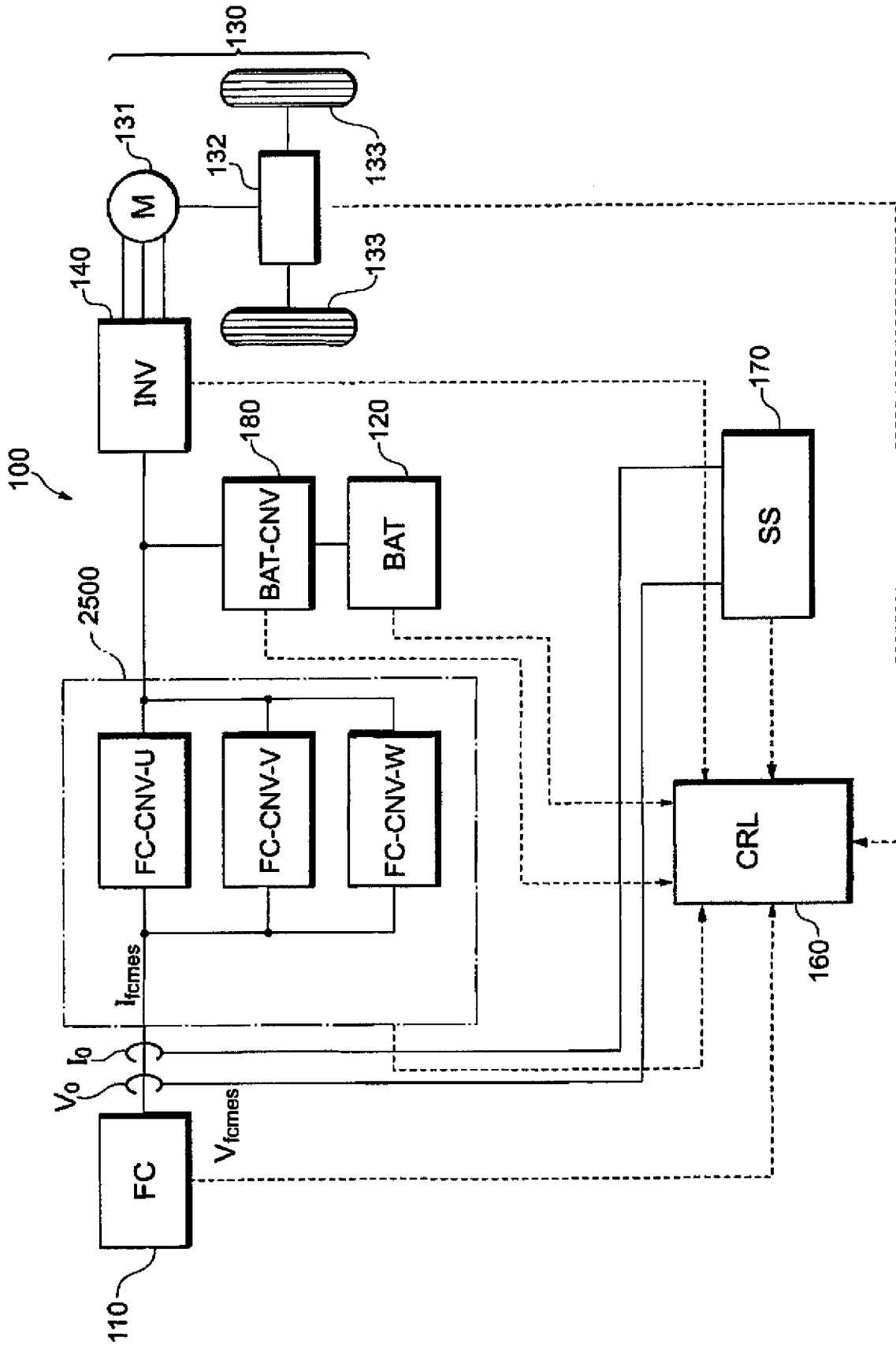


Fig. 2

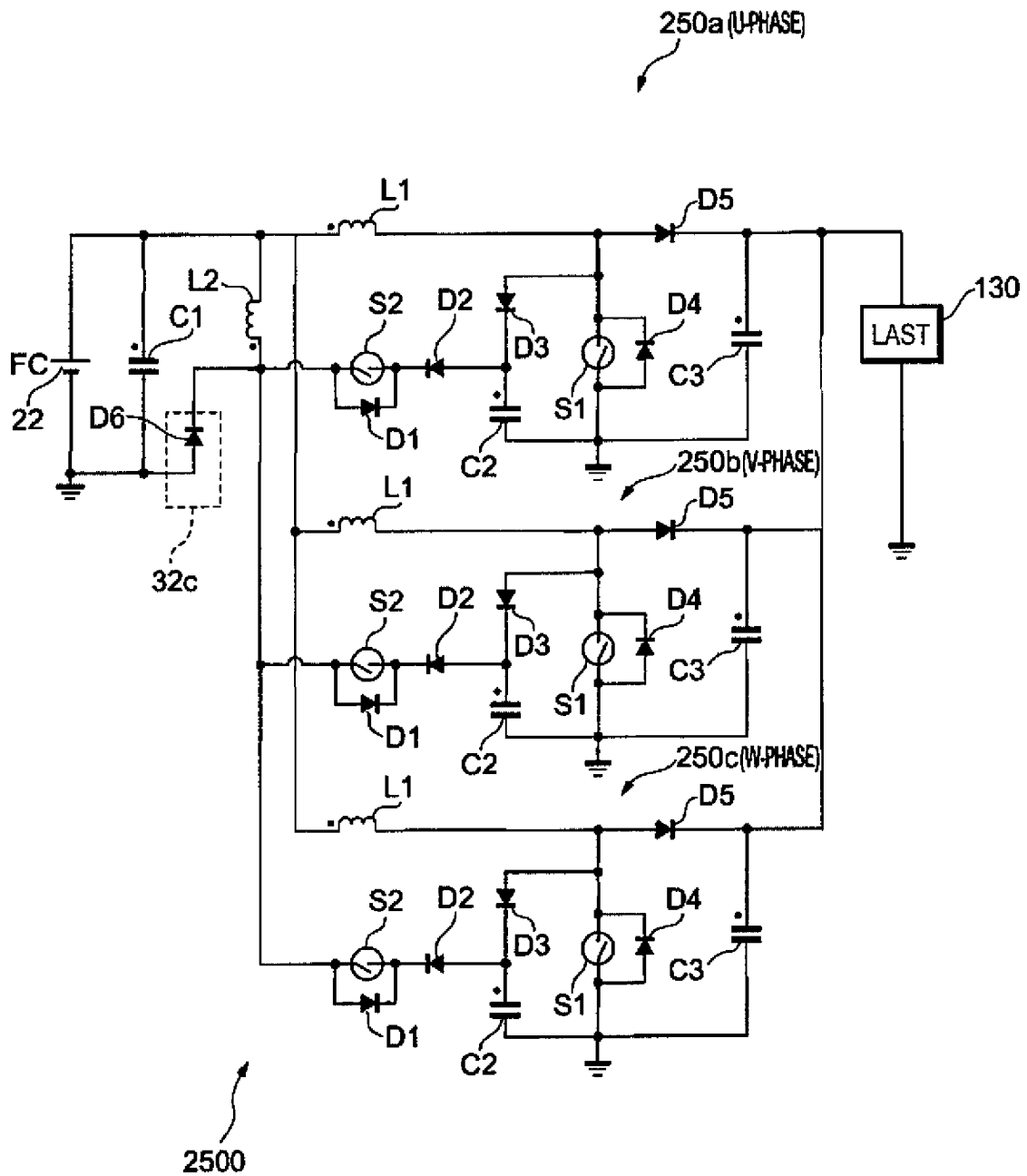


Fig. 3

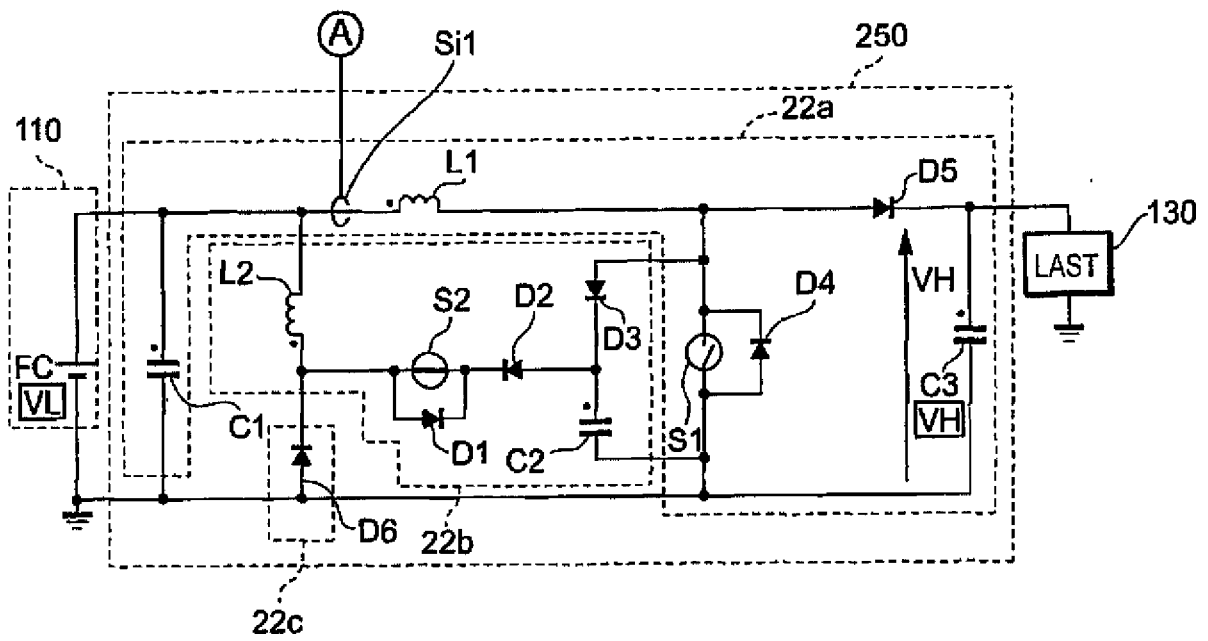


