



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년01월28일

(11) 등록번호 10-1486902

(24) 등록일자 2015년01월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01M 8/04 (2006.01) H01M 8/24 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-7024088

(22) 출원일자(국제) 2007년03월05일

심사청구일자 2012년03월05일

(85) 번역문제출일자 2008년10월01일

(65) 공개번호 10-2009-0003301

(43) 공개일자 2009년01월09일

(86) 국제출원번호 PCT/GB2007/000760

(87) 국제공개번호 WO 2007/099360

국제공개일자 2007년09월07일

(30) 우선권주장

0604241.0 2006년03월03일 영국(GB)

(56) 선행기술조사문헌

JP2004047427 A

JP2001229943 A

US20010049038 A1

US7270900 A

전체 청구항 수 : 총 15 항

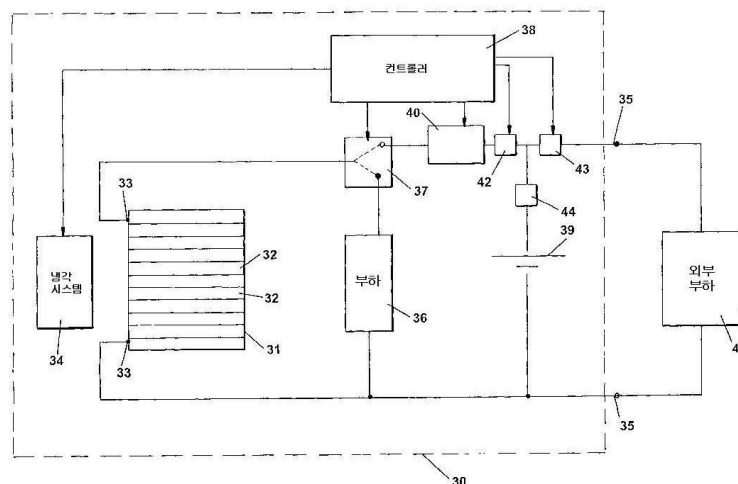
심사관 : 조기윤

(54) 발명의 명칭 연료 전지의 재수화

(57) 요약

연료 전지 어셈블리 내의 연료 전지 스택으로부터의 전류 흐름 및 연료 전지 스택으로의 공기 흐름 같은 하나 이상의 작동 파라미터가 재수화 구간 동안 주기적으로 조절되어 외부 부하로부터의 연료 전지 어셈블리에 대한 전류 수요에 독립하여 상기 외부 부하에 대한 전류 운반은 유지하는 반면 연료 전지 스택의 수화 수준을 간헐적으로 증가시킨다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1

연료 전지 스택 및 스택 전력 컨트롤러(stack power controller)를 포함하는 전기화학적 연료 전지 어셈블리로서,

상기 연료 전지 스택은, 복수 개의 연료 전지와, 전기적 출력부(electrical output)를 포함하며, 상기 연료 전지 각각은 멤브레인-전극 어셈블리 및 상기 멤브레인-전극 어셈블리에 연료와 산화제를 운반하기 위한 유체 유동 플레이트(fluid flow plate)를 가지며, 상기 전기적 출력부는 상기 연료 전지 스택으로부터의 전류를 운반하기 위한 것이며,

상기 스택 전력 컨트롤러는 절환가능한 부하 장치(switchable load device)를 포함하며, 상기 연료 전지의 수화 수준을 증가시키기 위한 재수화 구간(rehydration intervals) 동안 상기 연료 전지 스택으로부터의 전류를 상기 절환가능한 부하 장치를 통하여 통과시킴으로써, 상기 연료 전지 어셈블리 외부의 독립적인 전류 수요에 더하여 또는 이 독립적인 전류 수요의 대신에, 상기 연료 전지 스택으로부터의 출력 전류를 주기적이며 일시적으로 증가시키기 위한 것인 전기화학적 연료 전지 어셈블리.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 연료 전지 어셈블리의 외부 전력 출력 터미널에 접속된 저장 전력 소스(reservoir power source)를 더 포함하며, 상기 스택 전력 컨트롤러는 상기 재수화 구간 동안 상기 외부 전력 출력 터미널로부터 상기 연료 전지 스택의 전기적 출력을 전기적으로 절연시키는 전기화학적 연료 전지 어셈블리.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 연료 전지 어셈블리의 외부 전력 출력 터미널에 접속된 저장 전력 소스, 및 상기 저장 전력 소스와 상기 연료 전지 스택 모두 또는 이들 중 어느 하나로부터 상기 외부 전력 출력 터미널로의 전류 운반을 제어하기 위한 부하 컨트롤 장치를 더 포함하는 전기화학적 연료 전지 어셈블리.

청구항 4

제 2 항 또는 제 3 항에 있어서, 상기 저장 전력 소스가 재충전가능한 배터리인 전기화학적 연료 전지 어셈블리.

청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 스택 전력 컨트롤러가 규칙적인 시간에서 상기 재수화 구간을 실행하는 전기화학적 연료 전지 어셈블리.

청구항 6

제 1 항 또는 제 5 항에 있어서, 상기 스택 전력 컨트롤러가 역치 기준(threshold criteria) 이내인 연료 전지 스택 파라미터에 응답하여 상기 재수화 구간을 실행하는 전기화학적 연료 전지 어셈블리.

청구항 7

제 1 항에 있어서, 상기 스택 전력 컨트롤러는 상기 재수화 구간을 실행하며, 상기 재수화 구간 각각은 상기 연료 전지 스택으로부터의 출력 전류가 정상 작동 전류 수요보다 높은 고 전류 구간 및 상기 연료 전지 스택으로부터의 출력 전류가 정상 작동 전류 수요보다 낮은 절연 구간을 포함하는 전기화학적 연료 전지 어셈블리.

청구항 8

제 7 항에 있어서, 상기 스택 전력 컨트롤러는 상기 절연 구간 동안 상기 연료 전지 스택을 전기적으로 절연하는 전기화학적 연료 전지 어셈블리.

청구항 9

제 3 항에 있어서, 상기 부하 컨트롤 장치는 상기 재수화 구간 이후에 상기 연료 전지 스택으로부터 상기 외부 전력 출력 터미널로의 전력 운반을 증가시키는(ramp up) 전기화학적 연료 전지 어셈블리.

청구항 10

제 1 항에 있어서, 상기 스택 전력 컨트롤러는 상기 재수화 구간 동안 상기 연료 전지 스택의 상기 유체 유동 플레이트를 통과하는 공기 흐름을 조절하는 전기화학적 연료 전지 어셈블리.

