



(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 048 253.6**

(22) Anmeldetag: **12.10.2010**

(43) Offenlegungstag: **16.06.2011**

(51) Int Cl.: **H01M 8/04 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:

12/580,863 **16.10.2009** **US**

(71) Anmelder:

GM Global Technology Operations LLC, (n. d.
Ges. d. Staates Delaware), **Detroit, Mich., US**

(74) Vertreter:

Manitz, Finsterwald & Partner GbR, **80336**
München

(72) Erfinder:

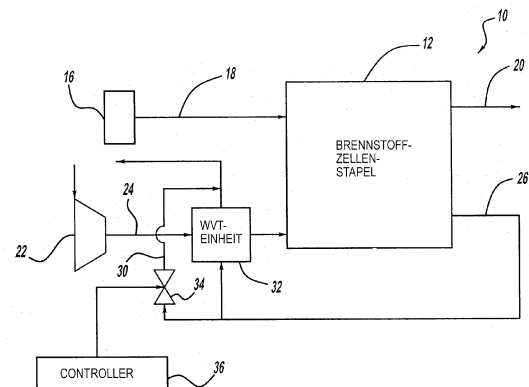
Folmsbee, Daniel T., Victor, N.Y., US;
Lakshmanan, Balasubramanian, Pittford, N.Y., US;
Salvador, John P., Penfield, N.Y., US; Machuca,
Joe C., Rochester, N.Y., US; Krause, Bernd, 65835
Liederbach, DE; Savage, David R., Webster, N.Y.,
US; Arthur, David A., Honeoye Falls, N.Y., US;
Lebzelter, Derek R., Fairport, N.Y., US

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vor-Ort-Rekonditionierung von Brennstoffzellenstapeln**

(57) Zusammenfassung: Verfahren zur Rekonditionierung eines Brennstoffzellenstapels. Das Verfahren umfasst, dass das Niveau der relativen Feuchte der Kathodeneingangsluftströmung zu dem Stapel periodisch erhöht wird, um die Zellenmembranelektrodenanordnungen auf Niveaus zu sättigen, die größer als die Niveaus der relativen Feuchte während normaler Stapelbetriebsbedingungen sind. Das Verfahren umfasst auch, dass Wasserstoff an die Anodenseite des Brennstoffzellenstapels bei Systemabschaltung geliefert wird, während die Membranelektrodenanordnungen gesättigt sind, ohne dass Stapellasten angelegt sind, so dass der Wasserstoff die Zellenmembranen zu der Kathodenseite durchquert und mit Sauerstoff reagiert, um Stapelschmutzstoffe zu reduzieren.



Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

1. Gebiet der Erfindung

[0001] Diese Erfindung betrifft allgemein ein System und Verfahren zum Rekonditionieren eines Brennstoffzellenstapels und insbesondere ein System und Verfahren zum Rekonditionieren eines Brennstoffzellenstapels, das umfasst, dass das Befeuchtungsniveau der Kathodenseite des Stapels erhöht wird, um die Zellenmembranen zu hydratisieren, und Wasserstoff an die Anodenseite des Brennstoffzellenstapels bei Systemabschaltung, ohne dass Stapellasten angelegt sind, geliefert wird, so dass der Wasserstoff die Membranen zu der Kathodenseite durchquert und mit Sauerstoff reagiert, um Schmutzstoffe zu reduzieren.

2. Diskussion der verwandten Technik

[0002] Wasserstoff ist ein sehr attraktiver Brennstoff, da er rein ist und dazu verwendet werden kann, effizient Elektrizität in einer Brennstoffzelle zu erzeugen. Eine Wasserstoff-Brennstoffzelle ist eine elektrochemische Vorrichtung, die eine Anode und eine Kathode mit einem Elektrolyt dazwischen aufweist. Die Anode nimmt Wasserstoffgas auf, und die Kathode nimmt Sauerstoff oder Luft auf. Das Wasserstoffgas wird an dem Anodenkatalysator aufgespalten, um freie Protonen und Elektronen zu erzeugen. Die Protonen gelangen durch den Elektrolyt zu der Kathode. Die Protonen reagieren mit dem Sauerstoff und den Elektronen an dem Kathodenkatalysator, um Wasser zu erzeugen. Die Elektronen von der Anode können nicht durch den Elektrolyt gelangen und werden somit durch eine Last geführt, in der sie Arbeit verrichten, bevor sie an die Kathode geliefert werden.

[0003] Protonenaustauschmembran-Brennstoffzellen (PEMFC) stellen eine populäre Brennstoffzelle für Fahrzeuge dar. Die PEMFC weist allgemein eine protonenleitende Festpolymerelektrolytmembran auf, wie eine Perfluorsulfonsäuremembran. Die Anode und Kathode weisen typischerweise, jedoch nicht stets, fein geteilte katalytische Partikel auf, gewöhnlich einen hoch aktiven Katalysator, wie Platin (Pt), der typischerweise auf Kohlenstoffpartikeln geträgert und mit einem Ionomer gemischt ist. Die katalytische Mischung wird auf entgegengesetzten Seiten der Membran aufgetragen. Die Kombination der katalytischen Anodenmischung, der katalytischen Kathodenmischung und der Membran definiert eine Membranelektrodenanordnung (MEA). MEAs sind relativ teuer herzustellen und erfordern bestimmte Bedingungen für einen effektiven Betrieb.

