



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 44 40 357 B4** 2004.09.16

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **P 44 40 357.7**
(22) Anmeldetag: **11.11.1994**
(43) Offenlegungstag: **18.05.1995**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **16.09.2004**

(51) Int Cl.7: **H01M 8/04**
H02M 9/02

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(30) Unionspriorität:
P 282849 **12.11.1993** **JP**

(71) Patentinhaber:
Fuji Electric Co., Ltd., Kawasaki, Kanagawa, JP

(74) Vertreter:
KRAMER - BARSKE - SCHMIDTCHEN, 81245
München

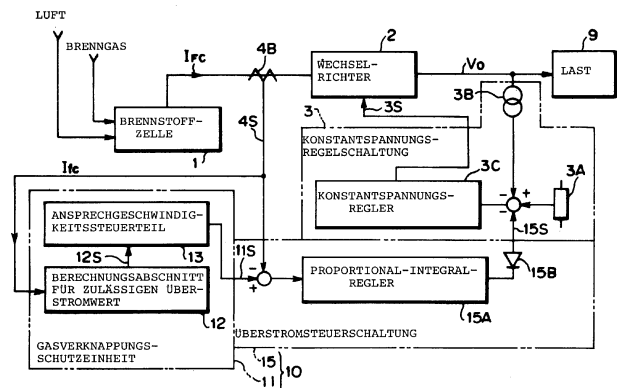
(72) Erfinder:
Tanokura, Kazuo, Kawasaki, Kanagawa, JP

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 20 41 800 B2
DE 40 34 183 A1
US 51 56 928 A
US 50 09 967 A
US 49 88 283 A
US 49 04 548 A
EP 05 96 367 A1
EP 05 70 976 A3
EP 05 28 492 A2
EP 00 39 571 A1
WO 93 18 556 A1

(54) Bezeichnung: **Brennstoffzellen-Energieerzeugungsanlage mit Gasverknappungs-Schutzschaltung**

(57) Hauptanspruch: Brennstoffzellen-Energieerzeugungsanlage, mit
einer Brennstoffzelle (1),
einem Leistungsumformer (2), der an den Ausgang der Brennstoffzelle (1) angeschlossen ist,
einer Konstantspannungsregelschaltung (3) mit einer Konstantspannungsstelleinheit (3A), welche eine Spannung voreinstellt, wobei die Konstantspannungsregelschaltung (3) eine Abweichung einer Ausgangsspannung des Leistungsumformers (2) von der von der Konstantspannungsstelleinheit (3A) voreingestellten Spannung verstärkt, und
einer Gasverknappungs-Schutzschaltung (10), die an die Spannungsstelleinheit (3A) angeschlossen ist, und die eine Gasverknappungs-Schutzeinheit (11) und eine Überstrombegrenzungseinheit (15) aufweist,
wobei
die Gasverknappungs-Schutzeinheit (11)
einen Berechnungsabschnitt (12) für einen zulässigen Überstromwert, der einen zulässigen Überstromwert basierend auf einem Brennstoffnutzkoeffizienten, der um einen fixen Betrag über einem Standard-Brennstoffnutzkoeffizienten liegt, und einen Ausgangsstrom der Brennstoffzelle (1) berechnet, um dadurch einen früheren Wert zu erneuern, und
einen Ansprechgeschwindigkeitssteuerabschnitt (13), der eine Übergangsschwankung aus dem von dem Berechnungsabschnitt berechneten zulässigen Überstromwert beseitigt und einen voreinzustellenden Überstromwert ausgibt, aufweist, und
die Überstrombegrenzungseinheit (15), ein Signal (15S) zum...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Brennstoffzellen-Energieerzeugungsanlage mit einer Gasverknappungs-Schutzschaltung. Speziell geht es um eine Brennstoffzellen-Energieerzeugungsanlage, die auf einen konstanten Spannungspegel geregelt wird, wobei die Gasverknappungs-Schutzschaltung verhindert, daß es zu einer Verknappung von Brenngas in einer Brennstoffzelle deshalb kommt, weil das Brenngas-Zuführsystem nur mit Verzögerung auf eine abrupte Erhöhung der Systemlast unter Verwendung einer Überstromschutzschaltung anspricht.

Stand der Technik

[0002] **Fig. 1** ist ein schematisches Blockdiagramm, welches in vereinfachter Weise eine herkömmliche Brennstoffzellen-Energieerzeugungsanlage mit Überstromschutzschaltung darstellt. Ein Brennstoffzellenstapel **1** empfängt von einem (nicht dargestellten) Reformator wasserstoffreiches Brenngas und von einer (nicht dargestellten) Luftzufuhr Luft als oxidierendes Gas, um durch die elektrochemische Reaktion zwischen Wasserstoff und Sauerstoff chemische Energie in elektrische Energie umzuwandeln. Der Ausgangs-Gleichstrom I_{FC} des Brennstoffzellenstapels **1** fließt in einen Leistungsumformer **2**, zum Beispiel einen Wechselrichter, welcher den Gleichstrom in einen Wechselstrom umwandelt. Der Wechselstrom wird einer Last **9** zugeführt. Der Umformer **2** wird von einer Konstantspannungsregelschaltung **3** geregelt. Die Konstantspannungsregelschaltung **3** enthält eine Spannungsstelleinheit **3A**, die eine Sollspannung vorgibt, einen Spannungsdetektor **3B**, der die Ausgangsspannung V_o des Wechselrichters **2** erfaßt, und einen Konstantspannungsregler **3C**, der eine Proportional-Integral-Regelung vornimmt. Der Konstantspannungsregler **3C** gibt ein Steuersignal **3S** zum Verringern einer Abweichung der erfaßten Ist-Spannung, wie sie von dem Spannungsdetektor **3B** festgestellt wird, von der Soll-Spannung, damit die Ausgangsspannung V_o des Wechselrichters **2** auf einem konstanten Pegel bleibt. Eine Überstromschutzschaltung **4** enthält eine Überstromstelleinheit **4A**, einen Stromdetektor **4B**, der den Ausgangsstrom I_{FC} des Brennstoffzellenstapels **1** erfaßt, einen Proportional-Integral-Regler **5A** und eine Spannungs-Sperndiode **5B**, die an den Konstantspannungsregler **3C** und den Proportional-Integral-Regler **5A** derart geschaltet ist, daß die Richtung von der Eingangsseite des Konstantspannungsreglers **3C** zur Ausgangsseite des Proportional-Integral-Reglers **5A** als Durchlaßrichtung gegeben ist.

[0003] **Fig. 2** ist eine graphische Darstellung eines Überstromschutzbereichs für eine konventionelle Überstromschutzschaltung. Auf der horizontalen Achse ist der Ausgangsstrom I_{FC} des Brennstoffzellenstapels **1** aufgetragen, während auf der vertikalen Achse eine eingestellte Stromstärke für die Über-

stromstelleinheit **4A** aufgetragen ist. Bei der herkömmlichen Überstromschutzschaltung **4** wird eine Stromstärke I_{100} mit Hilfe der Überstromstelleinheit **4A** eingestellt. Dieser Wert I_{100} entspricht 100% des Nenn-Ausgangsstroms des Brennstoffzellenstapels **1**. Ein den Wert I_{100} übersteigender Bereich, das heißt eine schraffierte Zone in **Fig. 2**, wird als Schutzzone definiert. Wenn der Ausgangsstrom I_{FC} des Brennstoffzellenstapels **1** den Wert I_{100} übersteigt, arbeitet die Überstromschutzschaltung so, daß sie den Überstrom auf den Nennstrom des Brennstoffzellenstapels **1** drückt.

[0004] Wenn sich die Brennstoffzellen-Energieerzeugungsanlage im stationären Betriebszustand befindet, in welchem ein vorgeschriebener mittlerer Brennstoffverbrauch (üblicherweise 75%) und Sauerstoffverbrauch (üblicherweise 75%) beibehalten werden, arbeitet die Überstromschutzschaltung **4** folgendermaßen: Der ermittelte Ist-Wert des Ausgangsstroms I_{FC} , wie er von dem Stromdetektor **4B** festgestellt wird, liegt unterhalb des in der Überstromstelleinheit **4A** eingestellten Werts I_{100} . Der Ausgang des Proportional-Integral-Reglers **5A** ist positiv gesättigt, so daß der Stromfluß durch die Sperrdiode **5B** gesperrt wird. Die Spannungsstelleinheit **3A** hält den Soll-Spannungspegel. Der Wechselrichter **2** wird von dem Konstantspannungsregler **3C** auf konstante Spannung geregelt. Wenn andererseits aufgrund einer Störung ein die Schutzzone erreichender Überstrom in dem Brennstoffzellenstapel **1** auftritt, beispielsweise wegen eines Kurzschlusses auf der Seite der Last, die an die Ausgangsseite des Wechselrichters **2** angeschlossen ist, oder aufgrund eines Kurzschlusses in einem Zweig des Wechselrichters **2**, so wird der ermittelte Stromwert, der von dem Stromdetektor **4B** festgestellt wird, den Einstellwert I_{100} , der von der Überstromstelleinheit **4A** vorgegeben wird, derart überschreiten, daß das Ausgangssignal des Proportional-Integral-Reglers **5A** umgekehrt und negativ gesättigt wird. Dies macht die Sperrdiode **5B** leitend, wodurch die Soll-Spannung von der Spannungsstelleinheit **3A** verringert wird, mit der Folge, daß der Konstantspannungsregler **3C** ein Signal **3S** dahingehend abgibt, daß der Ausgangsstrom I_{FC} von dem Wechselrichter **2** begrenzt wird, um dadurch die Schutzwirkung zum Senken des Überstroms des Brennstoffzellenstapels **1** zu erreichen.