Fig. 4

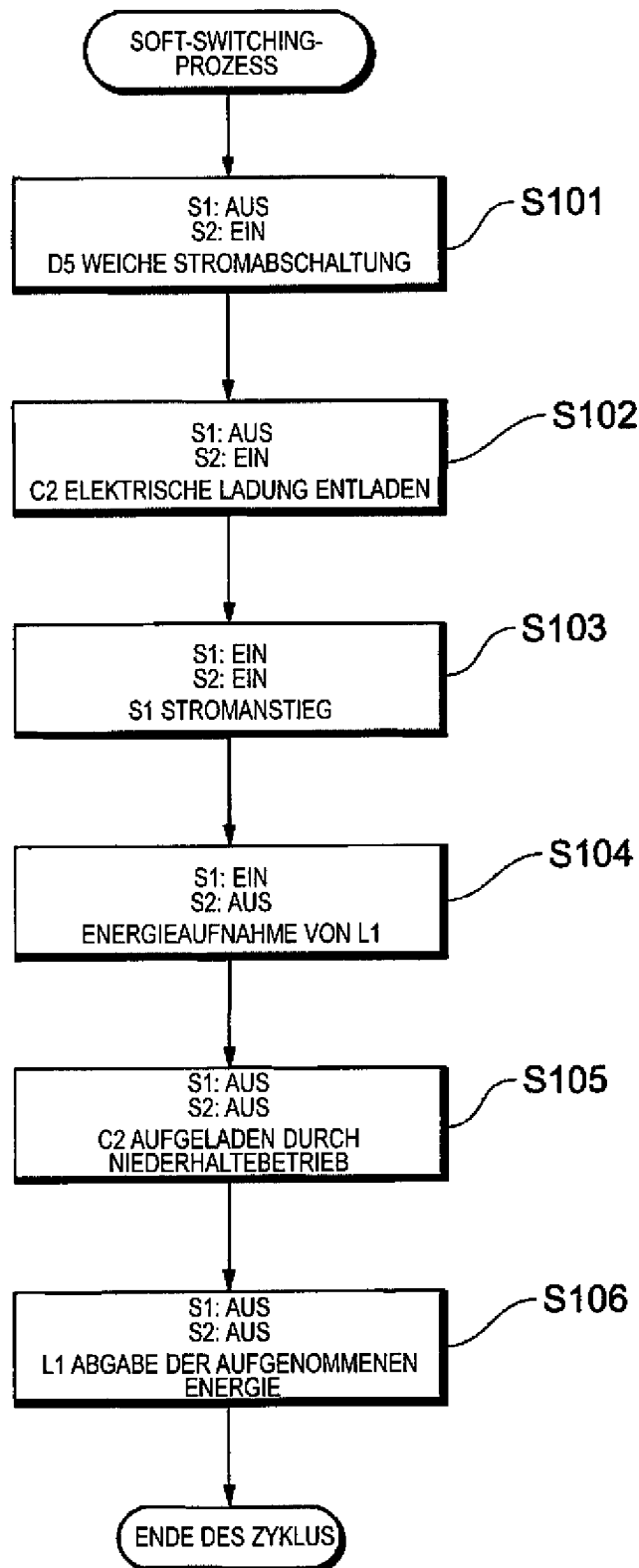


Fig. 5

<MODUS 1>

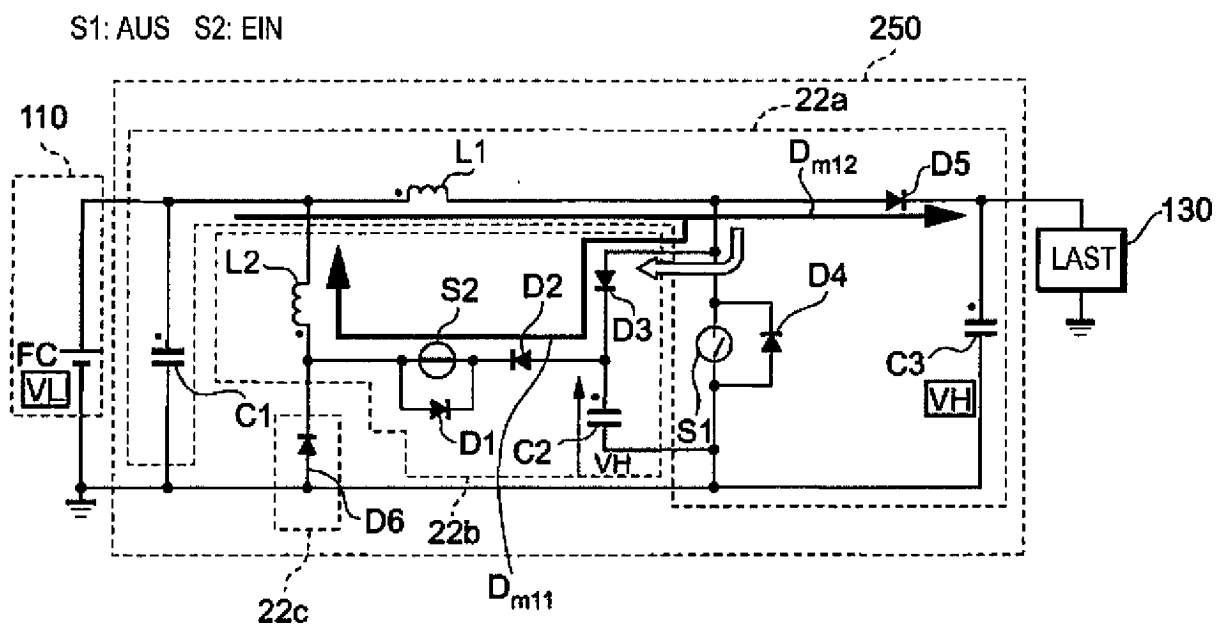


Fig. 6