[0004] Typischerweise werden mehrere Brennstoffzellen in einem Brennstoffzellenstapel kombiniert, um

die gewünschte Leistung zu erzeugen. Beispielsweise kann ein typischer Brennstoffzellenstapel für ein Fahrzeug zweihundert oder mehr gestapelte Brennstoffzellen aufweisen. Der Brennstoffzellenstapel nimmt ein Kathodeneingangsgas, typischerweise eine Luftströmung auf, die durch den Stapel über einen Verdichter bzw. Kompressor getrieben wird. Es wird nicht der gesamte Sauerstoff von dem Stapel verbraucht, und ein Teil der Luft wird als ein Kathodenabgas ausgegeben, das Wasser als ein Stapelnebenprodukt enthalten kann. Der Brennstoffzellenstapel nimmt auch ein Anodenwasserstoffeingangsgas auf, das in die Anodenseite des Stapels strömt.

[0005] Der Brennstoffzellenstapel weist eine Serie von bipolaren Platten auf, die zwischen den verschiedenen MEAs in dem Stapel positioniert sind, wobei die bipolaren Platten und die MEAs zwischen zwei Endplatten positioniert sind. Die bipolaren Platten weisen eine Anodenseite und eine Kathodenseite für benachbarte Brennstoffzellen in dem Stapel auf. An der Anodenseite der bipolaren Platten sind Anodengasströmungsfelder vorgesehen, die ermöglichen, dass das Anodenreaktandengas an die jeweilige MEA strömen kann. An der Kathodenseite der bipolaren Platten sind Kathodengasströmungsfelder vorgesehen, die ermöglichen, dass das Kathodenreaktandengas an die jeweilige MEA strömen kann. Eine Endplatte weist Anodengasströmungskanäle auf, und die andere Endplatte weist Kathodengasströmungskanäle auf. Die bipolaren Platten und Endplatten bestehen aus einem leitenden Material, wie rostfreiem Stahl oder einem leitenden Komposit bzw. Verbundmaterial. Die Endplatten leiten die von den Brennstoffzellen erzeugte Elektrizität aus dem Stapel heraus. Die bipolaren Platten weisen auch Strömungskanäle auf, durch die ein Kühlfluid strömt.

[0006] Die Membran in einer Brennstoffzelle muss einen ausreichenden Wassergehalt besitzen, so dass der Innenwiderstand über die Membran niedrig genug ist, um effektiv Protonen zu leiten. Eine Membranbefeuchtung kann von dem Stapelwasser-Nebenprodukt oder externer Befeuchtung stammen. Die Strömung von Reaktanden durch die Strömungskanäle des Stapels besitzt eine Trocknungswirkung auf die Zellenmembranen, am deutlichsten an einem Einlass der Reaktandenströmung. Jedoch kann die Ansammlung von Wassertröpfchen in den Strömungskanälen ein Hindurchströmen von Reaktanden verhindern und kann bewirken, dass die Zelle aufgrund geringer Reaktandengasströmung ausfällt, wodurch die Stapelstabilität beeinträchtigt wird. Die Ansammlung von Wasser in den Reaktandengasströmungskanälen wie auch innerhalb der Gasdiffusionsschicht (GDL) ist bei geringen Stapelausgangslasten besonders problematisch.

[0007] Wie oben erwähnt ist, wird Wasser als ein Nebenprodukt des Stapelbetriebs erzeugt. Daher ent-

hält das Kathodenabgas von dem Stapel typischerweise Wasserdampf und flüssiges Wasser. In der Technik ist es bekannt, eine Wasserdampfübertragungs-(WVT-)Einheit zu verwenden, um einen Teil des Wassers in dem Kathodenabgas abzufangen und das Wasser zur Befeuchtung der Kathodeneingangsluftströmung zu verwenden. Wasser in dem Kathodenabgas auf einer Seite der Wasserübertragungselemente, wie der Membranen, wird durch die Wasserübertragungselemente absorbiert und an den Kathodenluftstrom an der anderen Seite der Wasserübertragungselemente übertragen.

[0008] In einem Brennstoffzellensystem existiert eine Anzahl von Mechanismen, die einen permanenten Verlust an Stapelleistung bewirken, wie einen Verlust an Katalysatoraktivität, eine Katalysatorträgerkorrosion sowie Stifflöcherbildung in den Zellenmembranen. Jedoch existieren andere Mechanismen, die Stapelspannungsverluste bewirken können, die im Wesentlichen reversibel sind, wie die Austrocknung von Zellenmembranen, die Katalysatoroxidbildung sowie der Aufbau von Schmutzstoffen an sowohl der Anodenseite als auch Kathodenseite des Stapels. Daher existiert ein Bedarf in der Technik, die Oxidbildungen sowie den Aufbau von Schmutzstoffen zu beseitigen, wie auch die Zellenmembrane zu rehydratisieren, um Verluste in der Zellenspannung in einem Brennstoffzellenstapel rückzugewinnen.