[0005] Im stationären Betrieb, wenn die Brennstoffzellen-Energieerzeugungsanlage mit einer Stromstärke arbeitet, die nicht höher als der Nennstrom ist, kommt es möglicherweise vor, daß die Last **9** eine rasche Zunahme der Energieversorgung erforderlich macht, so daß der Wechselrichter **2**, der auf eine konstante Spannung geregelt wird, von dem Brennstoffzellenstapel **1** eine rasche Zunahme des Ausgangsstroms I_{FC} mit einer Ansprechgeschwindigkeit von 2 Millisekunden anfordert. Allerdings kann der Brennstoffzellenstapel **1** einer derart plötzlichen Zunahme der Ausgangsleistung nicht folgen, sondern spricht stattdessen mit einer Verzögerung an, weil eine Zu-

nahme der Energieerzeugung durch den Brennstoffzellenstapel 1, das heißt eine Zunahme der Zufuhr an Brennstoffgas, die beherrscht wird durch die Ansprechgeschwindigkeit des (nicht gezeigten) Brennstoffgas-Zuführsystems, nur mit einer gewissen Verzögerung möglich ist, so daß es zu einer vorübergehenden Gasverknappung an den Brennstoffelektroden innerhalb des Brennstoffzellenstapels 1 kommt. Außerdem zeigt eine Brennstoffzelle ein sogenanntes Ermüdungs- oder Nachgebenverhalten. Demgemäß sinkt die Ausgangsspannung einer Brennstoffzelle ab, wenn ihr Ausgangsstrom zunimmt. Folglich arbeitet der auf eine konstante Spannung eingeregelter Wechselrichter 2 so, daß er den Ausgangsstrom I_{FC} des Brennstoffzellenstapels 1 weiter erhöht, um die Ausgangsspannung V_o des Wechselrichters auf einer konstanten Spannung zu halten. Dies hat zur Folge, daß die Ausgangsspannung, wie sie von der Brennstoffzelle erzeugt wird, weiter abnimmt, was zu einem weiteren Aufschaukeln und schließlich zu einer Gasverknappung der Brennstoffzelle führt. Die Gasverknappung hat abträglichen Einfluß auf die Brennstoffzelle insofern, als die Bauteile der Brennstoffzelle abträglich beeinflusst werden, indem die Energieerzeugungs-Leistungsfähigkeit abnimmt und die Lebensdauer der Brennstoffzellen-Energieerzeugungsanlage geringer wird.

[0006] Die Brennstoffzellen-Energieerzeugungsanlage mit der herkömmlichen Überstromschutzschaltung 4, bei der die Überstromschutzzone eine Zone oberhalb des Nennstroms der Brennstoffzelle ist, dient in erster Linie dazu, die Brennstoffzelle gegen einen überhöhten Strom zu schützen, der in den Brennstoffzellenstapel 1 aufgrund einer Kurzschlußstörung auf der Seite der Last oder durch einen Zweig-Kurzschluß im Wechselrichter hervorgerufen wird. Die Schutzfunktion deckt nicht den Schutz gegenüber einem Überstrom ab, der verursacht wird durch eine plötzliche Erhöhung der Last während des stationären Betriebs der Anlage. Folglich läßt sich weder der Zustand der Brennstoffgasverknappung in dem Brennstoffzellenstapel aufgrund eines derartigen Überstroms noch eine Beschädigung der Brennstoffzelle durch einen solchen Überstrom vermeiden. Speziell im Bereich geringer Last, in welchem der Ausgangsstrom niedrig ist, ist die Zufuhr von Brennstoffgas gering und weicht stark von dem Schutzpegel ab, so daß eine plötzliche Erhöhung der Last in einem Bereich geringer Last zur Folge hat, daß es zu einer Gasverknappung und damit zu einem nicht wiedergutmachenden Schaden an der Brennstoffzelle kommt.

Aufgabenstellung

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Brennstoffzellen-Energieerzeugungsanlage mit einer Gasverknappungs-Schutzschaltung anzugeben, die das Auftreten eines Überstroms in einer Brennstoffzelle und eine Gasverknappung aufgrund des Überstroms

vermeiden kann, um Beschädigungen der Brennstoffzelle auszuschließen.

[0008] Gelöst wird diese Aufgabe durch die im Anspruch 1 angegebene Erfindung. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0009] Durch die vorliegende Erfindung wird eine Brennstoffzellen-Energieerzeugungsanlage geschaffen, die mit einer speziellen Gasverknappungs-Schutzschaltung ausgerüstet ist. Die Erfindung schafft darüber hinaus ein Verfahren zum Unterbinden einer Gasverknappung in einer Brennstoffzellen-Energieerzeugungsanlage.

[0010] Die Überstrombegrenzungseinheit kann außerdem einen Proportional-Integral-Regler aufweisen, welcher eine Fehlerverstärkung einer Abweichung des Ausgangsstroms von dem voreingestellten Überstromwert aus der Gasverknappungs-Schutzeinheit vornimmt, wobei eine Spannungs-Spendiode derart angeordnet ist, daß ihre Durchlaßrichtung die Richtung von der Konstanzspannungsregelschaltung zu einer Ausgangsseite des Proportional-Integral-Reglers ist.

[0011] Erfindungsgemäß ist die Gasverknappungs-Schutzeinheit derart ausgestaltet, daß sie einen Überstromwert-Berechnungsabschnitt und einen Ansprechgeschwindigkeitssteuerteil aufweist. Hierdurch kann der Überstromwert-Berechnungsabschnitt einen zulässigen Überstromwert berechnen, der einem höheren Brennstoffnutzkoeffizienten (z. B. 85%) entspricht, der um einen gewissen proportionalen Anteil höher ist als ein Ausgangsstrom der Brennstoffzelle, die mit einem Standard-Brennstoffnutzkoeffizienten (von üblicherweise 75%) arbeitet, und die ein Signal entsprechend einem solchen Wert ausgibt, während der Ansprechgeschwindigkeitssteuerteil, der ein Filter mit einer Ansprech-Zeitkonstanten ähnlich der der Brennstoffzelle besitzt, eine vorübergehende Abweichung von dem zulässigen Überstromwert, wie er von dem Überstromwert-Berechnungsabschnitt berechnet wurde, beseitigt und ein solches Wert kennzeichnendes Signal in Richtung auf die stromabwärts gelegene Überstrombegrenzungseinheit ausgibt. Als Ergebnis gibt der von der Gasverknappungs-Schutzeinheit erhaltene Überstromwert einen zulässigen Wert (Überschuß) des Überstroms in einem gewissen Verhältnis zu dem Überstrom und einen zulässigen Wert (Überschuß) des Überstrom-Brennstoffnutzkoeffizienten in einem gewissen Verhältnis zu letzterem in einem Bereich von 0 bis 100% des Nennstroms der Brennstoffzelle an. Die Überstrombegrenzungseinheit, welche die Gasverknappungs-Schutzeinheit als Einrichtung zum Einstellen eines Überstroms benutzt, gibt also ein Signal zum Verringern der in der Konstanzspannungs-Regelschaltung voreingestellten Spannung aus, wenn der Ausgangsstrom der Brennstoffzelle den voreingestellten Überstromwert übersteigt, und bei Erhalt eines solchen Signals regelt die Konstanzspannungs-Regelschaltung den Wechselrichter derart, daß der Ausgangsstrom der Brennstoffzelle ver-

ringert wird. Als Ergebnis einer Folge derartiger Aktionen erfolgen eine Schutzwirkung gegen den Überstrom der Brennstoffzelle einerseits und eine Gasverknappungs-Schutzwirkung andererseits. Dies ermöglicht es der Brennstoffzelle einer plötzlichen Lastzunahme zu folgen, indem ein Brennstoffnutzkoeffizient auf beispielsweise 85% gehalten wird. Die Gasknappheit, die sonst möglicherweise leicht bei einer plötzlichen Lastzunahme entsteht, läßt sich also vermeiden. Auch eine Beeinträchtigung der die Brennstoffzellen bildenden Materialien, die ansonsten mit einer Gasverknappung einhergehen, läßt sich ebenso vermeiden wie eine Verringerung der Leistungsfähigkeit bei der Energieerzeugung und eine Verringerung der Lebensdauer der Brennstoffzelle aufgrund der erwähnten Schäden.