<MODUS 2>

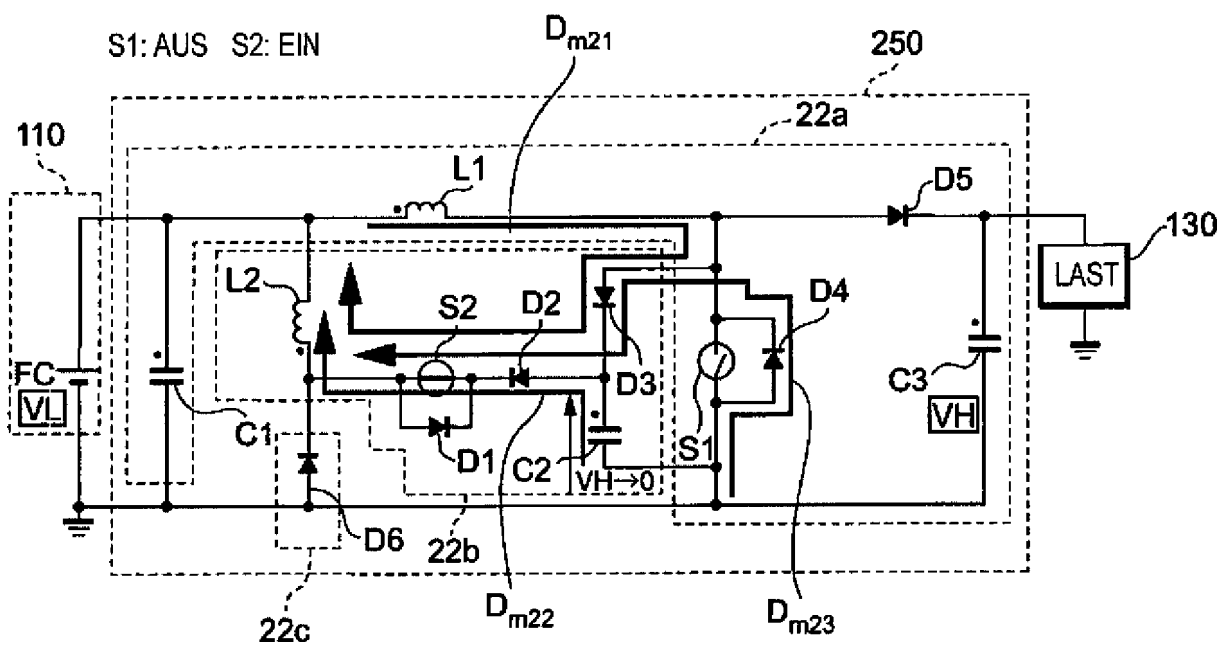


Fig. 7

<MODUS 3>

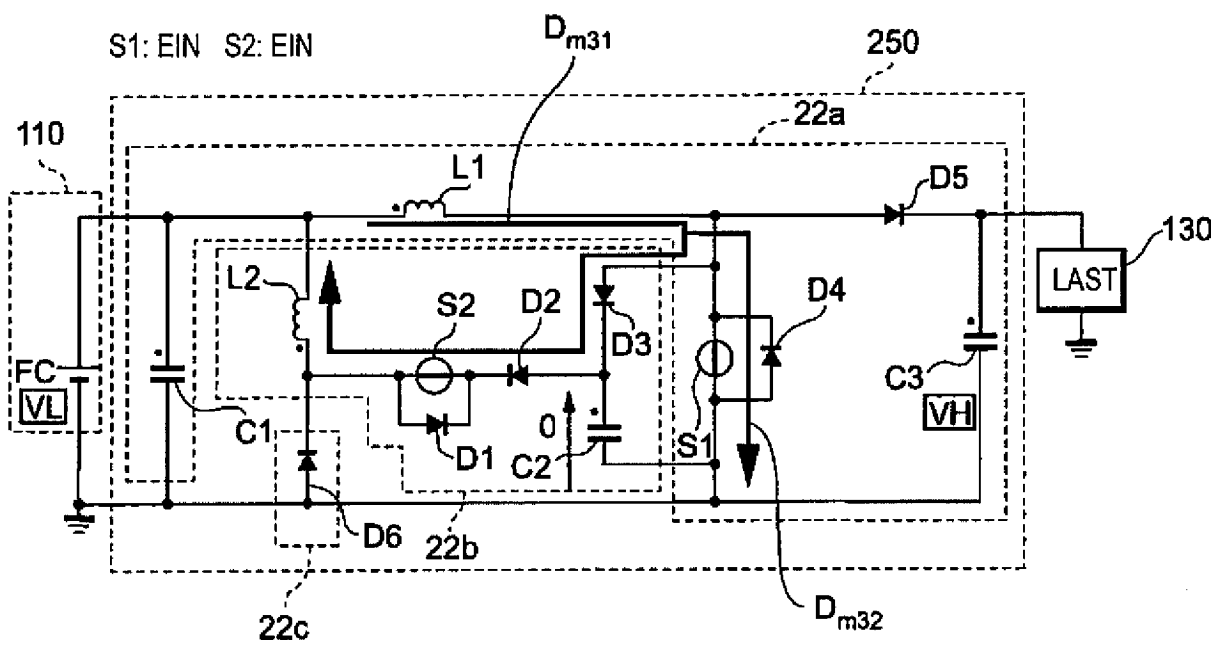


Fig. 8

<MODUS 4>