[0009] Ein feuchter Betrieb, d. h. ein Betrieb mit einem hohen Betrag an Befeuchtung, ist zur Systembefeuchtung, zur Leistungsfähigkeit wie auch Schmutzstoffentfernung erwünscht. Jedoch existieren verschiedene Gründe, einen Brennstoffzellenstapel mit einer geringeren Menge an Befeuchtung zu betreiben, auch bekannt als trockene Bedingungen. Beispielsweise kann ein feuchter Betrieb zu Problemen der Brennstoffzellenstabilität aufgrund eines Wasseraufbaus führen und kann auch eine Anodenverarmung bewirken, was in Kohlenstoffkorrosion resultiert. Zusätzlich kann ein feuchter Betrieb bei Gefrierbedingungen aufgrund eines Gefrierens von flüssigem Wasser an verschiedenen Stellen in dem Brennstoffzellenstapel problematisch sein. Daher besteht ein Bedarf in der Technik nach Systemen, die in Bezug auf nicht feuchte Betriebsbedingungen optimiert worden sind.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0010] Gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Rekonditionieren eines Brennstoffzellenstapels offenbart. Das Verfahren umfasst, dass das Niveau der relativen Feuchte der Kathodeneingangsluftströmung zu dem Stapel periodisch erhöht wird, um die Zellenmembranelektrodenanordnungen auf Niveaus zu sättigen, die größer als die Niveaus an relativer Feuchte während normaler Stapelbetriebsbedingungen sind. Das Verfahren

umfasst auch, dass Wasserstoff an die Anodenseite des Brennstoffzellenstapels bei Systemabschaltung geliefert wird, während die Membranelektrodenanordnungen gesättigt sind, ohne dass Stapellasten angelegt sind, so dass der Wasserstoff die Zellenmembranen zu der Kathodenseite durchquert und mit Sauerstoff reagiert, um Stapelschmutzstoffe zu reduzieren.

[0011] Zusätzliche Merkmale der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung und den angefügten Ansprüchen in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen offensichtlich.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0012] **Fig. 1** ist ein schematisches Blockschaubild eines Brennstoffzellensystems; und

[0013] **Fig. 2** ist ein Flussdiagramm, das ein Verfahren zum Beseitigen einer Oxidation und eines Schmutzstoffaufbaus in einem Brennstoffzellenstapel zeigt.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0014] Die folgende Diskussion der Ausführungsformen der Erfindung, die auf ein System und ein Verfahren zum Rekonditionieren eines Brennstoffzellenstapels, um eine Stapelspannung rückzugewinnen, gerichtet ist, ist lediglich beispielhafter Natur und in keiner Weise dazu bestimmt, die Erfindung, ihre Anwendung bzw. ihren Gebrauch zu beschränken.

[0015] **Fig. 1** ist ein schematisches Blockschaubild eines Brennstoffzellensystems **10**, das einen Brennstoffzellenstapel **12** aufweist. Der Brennstoffzellenstapel **12** nimmt Wasserstoff von einer Wasserstoffquelle **16** auf einer Anodeneingangsleitung **18** auf und liefert ein Anodenabgas auf Leitung **20**. Ein Kompressor **22** liefert eine Luftströmung an die Kathodenseite des Brennstoffzellenstapels **12** auf einer Kathodeneingangsleitung **14** durch eine Wasserdampfübertragungs-(WVT-)Einheit **32**, die die Kathodeneingangsluft befeuchtet. Die WVT-Einheit **32** wird bei dieser Ausführungsform als ein nicht beschränkendes Beispiel verwendet, wobei andere Typen von Befeuchtungsvorrichtungen zur Befeuchtung der Kathodeneinlassluft anwendbar sind, wie Enthalpieräder, Verdampfer, etc. ein Kathodenabgas wird von dem Stapel **12** auf einer Kathodenabgasleitung **26** ausgegeben. Die Abgasleitung **26** lenkt das Kathodenabgas an die WVT-Einheit **32**, um die Feuchte zur Befeuchtung der Kathodeneingangsluft bereitzustellen. Eine Bypassleitung **30** ist um die WVT-Einheit **32** herum vorgesehen, um einen Teil oder das gesamte Kathodenabgas um die WVT-Einheit **32** in Übereinstimmung mit der Diskussion hier herum zu lenken. Bei einer alternativen Ausführungsform kann die Bypass-

leitung ein Einlassbypass sein. Ein Bypassventil **34** ist in der Bypassleitung **30** vorgesehen und wird so gesteuert, dass das Kathodenabgas durch oder um die WVT-Einheit **32** selektiv umgelenkt wird, um den gewünschten Betrag an Feuchte für die Kathodeneingangsluft bereitzustellen.