청구항 11

연료 전지 스택, 스택 컨트롤러 및 유지 수단을 포함하는 전기화학적 연료 전지 어셈블리로서,

상기 연료 전지 스택은, 복수 개의 연료 전지와, 전기적 출력부를 포함하며, 상기 연료 전지 각각은 멤브레인-전극 어셈블리 및 상기 멤브레인-전극 어셈블리에 연료와 산화제를 운반하기 위한 유체 유동 플레이트를 가지며, 상기 전기적 출력부는 상기 연료 전지 스택으로부터의 전류를 운반하기 위한 것이며,

상기 스택 컨트롤러는 상기 연료 전지의 수화 수준을 증가시키는 재수화 구간을 제공하기 위하여 상기 연료 전지 스택 어셈블리에 대한 전류 수요에 관계없이 주기적으로 상기 연료 전지 스택을 통과하는 공기 흐름을 조절하며,

상기 유지 수단은 상기 재수화 구간 동안 상기 연료 전지 어셈블리 외부의 부하의 전류 수요를 유지하는 전기화학적 연료 전지 어셈블리.

청구항 12

연료 전지 스택을 가지는 전기화학적 연료 전지 어셈블리를 작동하는 방법으로서,

상기 연료 전지 스택은, 복수 개의 연료 전지와, 전기적 출력부를 포함하며, 상기 연료 전지 각각은 멤브레인-전극 어셈블리 및 상기 멤브레인-전극 어셈블리에 연료와 산화제를 운반하기 위한 유체 유동 플레이트를 가지며, 상기 전기적 출력부는 상기 연료 전지 스택으로부터의 전류를 운반하기 위한 것이며,

상기 방법은,

연료 전지의 수화 수준을 증가시키는 재수화 구간 동안 상기 연료 전지 스택으로부터의 전류를 상기 연료 전지 어셈블리내의 절환가능한 부하 장치를 통하여 통과시킴으로써, 상기 연료 전지 어셈블리 외부의 전류 수요에 관계없이 상기 연료 전지 스택으로부터의 출력 전류를 주기적이며 일시적으로 증가시키는 단계; 및

상기 재수화 구간 동안 상기 연료 전지 어셈블리 외부의 부하의 전류 수요를 유지하는 단계를 포함하는 전기화학적 연료 전지 어셈블리의 작동 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서, 상기 재수화 구간 동안 상기 전류 수요를 유지하는 단계가 저장 전력 소스를 사용하는 것을 포함하는 전기화학적 연료 전지 어셈블리의 작동 방법.

청구항 14

연료 전지 스택을 가지는 전기화학적 연료 전지 어셈블리를 작동하는 방법으로서,

상기 연료 전지 스택은, 복수 개의 연료 전지와, 전기적 출력부를 포함하며, 상기 연료 전지 각각은 멤브레인-전극 어셈블리 및 상기 멤브레인-전극 어셈블리에 연료와 산화제를 운반하기 위한 유체 유동 플레이트를 가지며, 상기 전기적 출력부는 상기 연료 전지 스택으로부터의 전류를 운반하기 위한 것이며,

상기 방법은,

상기 연료 전지의 수화 수준을 증가시키는 재수화 구간을 제공하기 위하여 상기 재수화 구간 동안 상기 연료 전지 어셈블리 외부의 부하의 전류 수요를 유지하면서, 상기 연료 전지 스택 어셈블리에 대한 전류 수요에 관계없이 주기적으로 상기 연료 전지 스택을 통과하는 공기 흐름을 조절하는 단계를 포함하는 전기화학적 연료 전지 어셈블리의 작동 방법.

청구항 15

제 14 항에 있어서, 상기 재수화 구간 동안 상기 전류 수요를 유지하는 단계가 저장 전력 소스를 사용하는 것을 포함하는 전기화학적 연료 전지 어셈블리의 작동 방법.

청구항 16

삭제

명세서

기술분야

[0001]

본 발명은 연료 전지에 관한 것으로서, 특히 수소가 연료 전지의 애노드 측에 공급되고, 산소가 연료 전지의 캐소드 측에 공급되어 부산물인 물이 연료 전지의 캐소드 측에서 생성되어 제거되는 양성자-교환 멤브레인형 연료 전지에 관한 것이다.

배경기술

[0002]

상기 연료 전지는 두 개의 다공성 전극 사이에 개재된 양성자 교환 멤브레인 (PEM)을 포함하며, 멤브레인-전극 어셈블리 (MEA)를 함께 포함한다. MEA 자체는 통상적으로: (i) MEA의 캐소드 면에 인접한 제 1 면을 가지는 캐소드 확산 구조체 및 (ii) MEA의 애노드 면에 인접한 제 1 면을 가지는 애노드 확산 구조체 사이에 개재된다. 애노드 확산 구조체의 제 2 면은, 전류를 수집하고 수소를 애노드 확산 구조체의 제 2 면으로 분배하기 위한, 애노드 유체 유동장 플레이트 (fluid flow field plate)와 접촉한다. 캐소드 확산 구조체의 제 2 면은, 전류를 수집하고 산소를 캐소드 확산 구조체의 제 2 면으로 분배하며, 과량의 물을 MEA로부터 배출시키기 위한, 캐소드 확산 유체 유동장 플레이트와 접촉한다. 애노드 및 캐소드 유체 유동장 플레이트 각각은, 통상적으로, 단단한 (rigid) 전도성 물질을 포함하는데, 이는 각 확산 구조체와 인접한 표면에서, 반응성 가스(예를 들면, 수소 및 산소)를 전달하고, 배기 가스(예를 들면, 미사용된 산소 및 수증기)를 제거하기 위한 유체 유동 채널(fluid flow channels)을 갖는다.

[0003]

전술한 바와 같은 연료 전지의 작동시 중요한 고려 사항은, MEA 내의 물을 조절하는 것이다. PEM 연료 전지의 작동 시, 수소와 산소 간의 반응으로 얻은 물 생성물은 MEA의 촉매 사이트에서 생성된다. 상기 물은, 산소가 MEA의 캐소드 면에 수송됨과 동시에, 캐소드 확산 구조체를 통하여 MEA로부터 배출되어야 한다. 그러나, MEA가 적절하게 수화된 상태(hydrated)를 유지하여, 전지의 내부 전기 저항이 허용가능한 한도 내에서 유지되도록 하는 것 또한 중요하다. MEA의 습윤성(humidification) 조절 실패는, 열점(hot spot) 및 잠재적인 전지 감퇴(potential cell failure) 및/또는 불량한 전기 전지 성능을 초래한다.

[0004]

수소 및 산소 사이의 연료 전지 전기화학적 반응 동안 주 기능은 PEM을 통한 양성자 이동 과정이다. 양성자 교환 과정은 고체 상태 PEM이 충분히 수화된 경우에만 일어난다. 물이 불충분하게 존재하는 경우, 멤브레인의 물 끌림 특징 (water drag characteristic)은 양성자 이동 과정을 제한하여 셀 내부 저항의 증가를 가져오게 된다. PEM 과포화 (over-saturation)의 경우 초과량의 물은 MEA의 전극 부분을 '잠기게' ('flood') 할 것이고 소위 3 상 반응 계면 (three phase reaction interface)으로의 가스 접근을 제한할 것이다. 이러한 두 가지 경우 모두 연료 전지의 전체적인 성능에 악영향을 미친다.