[0012] Wenn die Überstrombegrenzungseinheit außerdem einen Proportional-Integral-Regler aufweist, welcher eine Fehlerverstärkung einer Abweichung des Ausgangsstroms der Brennstoffzelle in bezug auf den voreingestellten Überstromwert vornimmt, und eine Sperrdiode aufweist, die so geschaltet ist, daß ihre Durchlaßrichtung die Richtung von der Konstantspannungs-Regelschaltung zu der Ausgangsseite des Proportional-Integral-Reglers ist, dient die Gasverknappungs-Schutzseinheit als Überstromeinstelleinheit innerhalb der Überstrombegrenzungseinheit, so daß die Funktion der Überstromsteuereinheit, welche die gleiche Ausgestaltung besitzt wie die herkömmliche Überstromsteuereinheit 5, derart erweitert werden kann, daß auch eine Schutzfunktion gegenüber einem Überstrom und eine Gasverknappungs-Schutzfunktion in Abhängigkeit einer Lastzunahme erhalten werden.

[0013] Wenn der Berechnungsabschnitt für den zulässigen Überstromwert eine Überschuß-Stelleinheit und einen Addierer aufweist, läßt sich in einer Überschüßeinstelleinheit als Überschuß oder Zulässigkeitswert eine Stromstärke einstellen, die einem Brennstoffnutzkoeffizienten entspricht, der um ein gewisses Maß höher ist als ein Standard-Brennstoffnutzkoeffizient. Der Addierer besorgt eine Addition des Überschuß-Werts auf einen erfaßten Ist-Wert des Ausgangsstroms der Brennstoffzelle, um zu einem zulässigen Überstromwert zu gelangen. Damit läßt sich der zulässige Überstromwert ohne Mühe durch den Berechnungsabschnitt für den zulässigen Überstromwert erhalten, welcher eine vereinfachte Ausgestaltung besitzt. Wenn darüber hinaus ein Obergrenzensteuerabschnitt vorgesehen wird, so erreicht ein Ausgangsstromwert der Brennstoffzelle, welcher definiert ist durch eine Differenz zwischen dem Nenn-Stromwert der Brennstoffzelle und dem Überschußwert, einen Stromwert, der äquivalent dem Nennstrom ist. Damit erreicht man innerhalb einer Zone, in der der Ausgangsstrom der Brennstoffzelle ein starker Strom ist, definiert durch eine Differenz zwischen dem Nenn-Stromwert der Brennstoffzelle und dem Überschußwert, eine Schutzfunktion gegen einen Kurzschlußstrom oder dergleichen in-

nerhalb der den Nennstrom übersteigenden Zone.

[0014] Wenn die Gasverknappungs-Schutzseinheit mit einem Untergrenzen-Steuerabschnitt versehen ist, der eine Untergrenzen-Einstelleinheit aufweist, die einen zulässigen Stromwert entsprechend 50% des Nennstroms der Brennstoffzelle entspricht, und eine Sperrdiode derart geschaltet ist, daß ihre Durchlaßrichtung die Richtung von der Untergrenzen-Einstelleinheit in Richtung auf den Ausgang des Berechnungsabschnitts für den zulässigen Überstromwert ist, so kann der Überschuß des zulässigen Überstromwerts derart erhöht werden, daß die Abnahme im Ausgangsstrom der Brennstoffzelle in einem Bereich geringer Last entsprechend einem Strom versetzt wird, der 50% des Nennstroms nicht übersteigt. Wenn in dieser Zone die Menge zugeführten Brenngases auf einen Wert entsprechend 50 des Nennstroms gehalten wird und einen Überschuß sichert, läßt sich das Auftreten einer Gasverknappung verhindern, die sonst bei einer plötzlichen Lastzunahme in einem Bereich geringer Last auftritt, und die Funktion der Brennstoffzelle ist so, daß diese der Lastzunahme besser zu folgen vermag. Auch bei einem starken Überstrom, der den zulässigen Überstrom übersteigt, wird der Ausgangsstrom der Brennstoffzelle durch die Schutzwirkung gegen Überstrom verringert, und dadurch wird eine Gasverknappung vermieden.

Ausführungsbeispiel

[0015] Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0016] **Fig. 1** ein Blockdiagramm einer herkömmlichen Brennstoffzellen-Energieerzeugungsanlage und einer Überstromschutzschaltung;

[0017] **Fig. 2** eine graphische Darstellung einer Überstromschutzzone bei einer herkömmlichen Überstromschutzschaltung;

[0018] **Fig. 3** ein schematisches Blockdiagramm einer Brennstoffzellen-Energieerzeugungsanlage und einer Gasverknappungs-Schutzschaltung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

[0019] **Fig. 4** ein schematisches Blockdiagramm einer Gasverknappungs-Schutzschaltung nach einer weiteren Ausführungsform der Erfindung;

[0020] **Fig. 5** eine graphische Darstellung des Verlaufs des zulässigen Überstroms der Gasverknappungs-Schutzschaltung nach **Fig. 4**;

[0021] **Fig. 6** ein Blockdiagramm einer Gasverknappungs-Schutzschaltung gemäß einer noch weiteren Ausführungsform der Erfindung; und

[0022] **Fig. 7** eine graphische Darstellung der Überstrom-Kennlinie der in **Fig. 6** gezeigten Gasverknappungs-Schutzschaltung.

Ausführungsbeispiel 1

[0023] **Fig. 3** ist ein schematisches Blockdiagramm,

welches eine Brennstoffzellen-Energieerzeugungsanlage und eine Gasverknappungs-Schutzschaltung nach einer ersten Ausführungsform der Erfindung darstellt. In **Fig. 3** sind gleiche Teile wie in **Fig. 1** mit entsprechenden Bezugszeichen versehen. Ein Brennstoffzellenstapel **1** empfängt wasserstoffreiches Brenngas von einem (nicht gezeigten) Reformier und als oxidierendes Gas Luft von einer (nicht dargestellten) Luftzufuhr, um durch die elektrochemische Reaktion zwischen Wasserstoff und Sauerstoff chemische Energie in elektrische Energie umzuwandeln. Der Ausgangs-Gleichstrom I_{FC} des Brennstoffzellenstapels **1** fließt in einen Leistungsumformer **2**, zum Beispiel einen Wechselrichter, welcher den Gleichstrom in einen Wechselstrom umwandelt. Der Wechselstrom wird einer Last **9** zugeführt. Der Umformer **2** wird von einer Konstantspannungsregelschaltung **3** geregelt. Die Konstantspannungsregelschaltung **3** enthält eine Spannungsstelleinheit **3A** in Form eines veränderlichen Widerstands, der eine Soll- oder Bezugsspannung bereitstellt, einen Spannungsdetektor **3B** in Form eines Leistungswandlers, der eine Ausgangsspannung V_o des Wechselrichters **2** erfaßt, und einen Konstantspannungsregler **3C**. Der Konstantspannungsregler **3C** gibt ein Steuersignal **3S** zum Verringern einer Abweichung der von dem Spannungsdetektor **3B** erfaßten Spannung von der Soll-Spannung aus, damit die Ausgangsspannung V_o des Wechselrichters **2** auf einem konstanten Pegel bleibt.

[0024] Nach **Fig. 3** enthält eine Gasverknappungs-Schutzschaltung **10** eine Gasverknappungs-Schutzeinheit **11** und eine Überstrombegrenzungseinheit **15**. Die Gasverknappungs-Schutzschaltung **10** empfängt ein Signal **4S** entsprechend einem erfaßten Ausgangsstromwert I_{FC} von einem Detektor **4B** in der Form beispielsweise eines Stromumformers, um ein Signal **11S** entsprechend einem zulässigen Standard-Überstromwert auszugeben. Die Überstrombegrenzungseinheit **15** empfängt den Überstromstellwert **11S** und den erfaßten Ausgangsstromwert I_{FC} , um ein Sperrsignal **15S** an die Spannungsstelleinheit **3A** der Konstantspannungsregelschaltung **3** zu geben.