[0016] Ein Controller **36** steuert, ob das Bypassventil **34** geöffnet oder geschlossen ist, und wie weit das Bypassventil **34** geöffnet ist. Durch Steuerung des Bypassventils **34** kann der Controller **36** bestimmen, wie viel Kathodenabgas durch die WVT-Einheit **32** gelenkt wird, und somit, wie viel Wasser von dem Kathodenabgas dazu verwendet wird, die Kathodeneingangsluft zu befeuchten.

[0017] Eine Kathodenauslassbefeuchtung ist eine Funktion von Stapelbetriebsbedingungen, einschließlich einer relativen Einlassfeuchte von Kathode und Anode, einer Kathoden- und Anodenstöchiometrie, Druck und Temperatur. Während der Rekonditionierung, wie nachfolgend beschrieben ist, ist es erwünscht, das Befeuchtungsniveau der Membranen zu erhöhen. Dies wird typischerweise durch Erhöhen der relativen Feuchte des Kathodenauslasses erreicht. Bei dieser Ausführungsform wird das Bypassventil **34** während der Stapelrekonditionierung gesteuert, um das Befeuchtungsniveau der Kathodeneinlassluft zu erhöhen. Die Sollwerte des Stapelbetriebszustandes werden dann manipuliert, um die relative Feuchte des Kathodenauslasses auf den Sollwert weiter anzuheben, wie es in der Technik bekannt ist. Beispiele umfassen eine Reduzierung der Stapeltemperatur oder eine Reduzierung der Kathodenstöchiometrie.

[0018] Der Brennstoffzellenstapel **12** kann relativ trocken betrieben werden, wie mit einer relativen Feuchte des Kathodeneinlasses und des Abgases, die kleiner als 100% ist. Ein derartiger trockener Stapelbetrieb über verlängerte Zeitperioden könnte zu dem Austrocknen der Komponenten in dem Stapel **12** führen, wie den Zellenmembranen sowie den MEA-Katalysatorschichten. Das Austrocknen des Stapels **12** ist unter Niedrigleistungsbetrieb wahrscheinlicher, wenn die durch den Brennstoffzellenstapel **12** erzeugte Menge an Wasser gering ist, ist jedoch unter hoher Leistung deutlicher. Zusätzlich führt der Betrieb unter geringer Leistung und hohen Zellenspannungen zu einer höheren Rate an Oxidbildung an dem Katalysator, insbesondere, wenn ein Edelmetallkatalysator verwendet wird.

[0019] Wie nachfolgend diskutiert ist, stellt die vorliegende Erfindung eine Stapelkonditionierung bereit, um Schmutzstoffe aus dem Inneren des Stapels **12** zu beseitigen, wie Sulphate und Chloride, die die Stapelleistung beeinträchtigen. Während der Stapelrekonditionierung wird der Brennstoffzellenstapel **12** unter feuchten Bedingungen bei halb regelmäßigen

Intervallen betrieben. Durch relativ feuchten Betrieb des Stapels gehen verschiedene Ionen und andere Moleküle in dem Stapel **12** in Lösung und können durch eine Wasserströmung durch die Reaktandengasströmungskanäle besser ausgetrieben werden. Derartige feuchte Bedingungen können beispielsweise oberhalb einer relativen Feuchte von 110% bei hohen Stromdichten liegen, obwohl auch andere Prozentsätze der relativen Feuchte verwendet werden können. Das Brennstoffzellensystem wird abgeschaltet, während diese feuchten Bedingungen aufrechterhalten werden. Unmittelbar nach Abschaltung des Brennstoffzellensystems **10** wird der kathodenseitige Katalysator mit Wasserstoff und einem Gemisch anderer Gase, wie Stickstoff und Wasserdampf, bedeckt. Diese Vorgehensweise ist nachfolgend detaillierter beschrieben.

[0020] Fig. 2 ist ein Flussdiagramm **40**, das Schritte zum Rekonditionieren des Brennstoffzellenstapels **12** zeigt, wodurch eine Rückgewinnung der Spannung des Brennstoffzellenstapels **12** ermöglicht wird. Ein Systemstart ist der erste Schritt bei Kasten **42**. An der Entscheidungsraute **44** bestimmt der Controller **36**, ob eine Rekonditionierung des Brennstoffzellenstapels **12** notwendig ist. Mit der vorliegenden Erfindung ist jeder geeignete Algorithmus oder jede geeignete Vorrichtung vorstellbar, der/die die Beeinträchtigung von Stapelschmutzstoffen detektieren kann, die eine Stapelrekonditionierung erfordern können, wie geringe Spannungen, geringe Feuchteniveaus, geringe Stapelleistung, etc. Wenn der Controller **36** an der Entscheidungsraute **44** bestimmt, dass keine Rekonditionierung des Brennstoffzellenstapels **12** notwendig ist, aktiviert der Controller **36** dann nicht die Rekonditionierungsvorgehensweise und das Brennstoffzellensystem **10** arbeitet bei Kasten **46** unter normalen Betriebsbedingungen.