[0005]

연료 전지 반응의 일부로서 캐소드에서 물이 생성되지만, 전체적인 MEA에 걸쳐 물 균형을 유지하는 것이 필수적이다. 건조한 공기가 전지에 도입되는 경우 멤브레인 전체에 불균형한 물 분포가 생성되는 경향이 있어서 도입부 주위의 영역은 다른 곳보다도 더 건조하다. 결국 이는 멤브레인에 기계적으로 스트레스를 주어 전류 분포 (current distribution)를 불균일하게 할 수 있는데, 이러한 두 가지 모두는 너무 이른 고장 (premature failure)을 초래할 수 있다. 이를 막기 위해, 종래 기술은 연료 전지의 활성 부분으로 공기를 운반하기 전에 공기 흐름을 예비습윤한다 (pre-humidify). 이는 시스템에 복잡함을 더해서 어떤 연료 전지 적용에는 종종 비실용적일 수 있다.

[0006]

개방형 캐소드 연료 전지에서, 보통 팬 같은 저압 공기 소스가 지원되는 캐소드 유체 유동장 플레이트 (fluid flow field plate)는 주위 공기에 개방되어 있으며, 이는 스택 냉각 및 산소 공급의 이중 기능을 제공한다. 이로써, 가압된 캐소드 (pressurised cathode) 및 하부-시스템 습윤화 (humidification sub-system)를 활용하는 연료 전지 스택이 보통 지원되는, 매우 단순한 연료 전지 시스템이 큰 기생 손실 (large parasitic losses) (즉, 연료 전지 보조 시스템의 전력 소모)을 회피하도록 디자인될 수 있다. 그러나, 공기 흐름의 이중 목적 (산소 운반 및 공기 냉각 모두를 위한)은 공기 흐름 요구 사항에 있어서 불일치를 유도할 수 있다. 냉각을 위

해서는 캐소드 전극 전반에 걸쳐 매우 고도의 화학양론적인 공기 흐름이 요구되며, 주위 조건 및 스택 온도에 따라 이는 멤브레인 물의 저함량 (저성능을 초래함) 또는 극단적인 경우 시간이 경과함에 따라 연료 전지 스택 으로부터의 계속적인 물 손실을 초래할 수 있는데, 이로써 결국 스택 작동이 멈출 수 있다. 이는 스택 전력 출력 (전류 밀도)의 설정 수준(set level)에 대한 균형은 연료 전지 폴리머 멤브레인의 물 함량 및 공기 흐름에 의한 물 제거 사이에서 달성되기 때문이다. 더 낮은 전류, 빠른 공기 흐름 및 더 따뜻한 스택은 멤브레인 물 함량을 줄이는 경향이 있을 것이며, 반대로 더 높은 전류, 더 느린 공기 흐름 및 더 차가운 스택은 멤브레인 물 함량을 증가시키는 경향이 있을 것이다.

발명의 상세한 설명

[0007] 본 발명의 목적은 상기 불리한 점의 최소한의 어떤 점을 적어도 완화시키거나 극복하기 위한 개선된 연료 전지 디자인 및 조절 전략을 제공하는 것이다.

[0008] 일 측면에 따르면, 본 발명은:

연료 전지 스택 및 스택 전력 컨트롤러(stack power controller)를 포함하는 전기화학적 연료 전지 어셈블리로 서,

상기 연료 전지 스택은, 복수 개의 연료 전지와, 전기적 출력부(electrical output)를 포함하며, 상기 연료 전 지 각각은 멤브레인-전극 어셈블리 및 상기 멤브레인-전극 어셈블리에 연료와 산화제를 운반하기 위한 유체 유 동 플레이트(fluid flow plate)를 가지며, 상기 전기적 출력부는 상기 연료 전지 스택으로부터의 전류를 운반하 기 위한 것이며,

[0009] 상기 스택 전력 컨트롤러는 절환가능한 부하 장치(switchable load device)를 포함하며, 상기 연료 전지의 수화 수준을 증가시키기 위한 재수화 구간 (rehydration intervals) 동안 상기 연료 전지 스택으로부터의 전류를 상 기 절환가능한 부하 장치를 통하여 통과시킴으로써, 상기 연료 전지 어셈블리 외부의 독립적인 전류 수요에 더 하여 또는 이 독립적인 전류 수요의 대신에, 상기 연료 전지 스택으로부터의 출력 전류를 주기적이며 일시적으 로 증가시키기 위한 것인 전기화학적 연료 전지 어셈블리를 제공한다.

[0010] 삭제

[0011] 삭제

[0012] 다른 측면에 따르면, 본 발명은:

연료 전지 스택, 스택 컨트롤러 및 유지 수단을 포함하는 전기화학적 연료 전지 어셈블리로서,

상기 연료 전지 스택은, 복수 개의 연료 전지와, 전기적 출력부를 포함하며, 상기 연료 전지 각각은 멤브레인-전극 어셈블리 및 상기 멤브레인-전극 어셈블리에 연료와 산화제를 운반하기 위한 유체 유동 플레이트를 가지며, 상기 전기적 출력부는 상기 연료 전지 스택으로부터의 전류를 운반하기 위한 것이며,

상기 스택 컨트롤러는 상기 연료 전지의 수화 수준을 증가시키는 재수화 구간을 제공하기 위하여 상기 연료 전 지 스택 어셈블리에 대한 전류 수요에 관계없이 주기적으로 상기 연료 전지 스택을 통과하는 공기 흐름을 조절 하며,

[0013] 상기 유지 수단은 상기 재수화 구간 동안 상기 연료 전지 어셈블리 외부의 부하의 전류 수요를 유지하는 전기화 학적 연료 전지 어셈블리를 제공한다.