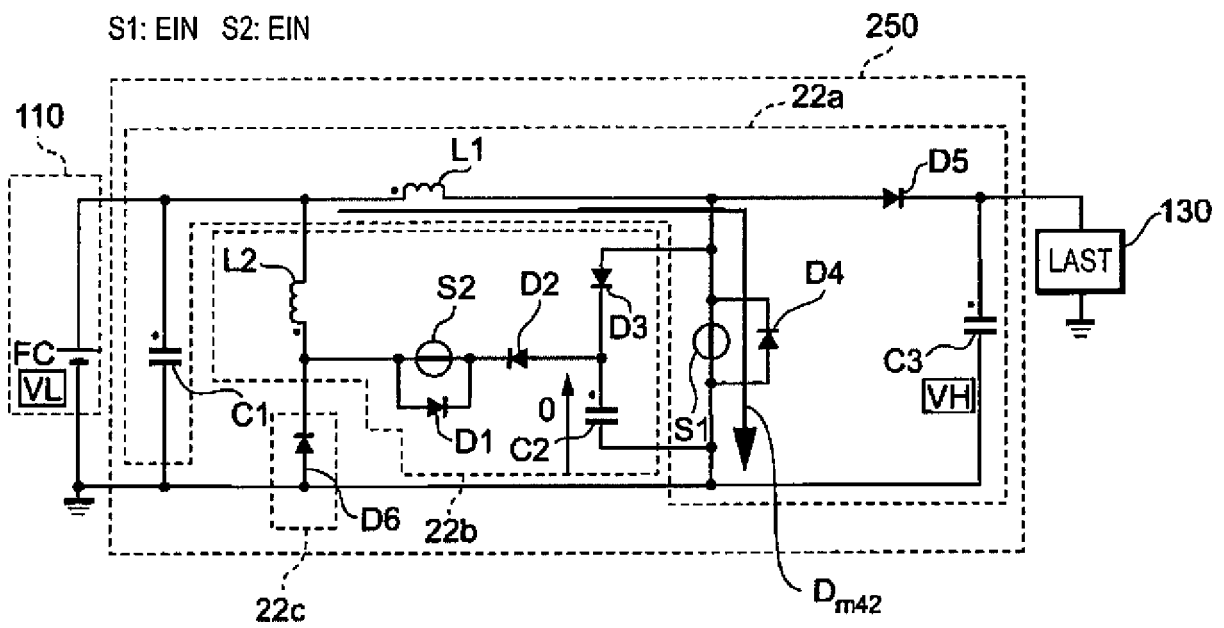


Fig. 9

<MODUS 5>

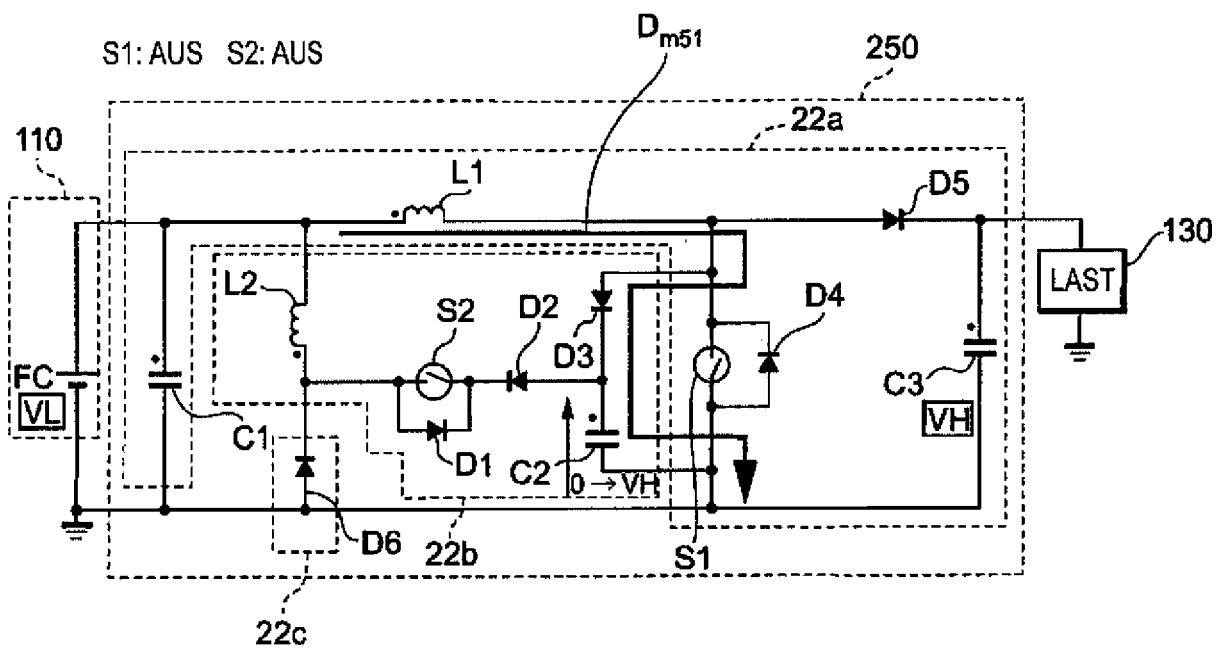


Fig. 10