[0025] Die Gasverknappungs-Schutzeinheit **11** besitzt einen Berechnungsabschnitt zum Berechnen eines zulässigen Überstromwerts, **12**, und einen Ansprechgeschwindigkeitssteuerteil **13**. Der Berechnungsabschnitt **12** empfängt von dem Stromdetektor **4B** einen Ist-Stromwert I_{FC} eines Ausgangsstroms I_{FC} des Brennstoffzellenstapels **1**, der unter Beibehaltung eines Standard-Brennstoffnutzkoeffizienten von zum Beispiel 75% des Nenn-Brennstoffnutzkoeffizienten I_{FC} betrieben wird, berechnet einen zulässigen Überstromwert entsprechend einem Brennstoffnutzkoeffizienten von 85%, der um ein fixes Maß von zum Beispiel 10% über dem Standard-Brennstoffnutzkoeffizienten liegt, und gibt ein Signal **12S** aus, welches dem berechneten höheren Brennstoffnutzkoeffizienten (85%) entspricht, und der an den Ansprechge-

schwindigkeitssteuerteil **13** gegeben wird. Der Ansprechgeschwindigkeitssteuerteil **13** besitzt ein Filter mit einer Zeitkonstanten ähnlich derjenigen des Brennstoffzellenstapels **1** und erzeugt ein Signal, welches kennzeichnend ist für einen zulässigen Strom-Sollwert **11S**, bei dem es sich um eine Differenz zwischen dem zulässigen Überstromwert **12S** und einer Übergangsänderung oder Übergangsschwankung handelt, die möglicherweise in dem zulässigen Überstromwert auftritt aufgrund einer Schwankung des Ausgangsstroms I_{FC} , und gibt das Signal **11S** an die Überstrombegrenzungseinheit **15**. Die Überstrombegrenzungseinheit **15** enthält einen Proportional-Integral-Regler **15A** und eine Spannungs-Sperrdiode **15B**. Der Proportional-Integral-Regler **15A** empfängt den erfaßten Stromwert I_{FC} und den zulässigen Überstrom-Sollwert **11S**, um eine Abweichung zwischen diesen beiden Werten zu verstärken. Die Spannungs-Sperrdiode **15B** ist an die Eingangsseite des Konstantspannungsreglers **3C** und an den Ausgang des Proportional-Integral-Reglers **15A** derart angeschlossen, daß ihre Durchlaßrichtung von der Eingangsseite des Reglers **3C** in Richtung der Ausgangsseite des Proportional-Integral-Reglers **15A** verläuft. Wenn daher also der erfaßte Stromwert **4S** den zulässigen Überstrom-Sollwert **11S** übersteigt, wird das Ausgangssignal des Proportional-Integral-Reglers **15A** umgekehrt und gelangt in negative Sättigung, so daß die Sperrdiode **15B** leitend wird und dadurch die Soll-Spannung der Konstantspannungsstelleinheit **3A** senkt. Dies hat zur Folge, daß der Konstantspannungsregler **3C** ein Steuersignal **3S** ausgibt, welches das Ausgangssignal des Wechselrichters **2** beschränkt. Auf diese Weise wird eine Schutzwirkung zum Unterdrücken eines Überstroms innerhalb des Brennstoffzellenstapels **1** erreicht.

[0026] In einer Brennstoffzellen-Energieerzeugungsanlage mit der oben beschriebenen Gasverknappungs-Schutzschaltung **10** findet ein stationärer Betrieb statt, indem ein überschüssiger Brenngasanteil in einem Brenngasnutzkoeffizienten von 85%, der um 10% höher liegt als der Standard-Brennstoffnutzkoeffizient (z.B. 75%), für eine Lastzunahme innerhalb des Bereichs verbraucht wird, der unterhalb des voreingestellten Überstromwerts liegt, während bei einer Lastzunahme oberhalb des voreingestellten Überstromwerts eine Überstromschutz-Regelwirkung in Gang gesetzt wird, welche den Überstrom unter den Brennstoffnutzkoeffizienten von 85% drückt und eine Steuerung ermöglicht, welche der Lastzunahme folgt. Dies beseitigt einen Überstrom und eine Gasverknappung und verhindert die Beeinträchtigung der Kennwerte der Brennstoffzelle. Wenngleich der zulässige Brennstoffnutzkoeffizient auf 85% eingestellt wird, ist die Erfindung nicht auf diesen speziellen Wert beschränkt, sondern der Wert kann in dem Bereich ausgewählt werden, in welchem kein abträglicher Einfluß auf die Kennwerte der Brennstoffzelle zu befürchten sind.

Ausführungsbeispiel 2

[0027] **Fig. 4** ist ein schematisches Blockdiagramm, welches in vereinfachter Weise eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen Gasverknappungs-Schutzschaltung zeigt. Eine Gasverknappungs-Schutzeinheit **21** enthält einen Obergrenzeinstellabschnitt **22** sowie einen Berechnungsabschnitt zum Berechnen eines zulässigen Überstroms, **12**. Die vorliegende Ausführungsform unterscheidet sich von der Ausführungsform 1 darin, daß der Obergrenzeinstellabschnitt **22** vorhanden ist, so daß die übrigen Teile nicht nochmal erläutert werden müssen. Der Berechnungsabschnitt für den zulässigen Überstromwert, **12**, besitzt eine Überschusseinstelleinheit **12A** und einen Addierer **12B**. Ein laufender Wert von ΔI_{fc} , der einem Überschuß von zum Beispiel 10% eines Standard-Brennstoffnutzkoeffizienten von zum Beispiel 75% entspricht, wird von der Überschusseinstelleinheit **12A** eingestellt, welche diese Daten dem Addierer **12B** zuführt. Der Addierer **12B** addiert den Stromwert ΔI_{fc} auf den erfaßten Stromwert I_{fc} des Ausgangsstroms I_{FC} und gibt ein Signal **12S** entsprechend einem zulässigen Überstrom von $I_{fc} + \Delta I_{fc}$ aus, welches einem Brennstoffnutzkoeffizienten von 85% entspricht. Ein Ansprechgeschwindigkeitssteuerteil **13** enthält ein Filter mit einer Ansprech-Zeitkonstanten ähnlich derjenigen des Brennstoffzellenstapels **1**, und beseitigt die Schwankung des zulässigen Überstroms **12S** aufgrund einer im stationären Betrieb erfolgenden Schwankung des Ausgangsstroms I_{fc} , um ein Signal **13S** auszugeben und an die Überstrombegrenzungseinheit **15** zu senden, welches einen Überstromeinstellwert angibt. Der Obergrenzensteuerabschnitt **22** enthält eine Obergrenzeinstelleinheit **22A** in Form eines veränderlichen Widerstands und eine Spannungs-Spendiode **22B**. Die Obergrenzeinstelleinheit **22A** wird auf einen Stromwert von I_{100} eingestellt, der dem Nennstrom des Brennstoffzellenstapels **1** als der obere Grenzwert für den zulässigen Überstromwert **12S** entspricht. Wenn ein Überstrom, welcher den Nenn-Ausgangsstrom übersteigt, in dem Brennstoffzellenstapel **1** auftritt, wird die Sperrdiode **22E** leitend und unterdrückt den zulässigen Überstromwert **12S** auf den voreingestellten oberen Grenzwert derart, daß der zulässige Überstromwert **12S** sich nicht weiter erhöht und eine Schutzwirkung für einen Überstrom dahingehend eintritt, daß ein in die Schutzzone oberhalb des Nennstroms fallender Kurzschlußstrom unterdrückt werden kann.

[0028] **Fig. 5** zeigt anhand einer graphischen Darstellung die Kennlinie des Überstroms der zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Gasverknappungs-Schutzschaltung. Der zulässige Überstromwert **12S** entsprechend einem Brennstoffnutzkoeffizienten von 85% ist ein Wert, der um einen Überschuß (ΔI_{fc}) höher ist als der erfaßte Stromwert (I_{fc} , das heißt $I_{fc} + \Delta I_{fc}$), für einen Strombereich von 0 bis 90% des Brennstoffzellenstapels **1**. Andererseits

arbeitet für einen Strombereich oberhalb von 90% des Nennstroms der Obergrenzeinstellabschnitt **22** so, daß der zulässige Überstromwert **12S** auf den Wert I_{100} gedrückt und damit der Überschuß ΔI_{fc} im wesentlichen Null (0) wird, wenn der Nennstrom in dem Brennstoffzellenstapel **1** fließt. Als Folge davon erstreckt sich die von der Gasverknappungs-Schutzschaltung gemäß dieser Ausführungsform der Erfindung abgedeckte Überstromschutzzone zu einer Zone oberhalb des zulässigen Überstromwerts **12S**, der durch eine ausgezogene Linie in **Fig. 5** dargestellt ist. In diesem Fall erfolgt die Schutzwirkung gegenüber Strom und Gasverknappung unter Beibehaltung des Überschusses ΔI_{fc} über praktisch der gesamten Zone des Ausgangsstroms I_{FC} des Brennstoffzellenstapels **1**. Bei einer Schwankung des Ausgangsstroms I_{FC} innerhalb des Bereichs des Überschusses ΔI_{fc} wird einer Zunahme der Last dadurch entsprochen bzw. wird die Lastzunahme dadurch absolviert, daß eine vorübergehenden Zunahme des Brennstoffverbrauchscoeffizienten innerhalb eines Bereichs von bis zu 85% erfolgt. Bei einer Zunahme der Last oberhalb des Überschusses von ΔI_{fc} hingegen gibt die Überstromschutzschaltung das Steuersignal **3S** aus und sendet es über die Überstrombegrenzungseinheit **15** und den Konstantspannungsregler **3**, und der Wechselrichter **2** verringert den Ausgangsstrom I_{FC} zu einem gewissen Ausmaß, um den Brennstoffnutzkoeffizienten auf 85% zu drücken. Damit wird das Auftreten einer Gasknappheit wirksam verhindert.