[0014] 삭제

[0015] 삭제

- [0016] 삭제
- [0017] 다른 측면에 따르면, 본 발명은 연료 전지 스택을 가지는 전기화학적 연료 전지 어셈블리를 작동하는 방법으로서,
 상기 연료 전지 스택은, 복수 개의 연료 전지와, 전기적 출력부를 포함하며, 상기 연료 전지 각각은 멤브레인-전극 어셈블리 및 상기 멤브레인-전극 어셈블리에 연료와 산화제를 운반하기 위한 유체 유동 플레이트를 가지며, 상기 전기적 출력부는 상기 연료 전지 스택으로부터의 전류를 운반하기 위한 것이며,
 상기 방법은,
 연료 전지의 수화 수준을 증가시키는 재수화 구간 동안 상기 연료 전지 스택으로부터의 전류를 상기 연료 전지 어셈블리내의 상기 절환가능한 부하 장치를 통하여 통과시킴으로써, 상기 연료 전지 어셈블리 외부의 전류 수요에 관계없이 상기 연료 전지 스택으로부터의 출력 전류를 주기적이며 일시적으로 증가시키는 단계; 및
 상기 재수화 구간 동안 상기 연료 전지 어셈블리 외부의 부하의 전류 수요를 유지하는 단계를 포함하는 전기화학적 연료 전지 어셈블리의 작동 방법을 제공한다.
- [0018] 삭제
- [0019] 삭제
- [0020] 삭제
- [0021] 다른 측면에 따르면, 본 발명은 연료 전지 스택을 가지는 전기화학적 연료 전지 어셈블리를 작동하는 방법으로서,
 상기 연료 전지 스택은, 복수 개의 연료 전지와, 전기적 출력부를 포함하며, 상기 연료 전지 각각은 멤브레인-전극 어셈블리 및 상기 멤브레인-전극 어셈블리에 연료와 산화제를 운반하기 위한 유체 유동 플레이트를 가지며, 상기 전기적 출력부는 상기 연료 전지 스택으로부터의 전류를 운반하기 위한 것이며,
 상기 방법은,
 상기 연료 전지의 수화 수준을 증가시키는 재수화 구간을 제공하기 위하여 상기 재수화 구간 동안 상기 연료 전지 어셈블리 외부의 부하의 전류 수요를 유지하면서, 상기 연료 전지 스택 어셈블리에 대한 전류 수요에 관계없이 주기적으로 상기 연료 전지 스택을 통과하는 공기 흐름을 조절하는 단계를 포함하는 전기화학적 연료 전지 어셈블리의 작동 방법을 제공한다.
- [0022] 삭제
- [0023] 일반적인 측면에서, 본 발명은, 어셈블리 내의 연료 전지 스택으로부터의 전류 흐름, 및 어셈블리 내의 연료 전지 스택으로의 공기 흐름 같은 하나 이상의 작동 파라미터를 재수화 구간 동안 주기적으로 조절하여, 연료 전지 스택의 수화 수준이, 연료 전지 어셈블리에 대한 외부 부하 (load)로부터의 연료 전지 어셈블리에 대한 전류 수요에 관계없이, 간헐적으로 증가된 연료 전지 어셈블리를 제공한다. 재수화 구간 동안, 상기 외부 부하에 대한 전류 운반은 유지된다.
- [0024] 본 발명의 구현예들은 하기와 같은 도면을 참조하여 실시예에 의하여 설명될 것이다:

실시예

- [0030] 본 발명은 스택 및 시스템의 더 높은 효율을 달성하기 위해 멤브레인 물 함량 및 물 제거 속도의 평형 (연료 전지 스택의 현재 작동 조건에 의하여 결정될 것임)을 일시적으로 혼란하게 하는 것을 제안한다. 상기 절차는 연료 전지 캐소드에서 단기간에 초과량의 물을 생성시키는 단계 및 보다 적은 물 함량을 갖는 평형이 점진적으로

재확립되는 동안 더욱 고성능으로 스택을 작동시키는 단계를 포함한다. 이러한 과정은 요구되는 소정 구간의 프리퀀시로 반복될 수 있다.

- [0031] 초과량의 물이 생성되는 단기간 (short periods of time)은 본 명세서에서는 '재수화 구간'으로 언급되는데, 상기 표현은, 연료 전지 어셈블리가 이의 작동 환경을 능동적으로 조절하여, 상기 조절이 없었다면 연료 전지에 대한 외부 전기적 부하 및 온도와 같은 이의 환경적인 작동 조건에 기초하여 수화수준을 넘도록 (수화 수준을) 증가시키는 기간을 가리키고자 하는 것이다. 이러한 재수화 과정은 다음의 기술 중 어느 하나 또는 모두에 의하여 달성될 수 있다:
- [0032] a) 연료 전지 어셈블리에 대해 외부에서 인가되는 부하에 의하여 결정된 '정상' 작동 조건보다 더 높은 전력 출력에서 연료 전지를 작동시켜, 전기화학적 반응을 통해 초과량의 물을 생성시키는 것, 및
- [0033] b) 연료 전지 전체의 공기 함량 (유속)을 조절 또는 단기 정지 (brief stoppage)하여 물 제거 과정을 최소화하는 것.
- [0034] 이러한 절차의 주된 이점은 정상 작동 조건 동안 더 높은 전지 전압으로 인한 개선된 성능인데, 이는 개선된 에너지 전환 효율을 가져다준다. 이로써, 멤브레인의 수명을 연장시킬 수 있는 더 낮은 스택 작동 온도를 얻을 수 있다. 본 명세서에 기재된 재수화 절차의 유익한 효과는 연료 전지 어셈블리의 시동 (start-up) 동안 가장 뚜렷하다. 특히, 즉각적인 큰 부하 수요 (load demand)에 대한 비-조정된 연료 전지 스택의 반응을 재수화 과정이 향상시킬 수 있는 새롭게 제조한 연료 전지를 조건화하는 경우에 그러하다.
- [0035] 두 번째 이점은 공냉 (개방 캐소드) 연료 전지 스택이 더 넓은 범위의 환경, 특히 더 덥고 더 건조한 주위 조건에서 작동할 수 있도록 하는 것이다. 개방 캐소드 스택을 활용하는 연료 전지 시스템에서, 통상적으로 연료 전지 멤브레인 물 함량을 조정하는 유일한 방법은 냉각 팬에 의하여 운반되는 공기 흐름을 바꾸는 것인데, 여기서 공기 흐름의 증가는 더 낮은 스택 온도를 초래하나, 반대로 더 낮은 공기 흐름은 스택 온도를 높일 것이다. 그러나, 주위의 공기 습도에 따라, 이러한 조치들 중 하나는 실제적으로는 스택으로부터 추가적인 물 손실을 초래할 수 있다. 본 발명은, 연료 전지 스택을 하드웨어 및 작동 컨트롤러를 갖춘 시스템에 통합시켜 주위 및 외부 부하 조건에 직접적으로 의존하지 않는 재수화를 제공할 것을 제안함으로써, 보다 최적의 성능을 유지시킨다.
- [0036] 연료 전지로부터의 출력 전류를 이의 기본 부하 (base load)를 넘어 더 높은 전류까지 주기적이며 일시적으로 증가시키는 경우의 효과를 도 1에 나타내었다. 여기서, 스택은 320 mA/cm^2 의 기본 부하에서 작동 중이었다. 기본 부하는 연료 전지 어셈블리 자체 (즉 컨트롤 회로, 팬, 등)에 의한 연료 전지 스택에 대한 임의의 지속적인 기생 부하 (parasitic load)와 함께, 연료 전지 어셈블리에 대한 외부 전류 수요에 의하여 정해지는 바로서 고려될 수 있다. 연료 전지 스택에 대해 주기적이며 일시적으로 증가한 전류 수요는 전류 펄스로서 발생하는데, 여기서 스택 전류는 각각 2 및 5 분 간격의 약 5 초의 재수화 구간 동안 900 mA/cm^2 까지 증가한다. 전체적인 효율 개선은 50°C 에서 H_2 의 낮은 가열 수치 (lower heating value) (LHV)를 기준으로 하며 높은 부하에서의 5 초 재수화 펄스 동안 0 (zero) 효율로 가정한다.
- [0037] 320 mA/cm^2 의 정상 상태 기본 부하 (steady state base load)는 도 1의 선(10)에서 나타나는 바와 같이 0.65 V 를 넘는 전지 전압 및 52.4%의 LHV를 초래한다. 2 분마다 5 초 동안의 재수화 구간으로 작동되었을 때의 전지 전압을 도 1의 선(11)으로 나타내었다. 이는 약 4.2%의 재수화 듀티 사이클 (duty cycle)에 해당하며 57.6%의 LHV를 제공한다. 5 분마다 5 초 동안의 재수화 구간으로 작동되었을 때의 전지 전압을 도 1의 선(12)으로 나타내었다. 이는 약 1.7%의 재수화 듀티 사이클에 해당하며 57.2%의 LHV를 제공한다.
- [0038] 재수화 구간 이후의 전지 전압에 있어서의 즉각적인 증가 스케일 및 뒤이은 감쇠는 도 1에서 명백하다. 성능 개선은 연료 전지의 물 보유 요인, 특히 전지 스택 전체의 온도 및 공기 흐름뿐만 아니라 전지 스택과 합체된 폴리머 멤브레인 및 임의의 가스 확산층의 특징에 달려있을 것이다. 수화 구간은, 멤브레인에서 물 수준의 컨트롤 및 유지를 지원하며 MEA에 인접한 진보한 확산 매체와 함께 사용되는 경우, 특히 효과적이다. 따라서 본 발명은, UK 특허 출원 0501598.7 및 대응 국제 특허 출원 PCT/GB2006/000074에 개시된 개방 캐소드 스택에 대한 배열과 같은, 물 트래핑 (trapping)을 돕는 다층 확산 구조체와 함께 사용되는 경우, 특히 유용하다. 도 5는 (i) 단일층 캐소드 확산기 (diffuser)를 구비한 연료 전지, 및 (ii) 다층 캐소드 확산기를 구비한 연료 전지에서 펄스 전류 작동에 대해 관찰되는 연료 전지 성능의 개선점들을 비교한 것을 나타낸다. 상부 기록 (upper trace)은 구성 (ii)에 대한 전지 전압을 나타내며 하부 기록은 구성 (i)에 대한 전지 전압을 나타낸다. 재수화