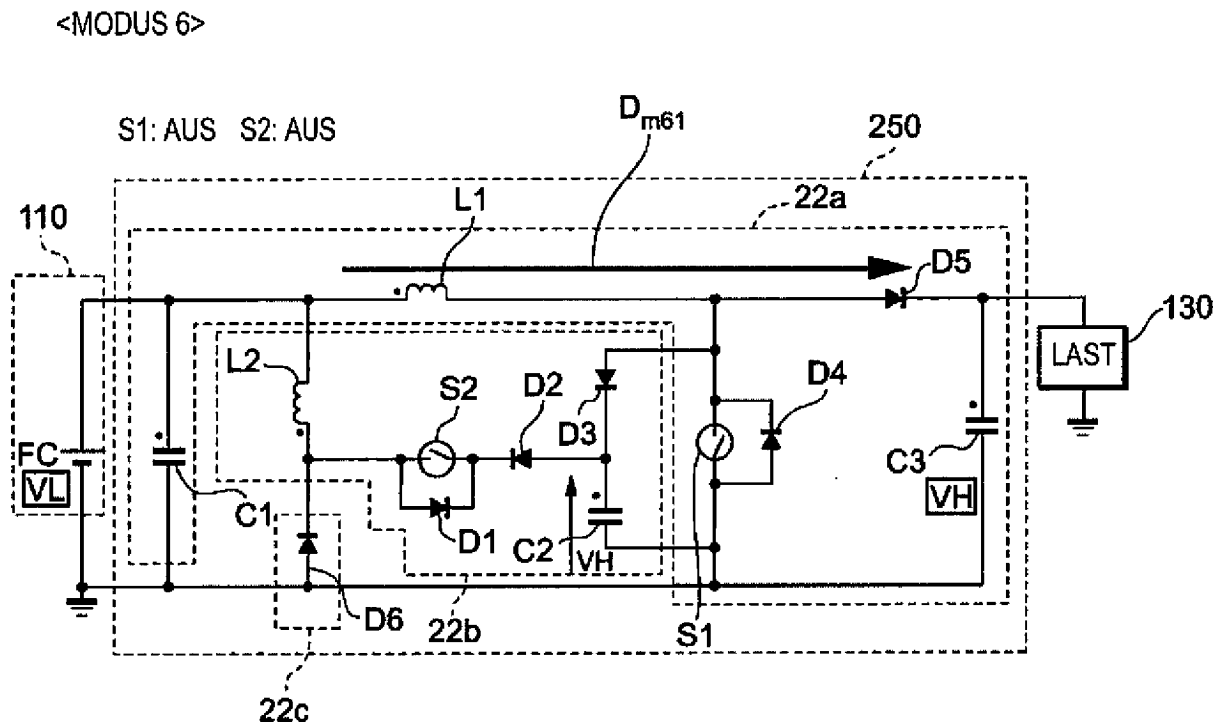


Fig. 11

S1:EIN → AUS

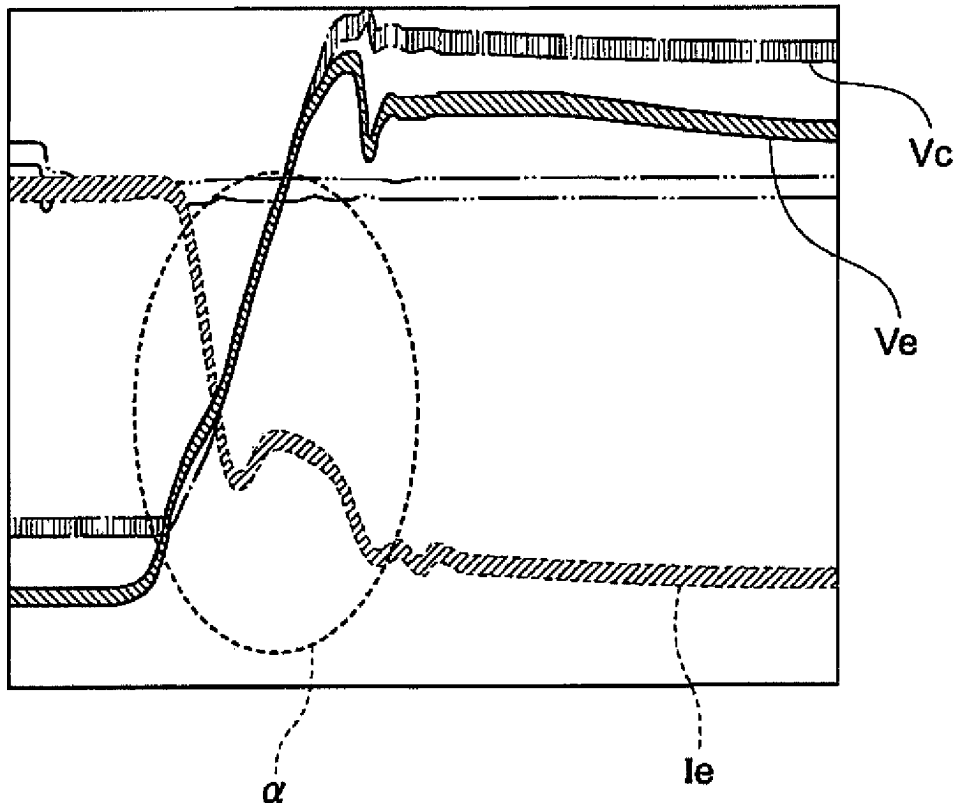


Fig. 12

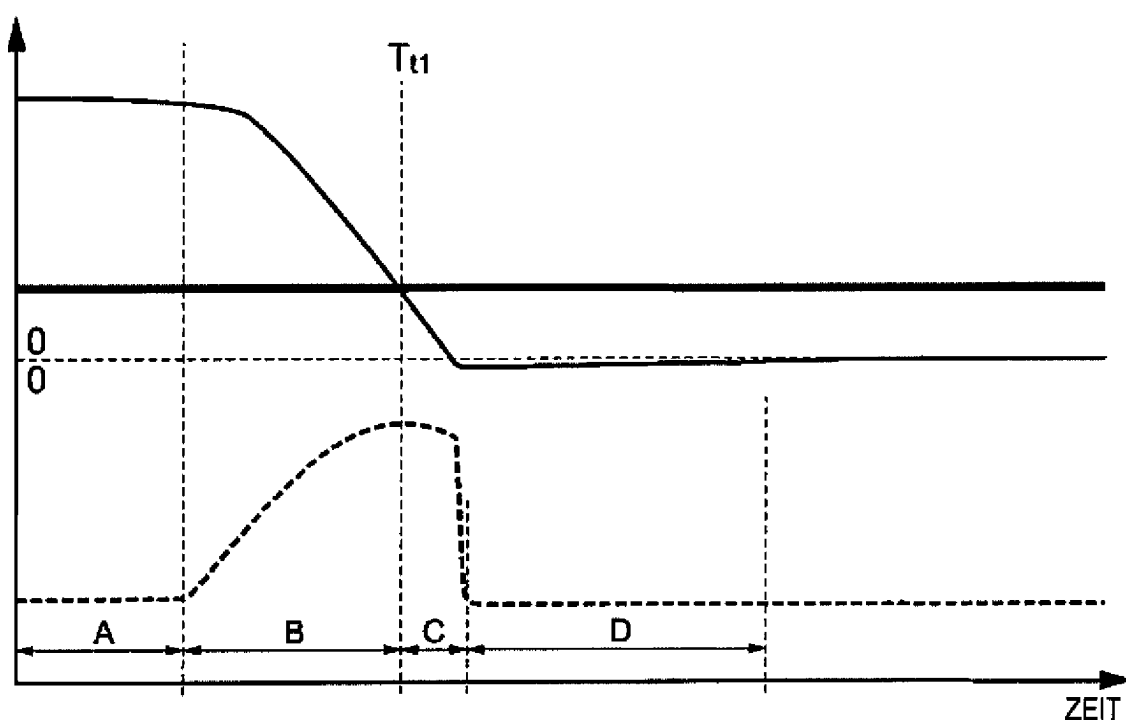