[0021] Wenn jedoch der Controller **36** an der Entscheidungsraute **44** bestimmt, dass eine Rekonditionierung des Brennstoffzellenstapels **12** notwendig ist, dann wird die Vorgehensweise zur Rekonditionierung des Stapels **12** ausgelöst. Die Steuerungen und Kalibrierungen, die zur Ausführung der Rekonditionierungsvorgehensweise notwendig sind, sind in der Software des Controllers **36** eingebettet. Der Controller **36** modifiziert bei Kasten **48** die Betriebsbedingungen so, dass das Kathodenabgas auf der Leitung **26** unter feuchteren Bedingungen betrieben wird, als unter normalen Betriebsbedingungen stattfinden würde. Ein Beispiel derartiger feuchter Bedingungen ist eine relative Feuchte des Kathodenabgases auf der Leitung **26**, die abhängig von den Geschwindigkeiten der Anoden- und Kathodengase bei einer relativen Feuchte über 100% liegt. Wenn die Gasgeschwindigkeit gering ist, kann die normale relative Auslassfeuchte auf der Leitung **26** beibehalten werden. Jedoch sei dem Fachmann angemerkt, dass feuchte Bedingungen, die eine andere relative Auslassfeuch-

te darstellen, sowie abweichende Gasgeschwindigkeiten verwendet werden können.

[0022] Als Nächstes wartet der Controller **36** bei Kasten **50** auf eine Sättigung der Zellen-MEAs auf das gewünschte Niveau der relativen Feuchte. Eine Flutung des Brennstoffzellenstapels mit flüssigem Wasser während der Sättigung bei Kasten **50** auf entweder der Anoden- oder der Kathodenseite kann durch aktives Steuern von Ablass-, Ablauf- und anderen Systemventilen reguliert werden oder kann durch Erhöhen der Kathodenstöchiometrie reguliert werden. Ein Beispiel zum Vermeiden eines Flutens des Stapels besteht darin, den Stapel bei einer höheren Stromdichte zu betreiben, wodurch höhere Kathoden- und Anodengeschwindigkeiten verwendet werden. Jedoch erkennt der Fachmann, dass andere Wege, um ein Fluten zu verhindern, existieren.

[0023] Beispielsweise kann die Zeitdauer, die notwendig ist, um die Zellen-MEAs auf das gewünschte Feuchteniveau zu sättigen, eine Zeitdauer oberhalb 20 Minuten bei einer Stapelstromdichte im Bereich von 0,4–1 A/cm² sein. Geringere Stromdichten können ebenfalls effektiv sein; jedoch können sie längere Laufzeiten erfordern, als diejenigen bei hoher Stromdichte. Der Fachmann erkennt leicht, dass eine andere Zeitdauer und ein anderer Stromdichtebereich das gewünschte Sättigungsniveau erreichen. Somit ist dieses Beispiel nicht dazu bestimmt, den Schutzzumfang der Erfindung auf irgendeine Weise einzuschränken.

[0024] Sobald die Zellen-MEAs bei dem Kasten **50** auf das gewünschte Feuchteniveau gesättigt sind, löst der Controller **36** bei Kasten **52** eine Kathodenreduktion bei Systemabschaltung aus. Eine Kathodenreduktion erfordert, dass Wasserstoff dazu verwendet wird, die Kathodenseite des Brennstoffzellenstapels **12** zu übernehmen und zu bedecken. Während dieser Vorgehensweise werden keine Austrocknungsspülungen, denen das System normalerweise bei Abschaltung ausgesetzt wäre, verwendet. Durch Beibehaltung von überschüssigem Wasserstoff in der Anodenseite des Stapels **12** bei Systemabschaltung kann der Wasserstoff die Membrane mittels Permeation zu der Kathodenseite, durch Direktinjektion oder eine Kombination daraus durchqueren, um verfügbaren Sauerstoff zu verbrauchen. Durch Verbrauch von Sauerstoff an der Kathodenseite des Stapels **12** unter Verwendung von Wasserstoff werden verschiedene Schmutzstoffe in der Kathodenseite reduziert, wie diejenigen, die an Platinstellen in dem Kathodenkatalysator angebunden sind. Es ist wichtig, das Anlegen von Lasten an den Stapel **12** zu unterlassen, das den Sauerstoffverbrauch während dieses Schritts der Vorgehensweise beschleunigen würde. Somit umfasst der soweit beschriebene Prozess zunächst ein Sättigen der MEAs in den Brennstoffzellen in dem Stapel **12** durch Befeuchtung der Kathodeneinlass-

luft über normale Feuchteniveaus und dann die Beibehaltung dieses Sättigungsniveaus bis zur Systemabschaltung, bei der Wasserstoff in die Anodenseite des Brennstoffzellenstapels **12** unter Bedingungen ohne Last eingeführt wird, um Sauerstoff auf der Kathodenseite zu verbrauchen. Selbstverständlich existieren Beschränkungen dahingehend, wie feucht der Brennstoffzellenstapel **12** nach Systemabschaltung unter bestimmten Betriebsbedingungen, wie Gefrierbedingungen, sein darf.