펄스는 매 10 분마다 발생한다.

- [0039] 도 2는 재수화 전류 펄스를 가한 연료 전지 및 재수화 전류 펄스를 가하지 않은 연료 전지의 실시간 효과 및 평균 전지 전압을 나타낸 것이다. 전지 전압 측은 전체 스택의 평균 전지 전압 (average cell voltage), 즉, 스택중 셀의 수로 나눈 스택 전압을 나타낸다. 상부 직선(20)은 0.69 V를 초과하는 시간-평균, 전지 전압을 나타내며, 하부 기록(21)은 순간 전지 전압을 나타내는데, 이들 모두는 스택이 재수화 구간으로 작동한 경우이다. 하부 직선(22)은 0.65 V를 초과하는 시간-평균 전지 전압을 나타내며, 하부 기록(23)은 순간 전지 전압을 나타내는데, 이들 모두는 스택이 재수화 구간없이 작동한 경우이다. 하부 기록(23)은 상부 기록(21)의 주기성보다 다른 프리퀀시에서 어떤 주기성을 나타낸다는 것을 주목하여야 하는데, 왜냐하면 두 경우 모두 다르게 밀폐 마감된 (closed-ended) 애노드 구성에 쌓인 물을 제거하는 주기적인 애노드 퍼지 (purge)가 있기 때문이며, 이는 하부 기록(23)에서 우세하다 (dominate). 주기적으로, 밀폐 마감된 애노드는 약 1 초 동안 애노드로부터 물을 퍼지하여 개방 마감된 (open-ended) 구성으로 전환(switch)된다. 그러나, 재수화 구간의 효과는, 재수화 구간이 없는 동등 전압(22,23)에 비해 큰 평균 및 순간 전압(20,21)으로부터 매우 명백하다.
- [0040] 재수화 구간의 효과를 연료 전지 시스템에 사용하기 위해서는 도 3과 연관되어 설명된 바와 같은 추가적인 컨트롤 시스템이 필요하다.
- [0041] 전기화학적 연료 전지 어셈블리(30)는 직렬로 연결된 복수 개의 연료 전지(32)를 가지는 연료 전지 스택(31)을 포함한다. 각각의 연료 전지(32)는 통상적인 연료 전지 스택 디자인에 따라 멤브레인-전극 어셈블리 및 연료 및 산화제 운반을 위한 유체 유동 플레이트를 포함한다. 전기적 출력(33)은 스택(31)으로부터의 전류 운반을 위해 준비된다. 팬과 같은, 냉각 시스템(34)은 유동 플레이트 (flow plate)에 냉각 공기 흐름 및 산소 모두를 제공한다. 연료 전지 어셈블리(30)로부터의 전력은 릴레이 (relay)(42,43)를 경유하여 외부 전력 출력 터미널(35)에 의하여 외부 부하(41)에 전달된다.
- [0042] 내부 전기 부하(36)는 전력 콘트롤러(38)가 조절하는 스위치(37)에 의하여 연료 전지 스택(31)으로부터의 출력 전류를 주기적이며 일시적으로 증가시키도록 전환가능하다 (switchable). 보조 또는 '저장' 전력 소스(39)는 릴레이(43)를 통하여 출력 터미널(35)에 연결되어, 내부 부하(36)에 전력을 공급하도록 연료 전지 스택(31)이 절환되는 때에 전력 출력 터미널(35)에 전력을 공급한다. 부하 컨트롤 회로(40) 및 냉각 시스템(34)도 또한 전력 콘트롤러(38)가 조절할 수 있다. 저장 전력 소스(39)는 바람직하게는 충전가능한 배터리이나, 슈퍼커패시터 (supercapacitor) 같은 임의의 형태의 적당한 전하 저장 장치 (charge storage device)가 사용될 수 있다. 부하 컨트롤 회로(40)는 바람직하게는 DC/DC 컨버터이다.
- [0043] 사용시, 연료 전지 스택(31)은 보통 외부 부하(41)를 공급하도록 절환되며, 내부 부하(36) 및 저장 전력 소스(39) 모두는 연료 전지 스택(31) 및 전력 출력 터미널(35)로부터 전기적으로 절연된다.
- [0044] 그러나, 재수화 구간 동안, 전력 콘트롤러(38)는 릴레이(42)를 개방하고 스위치(37)를 작동시켜 연료 전지 스택(31)으로부터 저장 전력 소스(39)를 절연시키고 연료 전지 스택(31)으로부터의 전류가 내부 부하(36)로 향하도록 한다. 동시에, 외부 부하(41)로의 전력 중단을 피하기 위해, 전력 콘트롤러(38)는 릴레이(43)를 닫힌 조건 (closed condition)으로 유지하여 저장 전력 소스(39) 및 전력 출력 터미널(35) 사이의 전기 연속성 (electrical continuity)을 유지시키는데, 이로써 외부 부하(41)를 공급한다. 재수화 구간 끝에서, 콘트롤러(38)는 스위치(37) 및 릴레이(42)를 작동시켜 연료 전지 스택(31)으로부터 내부 부하(36)를 절연시키고 연료 전지 스택을 출력 터미널(41)에 재연결시킨다. 동시에, 저장 전력 소스(39)는 바람직하게는 연결된 상태로 남아있어서 연료 전지 스택(31)으로부터의 전류에 의하여 재충전될 수 있다. 적당한 충전 기간 후, 부하 컨트롤 회로(40)는 세번째 릴레이(44)를 사용하는 저장 전력 소스(39)를 절연시키도록 작동할 수 있다. 다르게는, 저장 전력 소스(39)는 언제나 단순히 연결되어 있을 수 있다.
- [0045] 따라서, 연료 전지 스택(31)은 주전력 소스이나 재수화 구간 동안, 배터리(39)는 외부 부하(41)에 대한 전력의 유일한 제공원이라는 것이 이해될 것이다. 연료 전지 스택(31)이 다시 연결되는 경우, 배터리(39)를 충분히 재충전하는 것이 가능하며 배터리가 가득 충전된 상태에 접근함에 따라 배터리의 전류는 감소할 것이다.
- [0046] 이러한 배열에 대해 여러 가지 변형이 가능하다. 예를 들어, 재수화 구간 동안 외부 부하(41)로부터 연료 전지 스택(31) 및 내부 부하(36)를 절연시킬 필요가 없다면 스위치(37)는 단투종(double throw variety)일 필요가 없다. 다시 말하면, 재수화 구간 동안 요구되는 전력이 계속 외부 부하(41)에 전달될 수 있다면, 원칙적으로 재수화 구간 동안 내부 부하(36)는 병렬로 외부 부하(41)에 간단히 더해질 수 있다. 이 경우, 저장 전력 소스(39)가 엄밀히 필요하지 않을 수도 있는데, 왜냐하면 재수화 구간 동안이라고 하더라도 전류는 연료 전지 스택