Fig. 13

<FEHLERHAFTER EIN-ZUSTAND VON S2

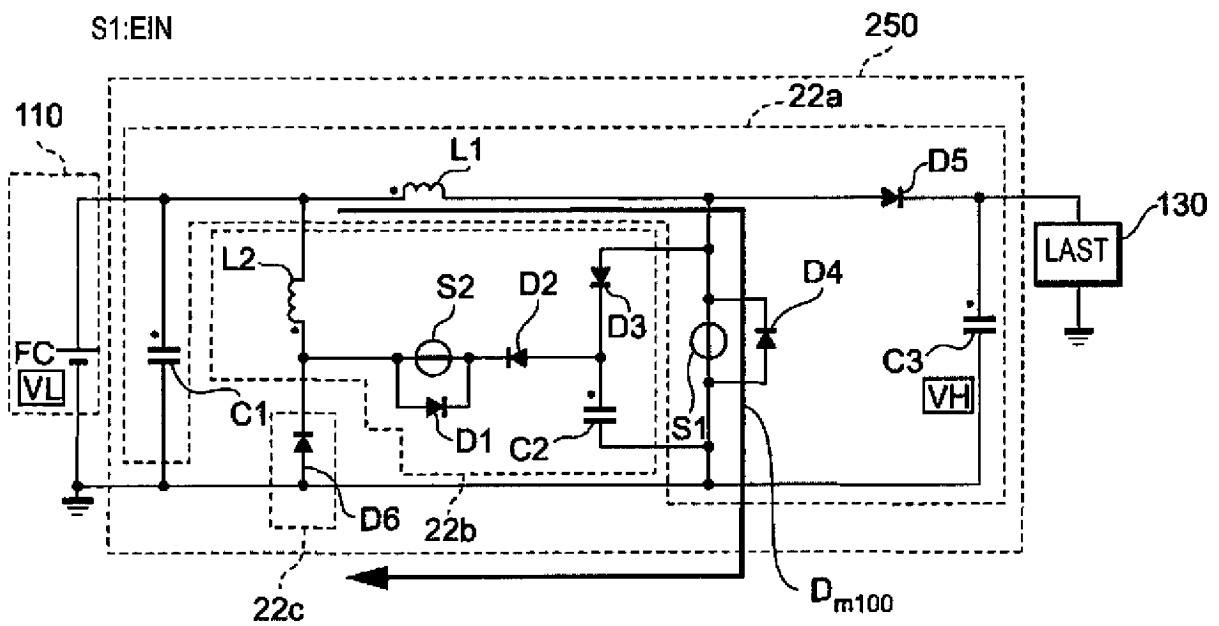


Fig. 14

<FEHLERHAFTER EIN-ZUSTAND VON S2