Ausführungsform 3

[0029] **Fig. 6** ist ein schematisches Blockdiagramm, das in vereinfachter Weise eine dritte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Gasverknappungs-Schutzschaltung zeigt. Diese Ausführungsform unterscheidet sich von der Ausführungsform 2 durch die Ausgestaltung der Gasverknappungs-Schutzschaltung, so daß nur die unterschiedlichen Merkmale im folgenden erläutert werden sollen. Die übrigen Ausgestaltungsmerkmale sind die gleichen wie bei den Ausführungsformen **1** und **2**. Nach **Fig. 6** enthält eine Gasverknappungs-Schutzeinheit **31** einen Untergrenzeinstellabschnitt **32** ebenso wie einen Berechnungsabschnitt für einen zulässigen Überstromwert, **12**, und einen Obergrenzeinstellabschnitt **22**. Der Untergrenzeinstellabschnitt **32** enthält eine Untergrenzeinstelleinheit **32A** in Form eines veränderlichen Widerstands und eine Spannungs-Sperrdiode **32B**. Die Untergrenzeinstelleinheit **32A** wird auf einen zulässigen Überstromwert I_{50} eingestellt, der 50% des Nennstroms des Brennstoffzellenstapels **1** entspricht. Die Sperrdiode **32B** ist mit der Untergrenzeinstelleinheit **32A** und dem Berechnungsabschnitt **12** verbunden, so daß ihre Durchlaßrichtung in die Richtung von der Untergrenzeinstelleinheit **32A** zum Ausgang des Berechnungsabschnitts **12** verläuft. Wenn bei dieser

Ausgestaltung der zulässige Überstromwert **12S** unter den Voreinstellwert I_{50} absinkt, wie er durch die Untergrenzeinstelleinheit **32A** vorgegeben wird, wird die Sperrdiode **32B** leitend, so daß der zulässige Überstromwert **12S** erhöht wird bis zu einem Pegel oberhalb des Stroms I_{50} .

[0030] **Fig. 7** ist eine graphische Darstellung der Kennlinie des zulässigen Überstroms der dritten Ausführungsform der in **Fig. 6** dargestellten erfindungsgemäßen Gasverknappungs-Schutzschaltung. Im Niedriglastbereich, in welchem der Ausgangsstrom I_{FC} des Brennstoffzellenstapels **1** auf einen Wert von unter 50% des Nennstroms abgesunken ist, wird der zulässige Überstromwert **12S** durch die Wirkung des Untergrenzeinstellabschnitts **32** auf einem konstanten Pegel I_{50} gehalten, und man erhält eine Funktion dahingehend, daß der Überschuß ΔI_{fc} des zulässigen Überstromwerts derart erhöht wird, daß die Abnahme des Ausgangsstroms I_{FC} des Brennstoffzellenstapels **1** versetzt wird. Das Regeln des Brenngaszufuhrsystems derart, daß es Brenngas in einem Maß zu liefern vermag, welches einem konstanten Pegel von 50% der Last entspricht, in einem Niedriglastbereich, in welchem die Last nicht 50% des Nennstroms übersteigt, bedeutet einen Betrieb der Brennstoffzellen-Energieerzeugungsanlage in einem stationären Betrieb mit einer Toleranz oder einem Überschuß in der Brennstoffzufuhr, welcher dem Überschuß ΔI_{fc} des zulässigen Überstromwerts entspricht. Beispielsweise kann das Brenngaszufuhrsystem derart gesteuert werden, daß ein Strom des Roh-Brenngases eingestellt wird, das heißt indem ein Roh-Brennstoffsteuerventil (nicht gezeigt) zwischen einer Roh-Brennstoffquelle (nicht gezeigt) und einem Reformer (nicht gezeigt), der an die Brennstoffzelle angeschlossen ist, nach Maßgabe eines Signals geöffnet oder geschlossen wird, welches einen Aktuator betätigt, um das Roh-Brennstoffsteuerventil seitens einer Steuerung zu betätigen, die zum Beispiel als Rechner ausgebildet ist. Wenn während des Betriebs in diesem Zustand der Wechselrichter eine plötzliche Zunahme des Ausgangsstroms aus dem Brennstoffzellenstapel **1** anfordert, kann der Brennstoffzellenstapel **1** auf eine solche Anforderung verzögerungsfrei und ohne Verursachung einer Gasverknappung ansprechen. Dies verhindert eine Gasverknappung und eine Abnahme der Leistungsfähigkeit der Brennstoffzelle, die sonst möglicherweise stattfinden würde in einem herkömmlichen Brennstoffzellen-Energieerzeugungssystem mit einer herkömmlichen Gasverknappungs-Schutzschaltung dann, wenn eine plötzliche Zunahme des Ausgangsstroms im Niedriglastbetrieb angefordert würde. Für einen Überstrom, der den zulässigen Überstromwert I_{50} übersteigt, entfaltet die erfindungsgemäße Gasverknappungs-Schutzschaltung eine Schutzwirkung gegen den Überstrom durch Verringerung des Ausgangsstroms der Brennstoffzelle, so daß das Auftreten einer Gasverknappung innerhalb des Brennstoffzellenstapels **1** vermieden wird.

[0031] Wie oben beschrieben, enthält die Gasverknappungs-Schutzschaltung in einer Brennstoffzellen-Energieerzeugungsanlage, deren Ausgang mit Hilfe einer Konstantspannungsregelschaltung auf eine konstante Spannung eingeregelt wird, eine Gasverknappungs-Steuereinheit, wobei ein Ausgangs-Überstromwert eingestellt wird, und eine Überstrombegrenzungseinheit, die bei Erhalt eines den voreingestellten Überstromwert entsprechenden Signals arbeitet. Folglich ist es möglich, eine Schutzwirkung gegen einen Überstrom zu erreichen, auf der Grundlage des voreingestellten Überstromwerts, der von der Gasverknappungs-Schutzschaltung ausgegeben wird, ausgehend von einem Brennstoffnutzkoeffizienten, der um einen gewissen fixen Betrag höher ist als ein Standardwert, und einem Ausgangsstrom der Brennstoffzelle. Folglich läßt sich ein Überstrom, der aufgrund einer plötzlichen Lastzunahme während des stationären Betriebs auftritt, auf einen Wert reduzieren, der unterhalb des voreingestellten Überstromwerts liegt, und gleichzeitig läßt sich der Brennstoffnutzkoeffizient auf einen Pegel herabdrücken, der nicht höher ist als ein Wert, welcher seinerseits um einen fixen Betrag über einem Standardwert liegt, der dem voreingestellten Überstromwert entspricht. Deshalb kann die erfindungsgemäße Gasverknappungs-Schutzschaltung nicht nur die Gasverknappung und die Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit der Brennstoffzelle aufgrund der Gasverknappung verhindern, die ansonsten bei der herkömmlichen Ausgestaltung aufträte, sondern es ist auch möglich, einen Beitrag zur Erhöhung der Lebensdauer der Brennstoffzelle zu leisten.

[0032] Die Schaffung eines Obergrenzeinstellabschnitts zum Einstellen einer Obergrenze für den voreingestellten Überstrom für die Gasverknappungs-Schutzeinrichtung ermöglicht einen Schutz gegen einen Überstrom beispielsweise in Form eines Kurzschlußstroms in einem Bereich hoher Lasten. Die Schaffung einer Untergrenzeinstelleinheit zum Einstellen einer Untergrenze für den voreingestellten Überstromwert eliminiert eine Gasverknappung, die möglicherweise bei einer plötzlichen Zunahme der Last im Niedriglastbereich auftritt, und verbessert außerdem das Folgeverhalten, mit dem die Brennstoffzelle auf eine plötzliche Lasterhöhung anspricht.