[0025] Nachdem die Kathodenseite bei dem Kasten **52** ausreichend mit Wasserstoff bedeckt worden ist, wartet der Controller **36** bei Kasten **54** eine Zeitdauer ab, um eine Schmutzstoffentfernung zuzulassen. Beispielfhaft und in keiner Weise dazu bestimmt, den Schutzzumfang der Erfindung zu beschränken, könnte die Zeitdauer, die zur Schmutzstoffentfernung zulässig ist, zwanzig Minuten betragen. Eine zusätzliche Einwirkzeit kann nützlich sein, da mehr Wasserdampf kondensiert, wenn das System abkühlt, was dann zur Entfernung eines größeren Anteils der Schmutzstoffe nützlich ist. Wenn die erforderliche Zeitdauer bei Kasten **56** vor einem Systemstart nicht erfüllt wird, kann der Vorteil nicht vollständig realisiert werden, und es kann notwendig sein, die Vorgehensweise zu wiederholen. Wenn das Brennstoffzellensystem **10** bei Kasten **56** nach einer erfolgreichen Rekonditionierung neu gestartet wird, sollte es unter seinen normalen Betriebsbedingungen funktionieren.

[0026] Die obige Vorgehensweise steigert die Fähigkeit der Brennstoffzellen-MEAs zur Reaktion des Brennstoffs und Oxidationsmittels, da (1) der höhere Anteil von flüssigem Wasser ein Auswaschen der löslichen Schmutzstoffe ermöglicht, (2) das höhere Niveau an Membranelektroden sättigung die Protonenleitfähigkeit der Membran und der Elektrode steigert, (3) die Reduzierung der Spannung unter feuchten Bedingungen zu der Reduzierung in der Oberflächenbedeckung von Sulfat-(HSO₄⁻)-artigen vergiftenden Arten führt, die dann während des nachfolgenden Betriebs ausgewaschen werden, (4) die Reduzierung von Oberflächenoxiden, wie Platinoxid (PtO) und Platinhydroxid (PtOH), was mehr der Edelmetallstellen freilegt, und (5) die nachfolgende Erhöhung des Potentials durch Abwarten der Schmutzstoffentfernung auch hilft, Ethlyenglykol und andere organische Schmutzstoffe wegzubrennen, d. h. zu oxidieren.

[0027] Somit sieht der Prozess zur Rekonditionierung des Brennstoffzellenstapels **12** eine Erhöhung der Zellenspannungsleistung durch Reduzierung von Spannungsverlusten in Verbindung mit Membranwiderstand und Katalysatorschichtleistungsfähigkeit vor. Tests haben gezeigt, dass dieser Vorteil in der Größe von 50 mV pro Zelle liegen kann. Diese Erhöhung kann für hunderte von Stunden anhalten und kann für ein ähnliches Niveau an Rückgewinnung

wiederholt werden. Infolge dieser Erhöhung steigt die Stapellebensdauer, was in einer längeren Betriebslebensdauer für den Brennstoffzellenstapel **12** resultiert. Regelmäßige Intervalle dieser Vorgehensweise resultieren in einem höheren Niveau an maximaler Leistungsfähigkeit und einem größeren Systemwirkungsgrad. Diese Vorgehensweise kann auch dazu dienen, jede Vorrichtung zur Rückbefeuchtung von Kathodenwasser, wie die WVT-Einheit **32**, rückzubeuchten.

[0028] Die vorhergehende Diskussion offenbart und beschreibt lediglich beispielhafte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. Der Fachmann erkennt leicht aus einer derartigen Diskussion und aus den begleitenden Zeichnungen und Ansprüchen, dass verschiedene Änderungen, Abwandlungen und Variationen darin ohne Abweichung von dem Erfindungsgedanken und Schutzzumfang der Erfindung, wie in den folgenden Ansprüchen definiert ist, durchgeführt werden können.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Rekonditionieren eines Brennstoffzellenstapels, wobei das Verfahren umfasst, dass:

bestimmt wird, ob eine Rekonditionierung des Brennstoffzellenstapels notwendig ist;
das Befeuchtungsniveau einer Kathodenseite des Brennstoffzellenstapels über die relative Feuchte der Kathodenseite während normaler Betriebsbedingungen erhöht wird, wenn eine Stapelrekonditionierung notwendig ist;
eine Sättigung der Zellenmembranen in dem Brennstoffzellenstapel abgewartet wird, nachdem das Befeuchtungsniveau der Kathodenseite erhöht ist;
eine Wasserstoffübernahme der Kathodenseite während der Abschaltung des Brennstoffzellenstapels bereitgestellt wird; und
eine Entfernung von Schmutzstoffen infolge des erhöhten Befeuchtungsniveaus und der Wasserstoffübernahme abgewartet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Erhöhen des Befeuchtungsniveaus der Kathodenseite das Feuchteniveau auf eine relative Feuchte von größer als oder gleich 100% anhebt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Zellenmembranen für eine Zeitdauer gesättigt bleiben, bevor die Wasserstoffübernahme der Kathodenseite erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Wasserstoffübernahme bewirkt, dass der Wasserstoff die Zellenmembranen von einer Anodenseite zu der Kathodenseite durchquert, um Sauerstoff zu verbrauchen.