(31)으로부터 외부 부하(41)까지 유지되기 때문이다. 이와 유사하게, 전력 출력 터미널(35)은 연료 전지 스택(31)에 직렬로 연결될 수 있으며; 내부 부하(36)는 필요한 경우 제 1 병렬 회로에 접속 상태와 비접속 상태로 전환될 수 있으며 (switched in and out); 저장 전력 소스는 필요한 경우 전하를 조절하면서 (with charge control) 제 2 병렬 회로에 접속 상태와 비접속 상태로 전환될 수 있다.

[0047] 따라서, 일반적인 측면에서, 재수화 구간 (rehydration intervals) 동안, 연료 전지 어셈블리 외부의 독립적인 전류 수요에 덧붙여 또는 연료 전지 어셈블리 외부의 독립적인 전류 수요 대신에 연료 전지 스택으로부터의 출력 전류를 주기적이며 일시적으로 증가시키기 위해, 스택 전력 컨트롤러(38)는 내부 부하(36)를 사용할 수 있다고 인식될 수 있다. 필요하다면, 전력 컨트롤 장치는 큰 스위칭 과도전류 (switching transients)를 피하기 위해 조절된 기저에서 (on a controlled basis) 내부 부하(36)를 접속하는데 사용될 수 있다.

[0048] 재수화 구간은 또한 연료 전지 스택(31)의 캐소드로의 공기 흐름의 주기적이며 일시적인 감소를 이용하면서 수행될 수 있다. 따라서, 전력 컨트롤러(38)는 재수화 구간 동안 냉각 팬(34)으로의 전력을 감소시키도록 구성될 수 있다. 바람직하게는, 냉각 팬은 재수화 구간 동안 스위치가 꺼진다.

[0049] 따라서, 일반적인 측면에서, 스택 전력 컨트롤러(38)는 연료 전지 스택에 대한 전류 수요에는 독립적인 주기에 기초하여 연료 전지 스택(31) 전체의 공기 흐름을 조절하여 연료 전지의 수화 수준을 증가시키는 재수화 구간을 제공한다. 상기 문맥에서 ‘독립적’이라는 표현은 외부 전기 부하(41) 중 즉각적 또는 순간적인 변화로부터의 연료 전지 어셈블리(30)에 대한 독립을 가리키려는 것이다.

[0050] 공기 흐름 조절 및 증가된 부하 (increased load) 모두는 재수화 구간을 수행하는 목적을 위해 사용될 수 있다. 도 4의 그래프는 이러한 작동의 전류 및 전압 프로파일을 나타낸다. 상부 기록(50)은 시간에 대한 함수로서 스택 전압을 나타내며, 하부 기록(51)은 시간에 대한 함수로서 스택 전류를 나타낸다.

[0051] 기간(52) ($t = 0 - 6$ 초) 동안은, 연료 전지의 정상 작동을 나타낸다. 다음 기간(53) ($t = 6 - 10$ 초) 동안, 캐소드 공기 흐름을 공급하는 냉각 팬(34)을 꺼서 스택 온도의 상승이 있게 된다. 상기 기간의 끝 부분에서, 물질 전달 한계 (mass transport limitation)로 인한 전지 전압에서의 감소가 관찰되며, 일정 전력을 유지시키기 위하여 이에 대응한 전류의 작은 감소가 함께 관찰된다. DC/DC 컨버터(40)로의 전압 입력 (voltage input)이 배터리(39)의 종료 전압 (terminal voltage)의 전압 압력에 근접하는 시점에서, 연료 전지로부터의 전류는 0으로 감소한다. 여기서, 출력 터미널(35)로의 전력 운반은 배터리(39)에 의하여 보충될 것이다.

[0052] 다음으로, 연료 전지 스택(31)으로부터의 출력을, 최소한의 전기 부하 하에서 릴레이(42)를 개방함으로써, 절연시켜 배터리(39)가 응용품 (application) (예를 들어, 외부 부하(41))에 지속적인 전력을 공급하도록 두는데, 이는 기간(54) ($t \sim 10 - 11$ 초)에서 0으로 떨어지는 전류에 의하여 입증된다. $t = 11$ 초 때, 내부 부하 레지스터 (internal load resistor)(36)는 연료 전지 스택(31)의 터미널(33)에 접속되는데, 이는 스파이크(55)에 의하여 입증된다. 이는 조절된 기간, 즉 고 전류 구간(56) ($t \sim 11 - 12$ 초) 동안 연료 전지 스택(31)을 전기적으로 더 부하시킨다 (load).