Patentansprüche

1. Brennstoffzellen-Energieerzeugungsanlage, mit
einer Brennstoffzelle (**1**),
einem Leistungsumformer (**2**), der an den Ausgang der Brennstoffzelle (**1**) angeschlossen ist,
einer Konstantspannungsregelschaltung (**3**) mit einer Konstantspannungsstelleinheit (**3A**), welche eine Spannung voreinstellt, wobei die Konstantspannungsregelschaltung (**3**) eine Abweichung einer Ausgangsspannung des Leistungsumformers (**2**) von der von der Konstantspannungsstelleinheit (**3A**) vorein-

gestellten Spannung verstärkt, und einer Gasverknappungs-Schutzschaltung (10), die an die Spannungsstelleinheit (3A) angeschlossen ist, und die eine Gasverknappungs-Schutzeinheit (11) und eine Überstrombegrenzungseinheit (15) aufweist, wobei die Gasverknappungs-Schutzeinheit (11) einen Berechnungsabschnitt (12) für einen zulässigen Überstromwert, der einen zulässigen Überstromwert basierend auf einem Brennstoffnutzkoeffizienten, der um einen fixen Betrag über einem Standard-Brennstoffnutzkoeffizienten liegt, und einen Ausgangsstrom der Brennstoffzelle (1) berechnet, um dadurch einen früheren Wert zu erneuern, und einen Ansprechgeschwindigkeitssteuerabschnitt (13), der eine Übergangsschwankung aus dem von dem Berechnungsabschnitt berechneten zulässigen Überstromwert beseitigt und einen vorinzustellenden Überstromwert ausgibt, aufweist, und die Überstrombegrenzungseinheit (15), ein Signal (15S) zum Anweisen der Verringerung der von der Konstantspannungsstelleinheit (3A) voreingestellten Spannung für die Konstantspannungsregelschaltung (3) ausgibt, wenn der Ausgangsstrom der Brennstoffzelle (1) den voreingestellten Überstromwert übersteigt.

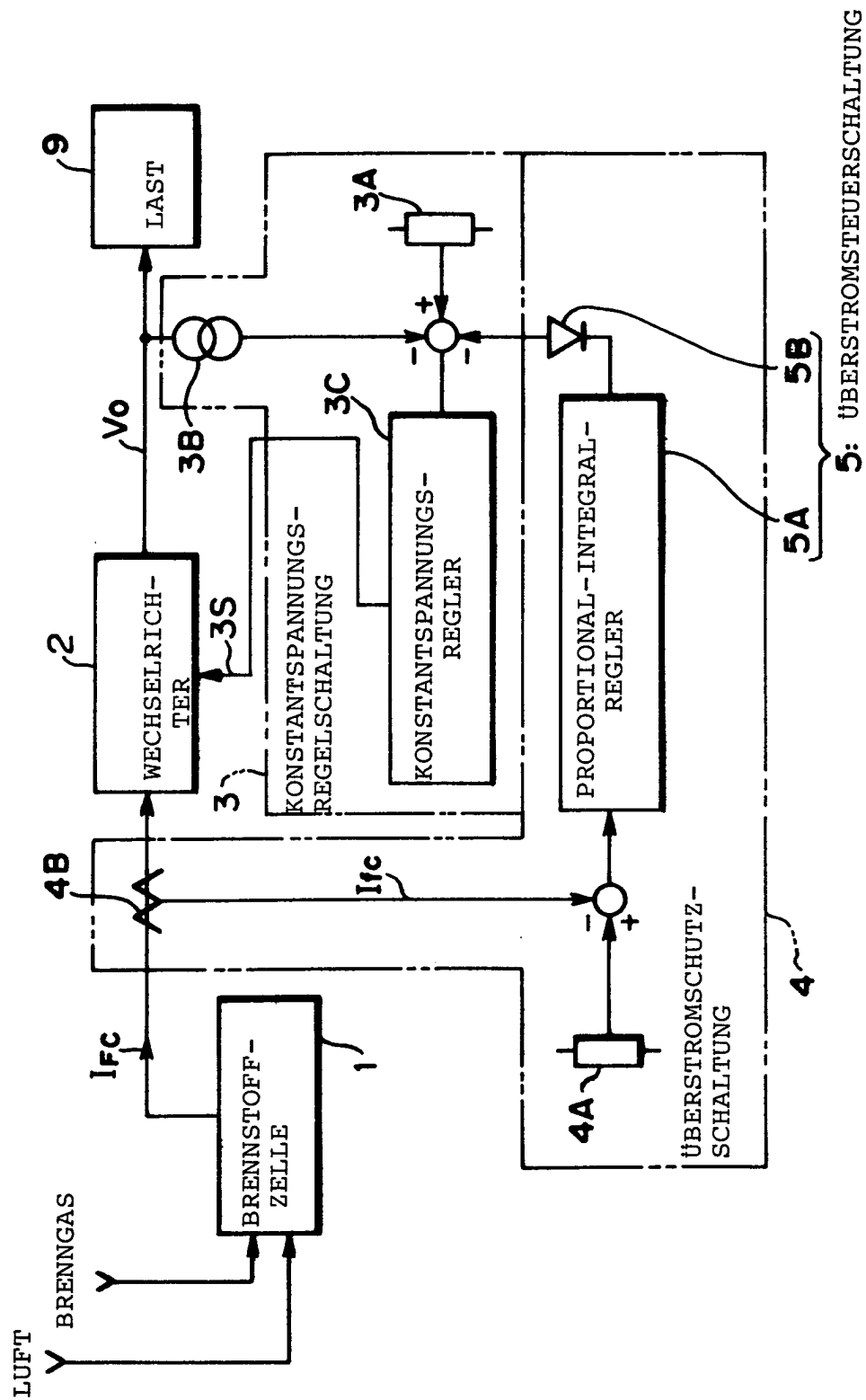
2. Anlage nach Anspruch 1, bei der die Überstrombegrenzungseinheit (15) außerdem einen Proportional-Integral-Regler (15A) aufweist, der eine Abweichung des Ausgangsstroms von dem voreingestellten Überstromwert aus der Gasverknappungs-Schutzeinheit (11) verstärkt, und eine Spannungs-Sperrdiode (15B), die derart geschaltet ist, daß ihre Durchlaßrichtung der Richtung von der Konstantspannungsregelschaltung (3) zu einem Ausgang des Proportional-Integral-Reglers (15A) entspricht.

3. Anlage nach Anspruch 1, bei der der Berechnungsabschnitt (12) für einen zulässigen Überstromwert eine Überschüßeinstelleinheit (12A) und einen an die Brennstoffzelle (1) angeschlossenen Addierer (12B) aufweist, wobei der Berechnungsabschnitt (12) einen zulässigen Überstrom berechnet, bei dem es sich um die Summe eines festgestellten Werts des Ausgangsstroms der Brennstoffzelle (1) als einen Stromwert bei einem Standard-Brennstoffnutzkoeffizienten einerseits und einem fixen Stromwert entsprechend einem Überschuß eines Brennstoff nutzkoeffizienten, andererseits handelt, und die Gasverknappungs-Schutzeinheit (11) weiter einen Obergrenzensteuerabschnitt (22) mit einer Obergrenzeinstelleinheit (22A), die eine Obergrenze für den zulässigen Überstromwert einstellt, und eine Sperrdiode (22B) aufweist, wobei der Obergrenzensteuerabschnitt (22) den zulässigen Überstromwert auf einen Pegel herabdrückt, welcher einen Strom,

der einem Nennstrom der Brennstoffzelle (1) entspricht, nicht übersteigt.

4. Anlage nach Anspruch 3, bei der die Gasverknappungs-Schutzeinheit einen Untergrenzensteuerabschnitt (32), der eine Untergrenze für den zulässigen Überstromwert einstellt, der eine Untergrenzeinstelleinheit (32A), die eine untere Grenze für den zulässigen Stromwert entsprechend 50% des Nennstroms der Brennstoffzelle (1) einstellt, und eine Sperrdiode (32B), welche an die Untergrenzeinstelleinheit (32A) und an den Berechnungsabschnitt (12) für einen zulässigen Stromwert derart angeschlossen ist, daß ihre Durchlaßrichtung der Richtung von der Untergrenzeinstelleinheit (32A) zu einem Ausgang des Berechnungsabschnitts (12) zum Berechnen eines zulässigen Überstromwerts entspricht, aufweist.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

**FIG. 1**

(STAND DER TECHNIK)