5. Verfahren nach Anspruch 1, ferner umfassend, dass minimale Lasten an den Stapel während der Wasserstoffübernahme angelegt werden.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Rekonditionierung periodisch während des Normalbetriebs des Brennstoffzellenstapels ausgeführt wird.

7. Verfahren zum Rekonditionieren eines Brennstoffzellenstapels, wobei das Verfahren umfasst, dass:

bestimmt wird, ob eine Rekonditionierung des Brennstoffzellenstapels notwendig ist;
das Befeuchtungsniveau einer Kathodenseite des Brennstoffzellenstapels über die relative Feuchte der Kathodenseite während normaler Betriebsbedingungen erhöht wird, wenn eine Stapelrekonditionierung notwendig ist;
eine Sättigung von Zellenmembranen in dem Brennstoffzellenstapel abgewartet wird, nachdem das Befeuchtungsniveau der Kathodenseite erhöht ist;
eine Wasserstoffübernahme der Kathodenseite während der Abschaltung des Brennstoffzellenstapels vorgesehen wird, wobei die Wasserstoffübernahme bewirkt, dass Wasserstoff die Zellenmembranen von einer Anodenseite zu der Kathodenseite durchqueren kann, um Sauerstoff zu verbrauchen; und
eine Entfernung von Schmutzstoffen infolge des erhöhten des erhöhten Befeuchtungsniveaus und der Wasserstoffübernahme abgewartet wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Zellenmembranen für eine Zeitdauer gesättigt bleiben, bevor die Wasserstoffübernahme der Kathodenseite erfolgt.

9. Verfahren nach Anspruch 7, ferner umfassend, dass minimale Lasten an den Stapel während der Wasserstoffübernahme angelegt werden.

10. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Rekonditionierung periodisch während des Normalbetriebs des Brennstoffzellenstapels ausgeführt wird.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