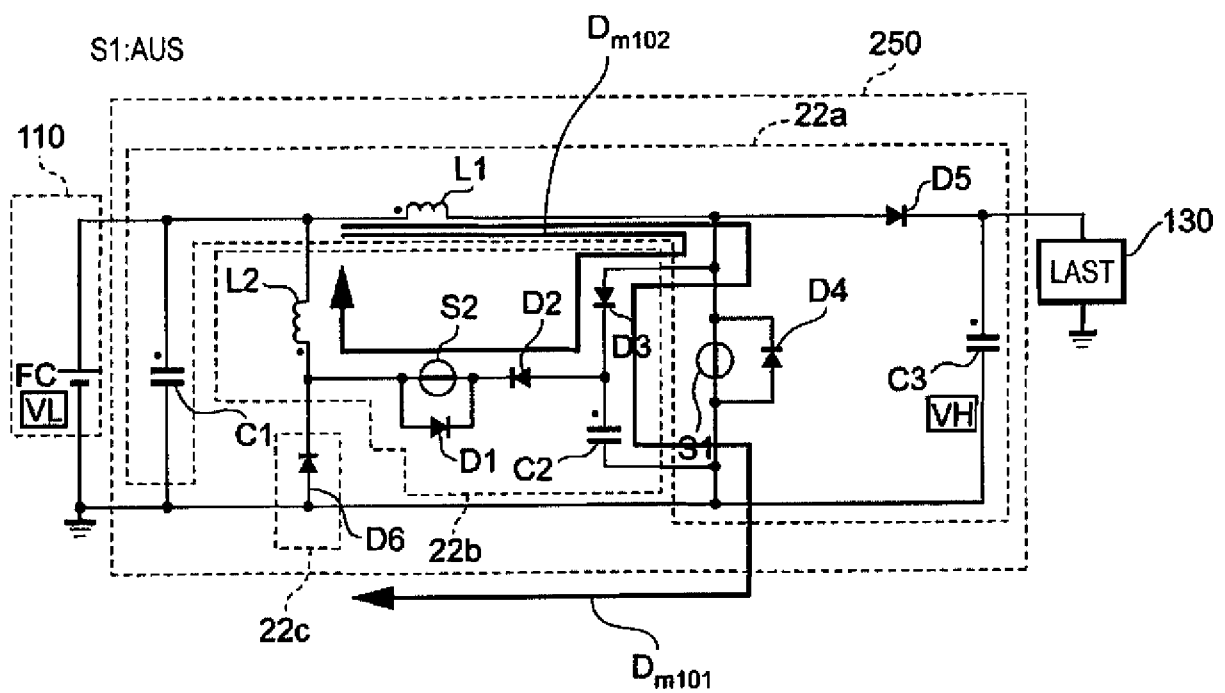


Fig. 15

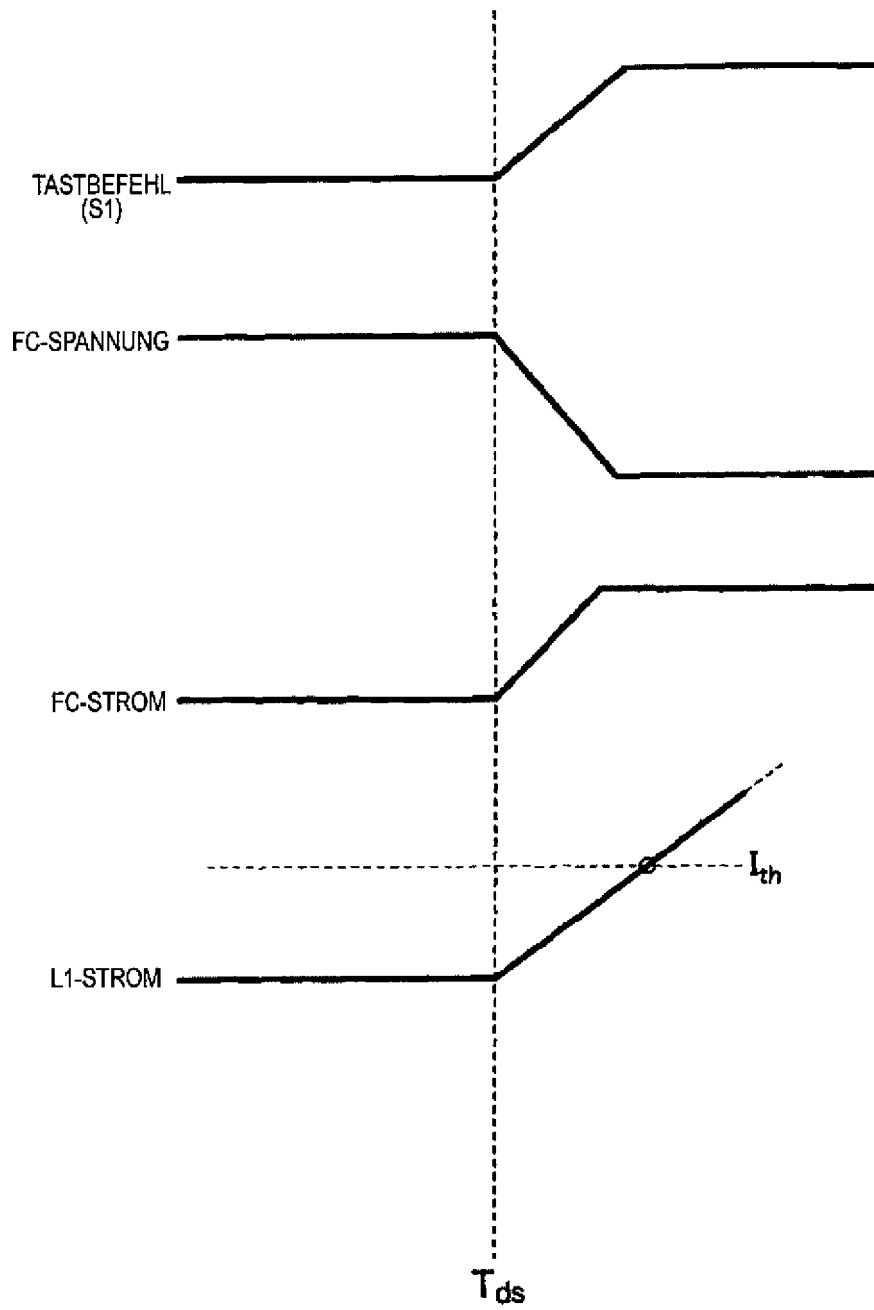


Fig. 16

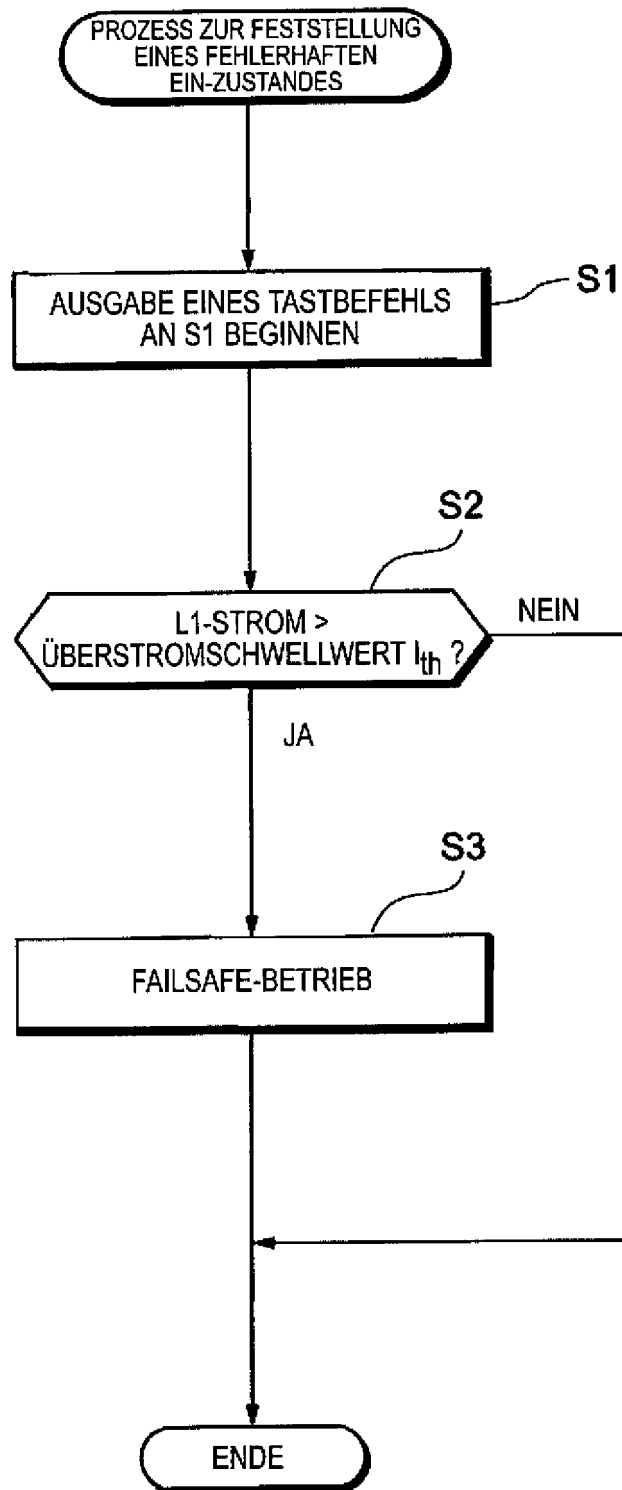