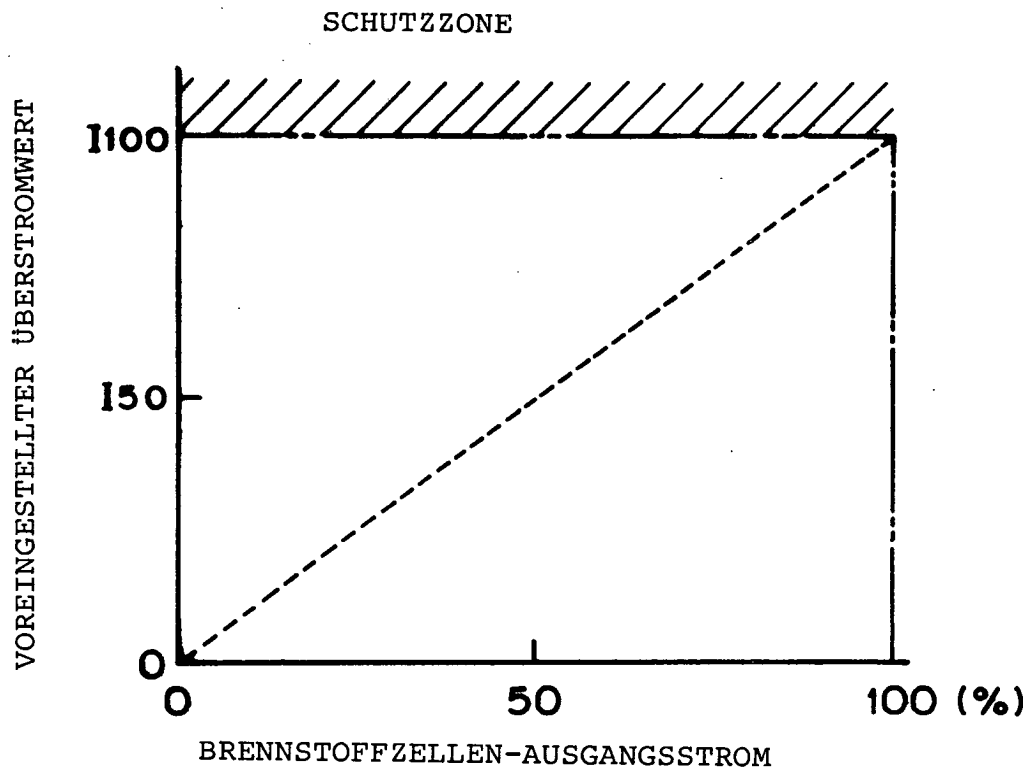


FIG. 2
(STAND DER TECHNIK)