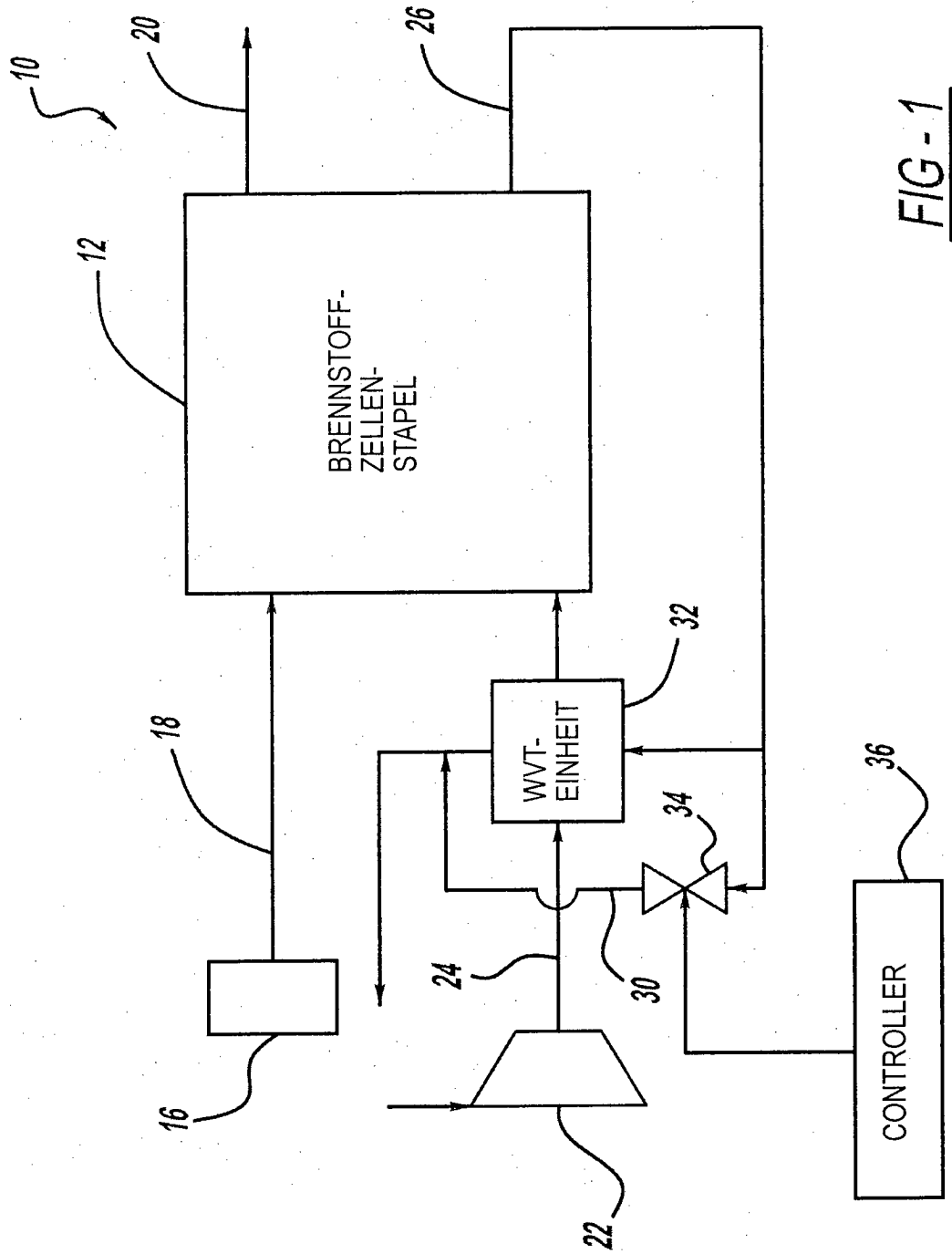


FIG-1

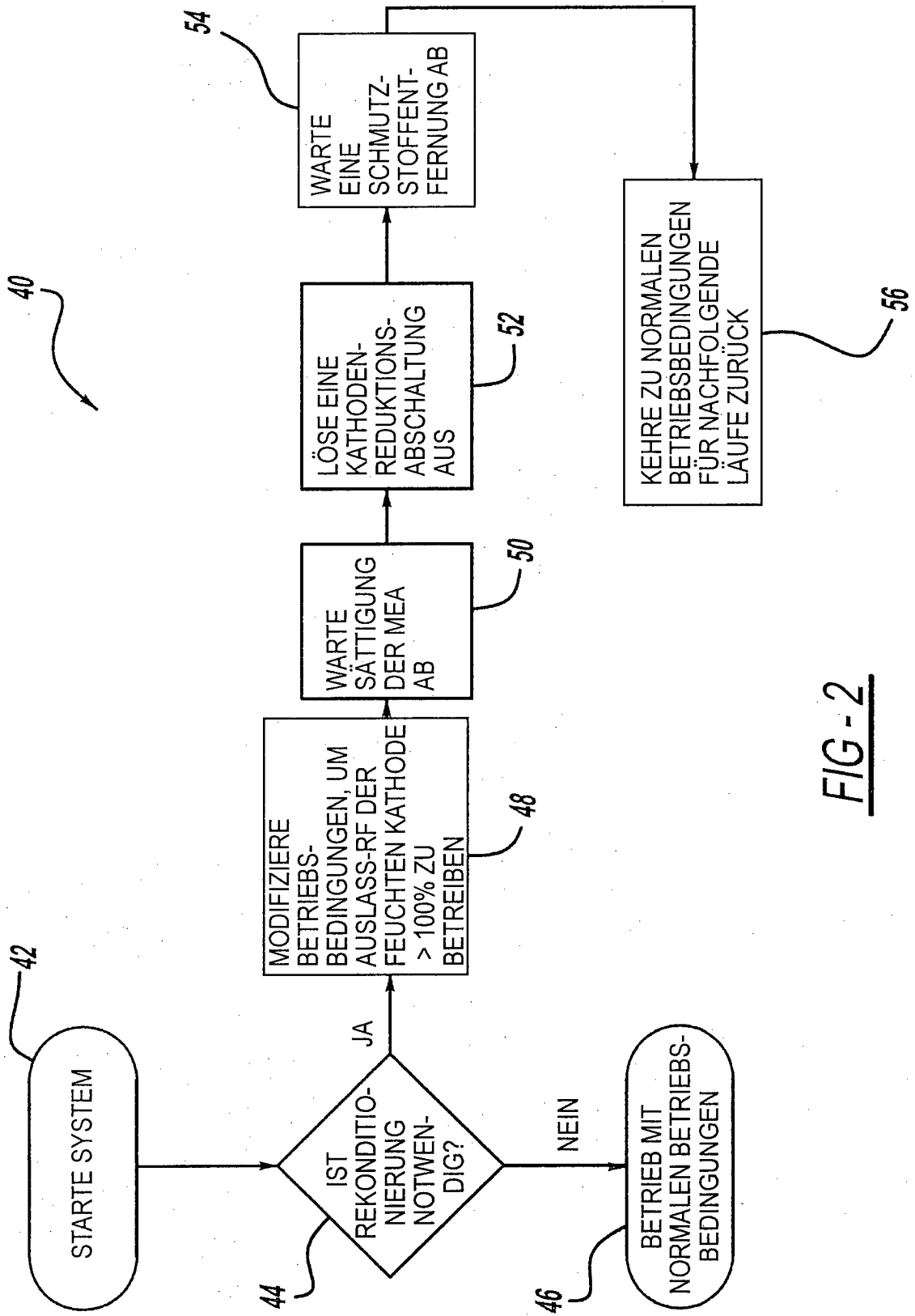


FIG - 2