Fig. 17

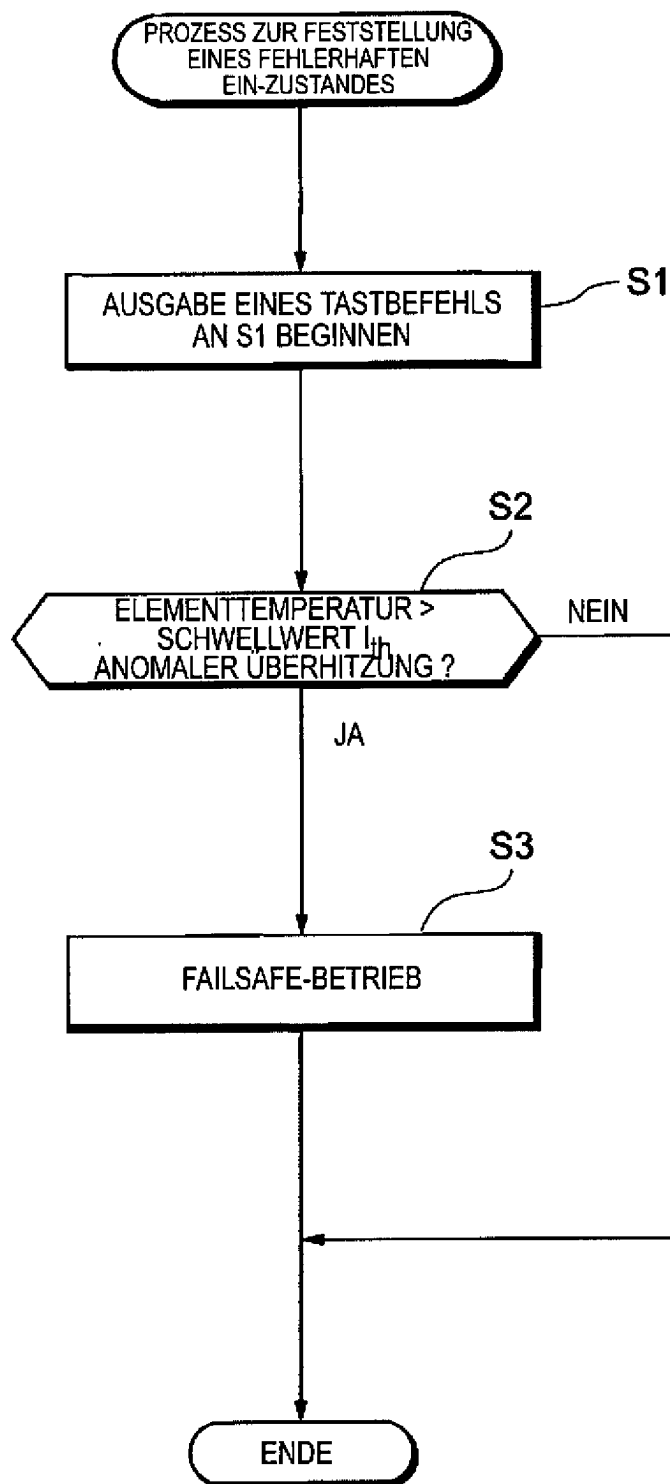


Fig. 18

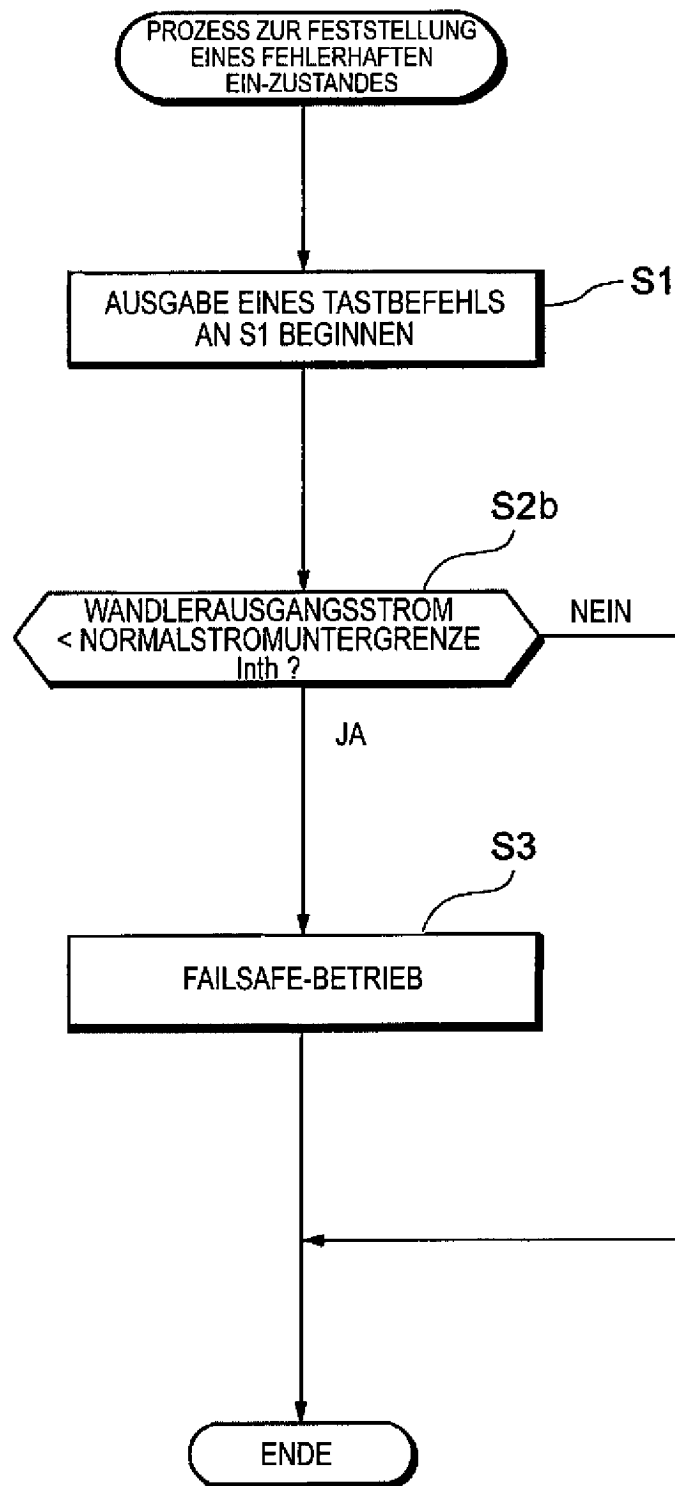


Fig. 19