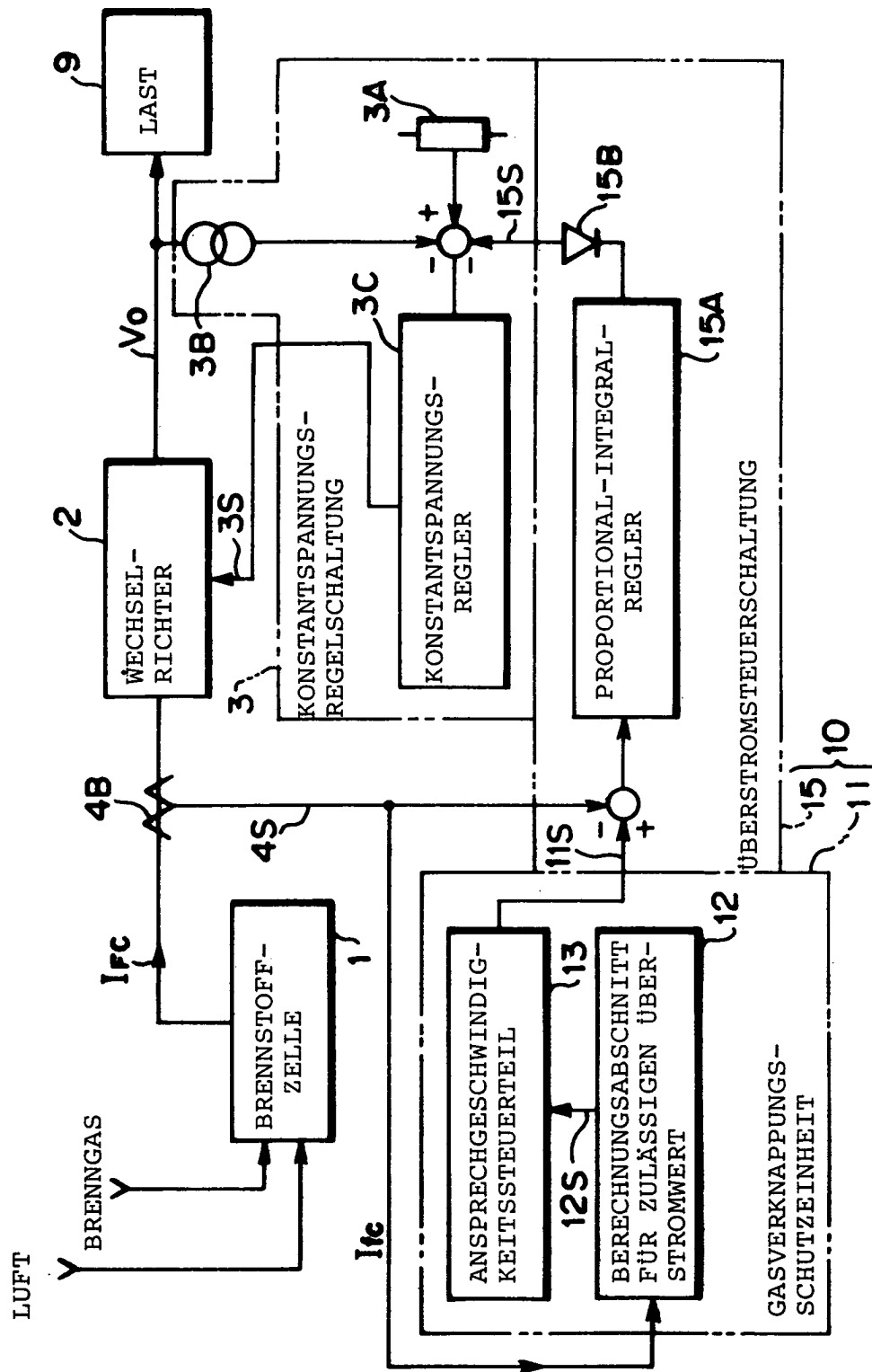


FIG. 3

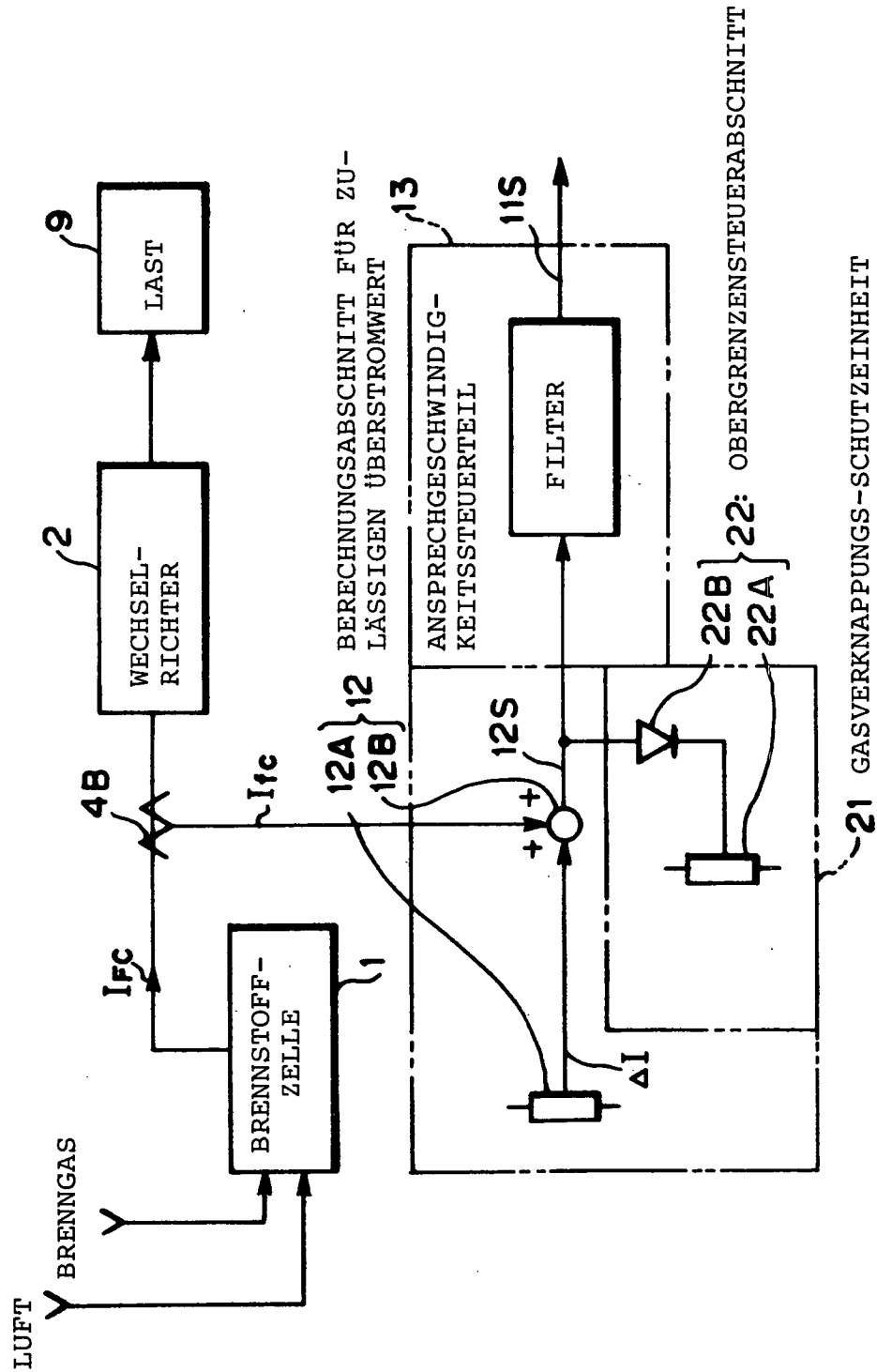


FIG. 4

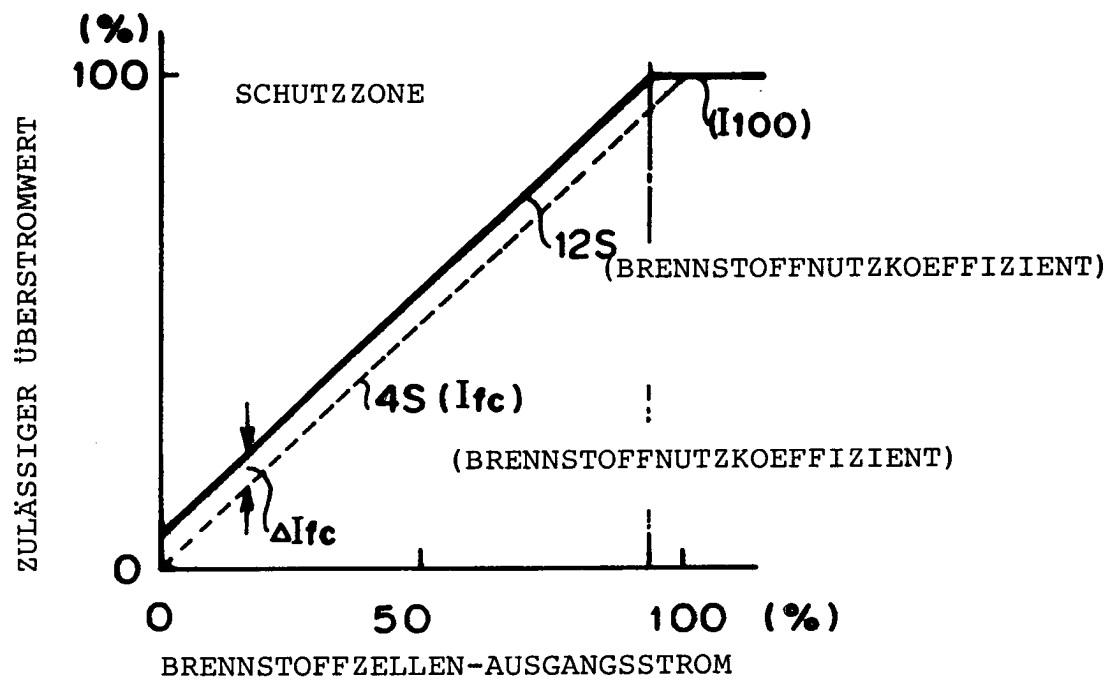


FIG.5

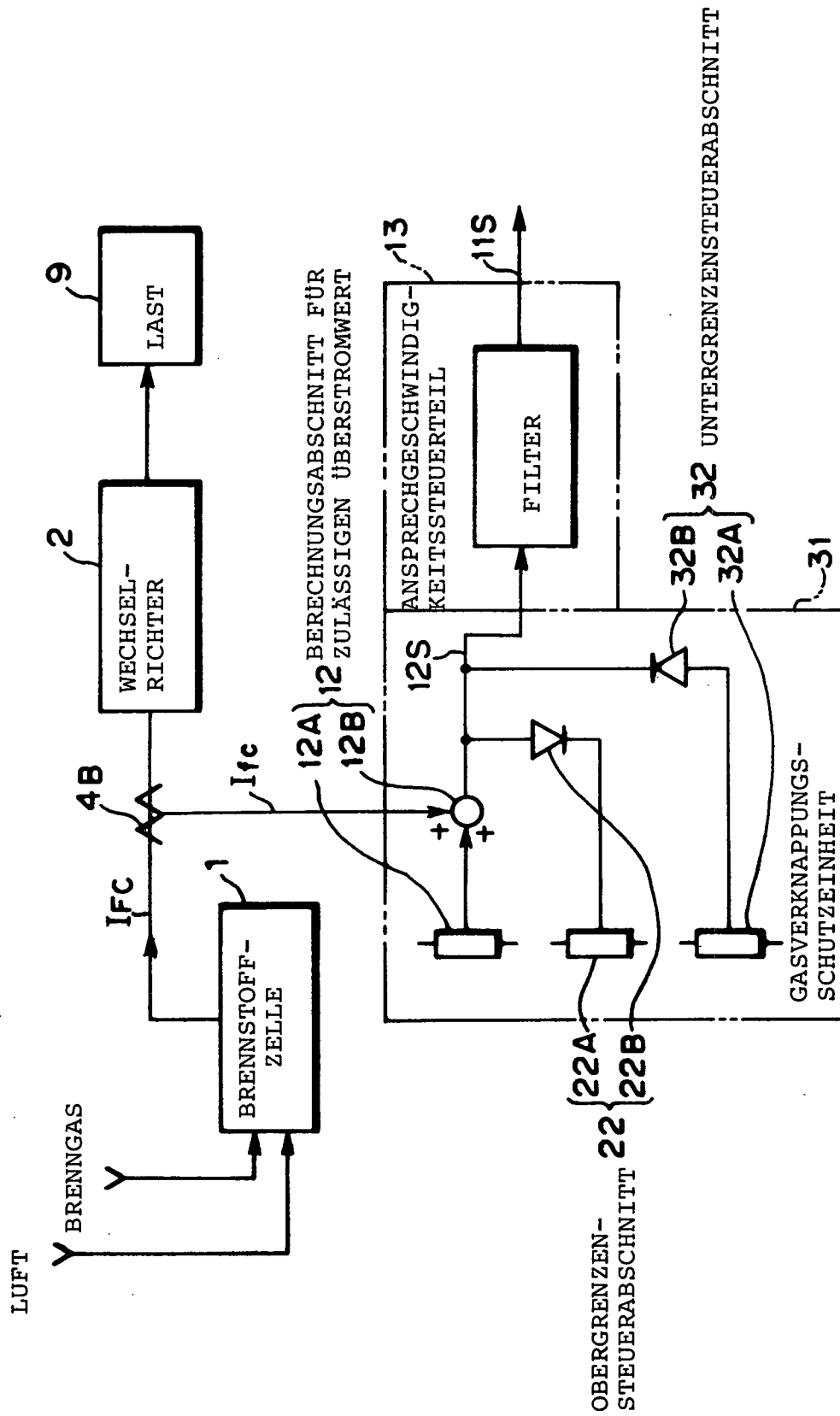


FIG. 6

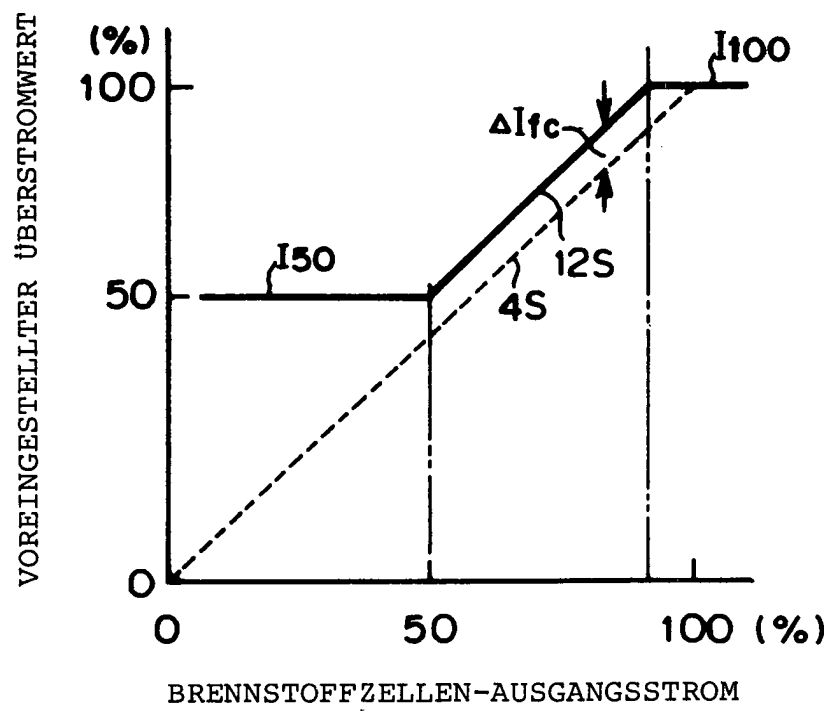


FIG. 7