[0053] 이러한 고 전류 구간(56) 동안, 연료 전지 스택(31)의 유체 유동 채널 (fluid flow channel) 내에 남아 있는 산화제는 소모되고 스택 터미널 전압은 0 V으로 내려간다. 부산물인 물을 빼는 팬(34) 없이는, 초과량의 물은 각각의 셀(31)의 MEA / 가스 확산층 계면에 남게 된다. 고 전류 구간(56) 후에, 연료 전지 스택(31)은 절연 구간(57) ($t = 12 - 16$ 초) 동안 모든 전기 부하로부터 절연된다. 이러한 절연 간격 동안, 전류 흐름은 0이며 스택 전압(50)은 지점(58) ($t = 16$ 초)에서의 피크까지 회복된다. 재연결 시간 구간(59) ($t \sim 16 - 18$ 초) 동안, 스택(31)으로부터의 전력은 DC/DC 컨버터(40)의 디지털 조절을 이용하는 조절된 방식으로 다시 연결되어 점진적으로 전류 한계 설정 지점 (current limit set point)을 증가시킨다. 지점(60)에서, 연료 전지는 완전히 연결되고 배터리(39) 재충전을 시작한다($t = 18$ 초에서). 연료 전지는 뒤이은 구간(61) 동안 외부 부하(41)에 전력을 공급할 뿐만 아니라 배터리를 재충전시킨다. 배터리(39)가 완전히 충전된 상태에 접근함에 따라 전류는 점진적으로 떨어진다.

[0054] 적당한 시간 구간, 예를 들어 2 내지 5 분 후에, 다음 재수화 작동이 시작된다(도 4에는 미도시됨). 전지 전압에 있어서 유용한 평균 증가를 제공하는데 효과적인 임의의 적당한 시간 구간이 사용될 수 있다. 온도 및 습도 같은 주위 조건 및, 연료 전지가 일정한 고정된 또는 가변적인 부하 하에서 작동하는지에 따라, 시간 간격은 예를 들어 1 분처럼 짧을 수 있거나 또는 2 시간처럼 길 수 있다.

[0055] 재수화 작동의 최적 프리퀀시는, 온도 및 습도 같은 대기 조건을 포함하여 복수 개의 요인에 의존할 수 있다. 다층 캐소드 가스 확산층이 사용되는 경우, 단일 가스 확산층 배열과 비교하여 전기화학적 성능에 있어서 매우

더 큰 증가가 있을 수 있으며 연료 전지 성능이 균형잡힌 수준으로 되돌아가는데 더 긴 시간이 걸릴 수 있다. 이는 또한 통상적인 가압된 캐소드에 반대되는 개방 캐소드 스택을 구비하는 기술을 사용하는 경우인데, 가압된 캐소드의 경우, 강제된 공기 흐름 배수 (forced air flow channelling)는 초과량의 물을 재빨리 제거한다.

[0056]

바람직하게는, 재수화 작동은 고정된 주기로 자동적으로 실행된다. 그러나, 다른 조절 알고리즘이 재수화 작동이 일어나지 않는 정상 모드, 및 주기적이며 일시적인 재수화 작동이 수행되는 재수화 모드 사이에서 연료 전지 어셈블리(30)를 전환시키는데 사용될 수 있다는 것이 이해될 것이다. 재수화 작동의 주기성은 평균 온도, 습도, 전압 프로파일, 전류 프로파일 및 전력 수요 등과 같은 어떤 측정가능한 스택 작동 파라미터에 따라 조절될 수 있다. 재수화 구간의 듀티 사이클은 평균 온도, 습도, 전압 프로파일, 전류 프로파일 및 전력 수요 등과 같은 어떤 측정가능한 스택 작동 파라미터에 따라 조절될 수 있다. 바람직하게는, 절연 구간(57) 동안 0 (zero) 전류가 생기나, 낮은 전류가 생길 수 있다는 것으로 이해될 수 있을 것이다. 어떤 구현예에서, 절연 구간은 필요하지 않을 수 있다. 다른 구현예들은 의도적으로 동반하는 청구항 범위 내에 있다.

도면의 간단한 설명

[0025]

도 1은 2 개의 다른 펄스 반복 구간 (pulse repetition interval)에 대한 연료 전지의 펄스 전류 작동 (pulsed current operation)과 비교되는 연료 전지의 통상적인 정상 작동 (steady state operation)에 대한 시간에 대한 함수로서 전지 전위를 나타내는 그래프이다.

[0026]

도 2는 펄스 전류 작동과 비교되는 연료 전지의 통상적인 정상 작동에 대하여 시간에 대한 함수로서 순간 및 평균 전지 전위를 나타내는 그래프이다.

[0027]

도 3은 펄스 전류 작동 개요를 이행하기 위한 전기화학적 연료 전지 전력 유닛의 개략적인 다이어그램이다.

[0028]

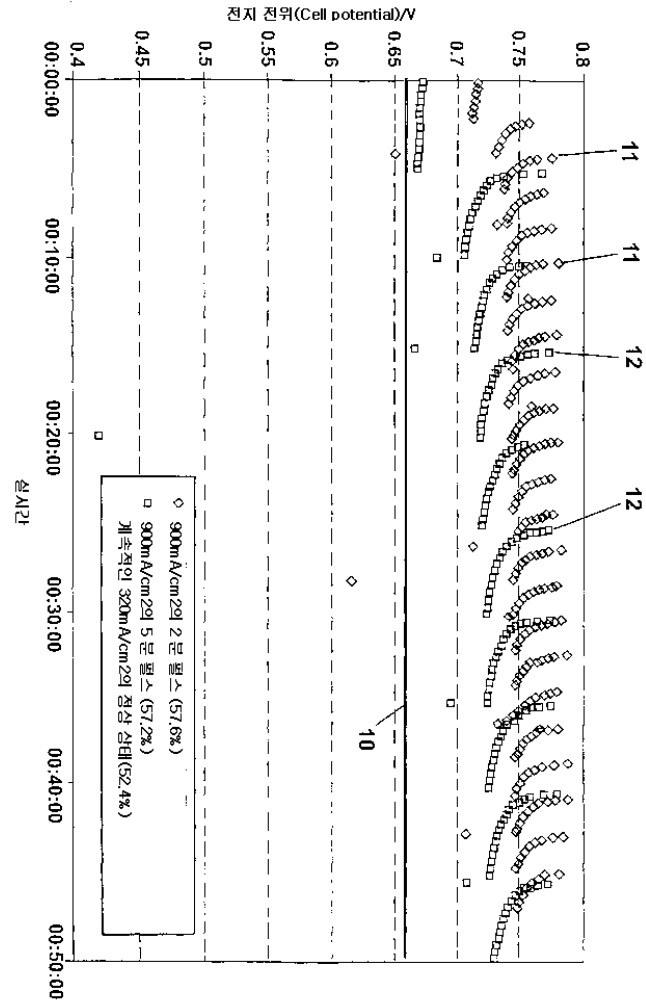
도 4는 스택 수화 펄스 전, 스택 수화 펄스 동안 및 스택 수화 펄스 후 시간에 대한 함수로서 스택 전압 및 스택 전류를 나타내는 그래프이다.

[0029]

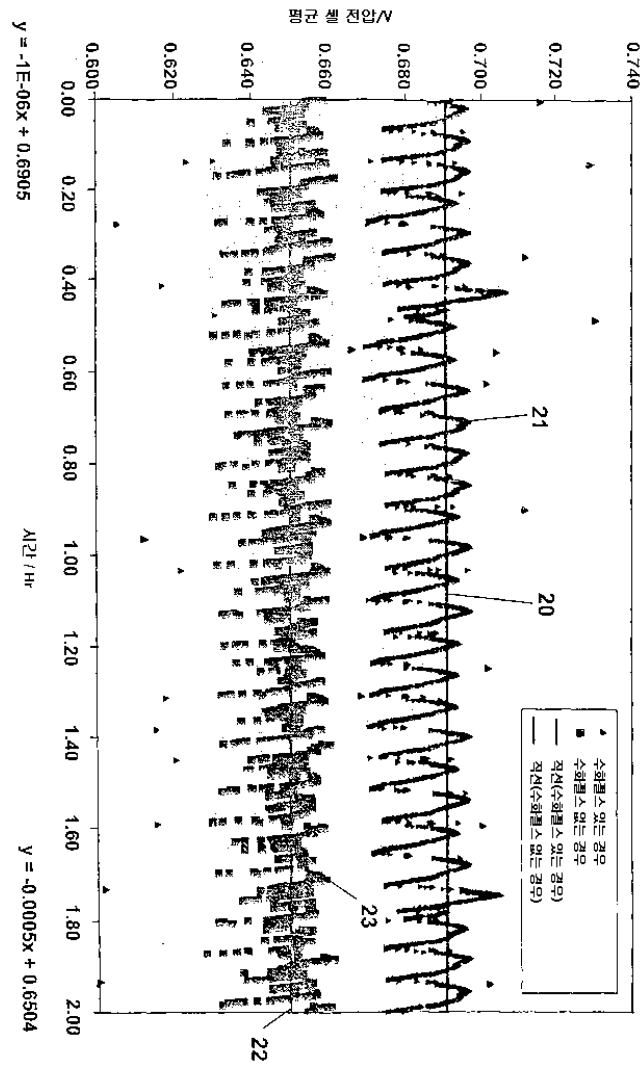
도 5는 (i) 단일층 캐소드 확산기를 구비한 연료 전지, 및 (ii) 다층 캐소드 확산기를 구비한 연료 전지에서 펄스 전류 작동에 대해 연료 전지 성능에서의 상대적인 개선을 나타내는 그래프이다.

도면

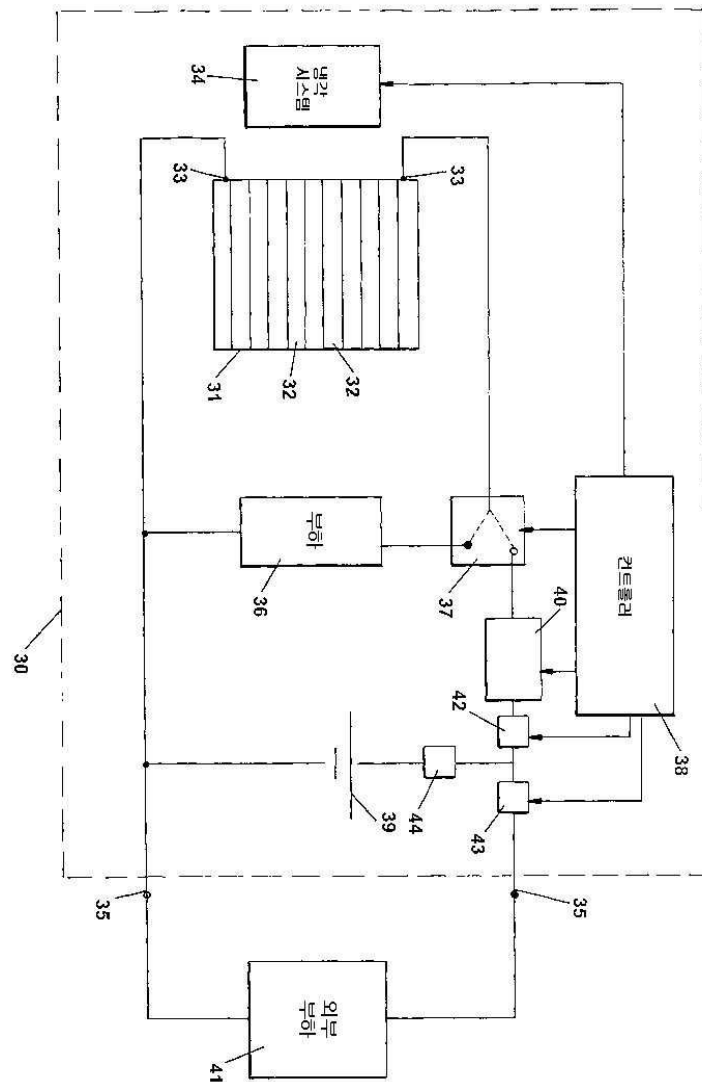
도면1



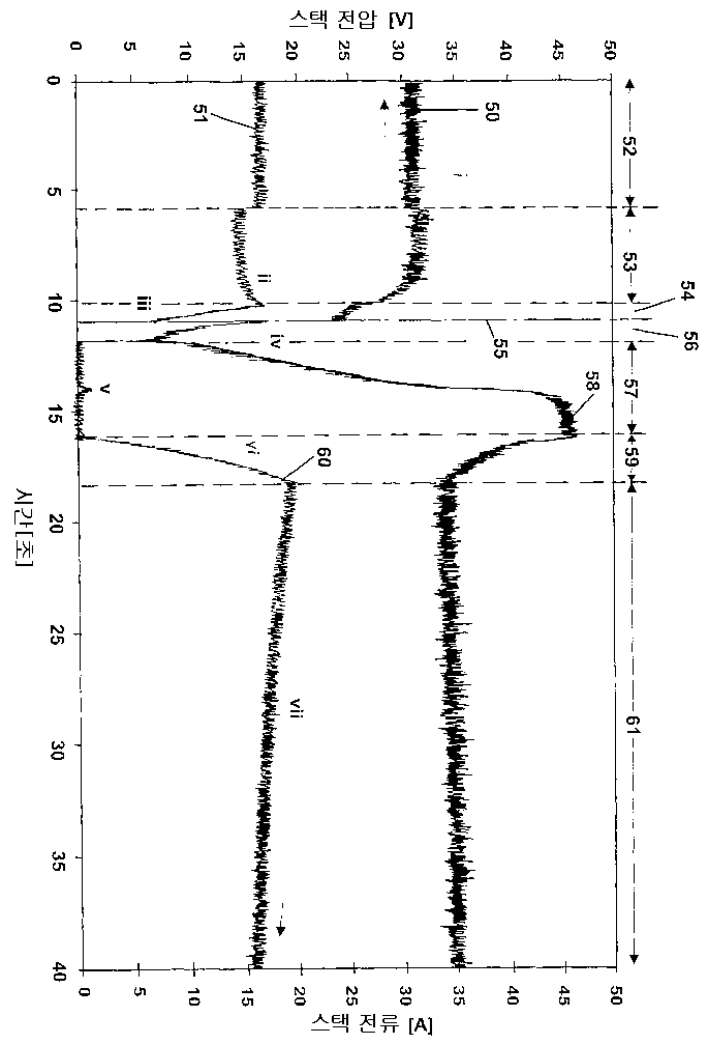
도면2



도면3



도면4



도면5

