



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0104188
(43) 공개일자 2008년12월01일

(51) Int. Cl.

H01M 8/04 (2006.01) H01M 8/10 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-7024713

(22) 출원일자 2008년10월09일

심사청구일자 2008년10월09일

번역문제출일자 2008년10월09일

(86) 국제출원번호 PCT/JP2007/057694

국제출원일자 2007년03월30일

(87) 국제공개번호 WO 2007/119688

국제공개일자 2007년10월25일

(30) 우선권주장

JP-P-2006-00107232 2006년04월10일 일본(JP)

(71) 출원인

도요다 지도샤 가부시끼가이샤

일본 아이찌켄 도요다시 도요다쵸 1번지

(72) 발명자

마나베 고타

일본국 아이치켄 도요다시 도요타쵸 1, 도요다 지도샤 가부시끼가이샤 내

(74) 대리인

특허법인화우

전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 연료전지용 온도제어시스템

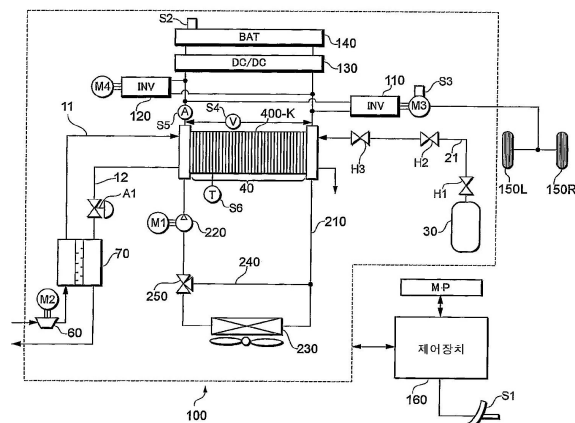
(57) 요약

본 발명은, 저온환경 하에서 시동하는 경우에도 셀 전압 불균일을 억제하는 것이 가능한 온도제어시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

본 발명에 관한 연료전지용 온도제어시스템은, 열매체를 연료전지에 유통시킴으로써 상기 연료전지의 온도를 제어하는 온도제어시스템에 있어서, 저온 운전할 때, 통상 운전시의 유량보다도 큰 유량의 열매체를 상기 연료전지에 유통시키는 유통제어수단을 구비하는 것을 특징으로 한다.

이러한 구성에 의하면, 저온 시동시의 열매체(냉각수 등)의 유량을 통상 시동시의 열매체의 유량보다도 크게 설정하고 있기 때문에, 저온 시동시에 난기(暖機)하는 경우에도 셀 간 온도 불균일을 억제할 수 있고, 결과적으로 셀 전압 불균일을 억제하는 것이 가능해진다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1

열매체를 연료전지에 유통시킴으로써 상기 연료전지의 온도를 제어하는 온도제어시스템에 있어서,

저온 운전할 때, 통상 운전시의 유량보다도 큰 유량의 열매체를 상기 연료전지에 유통시키는 유통제어수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 연료전지용 온도제어시스템.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 시스템을 시동할 때, 상기 연료전지에 관한 온도를 검출하고, 검출 결과에 의거하여 저온 시동해야 하는지 통상 시동해야 하는지를 판단하는 판단수단을 더 구비하고,

상기 유통제어수단은, 저온 시동할 때, 통상 시동시의 유량보다도 큰 유량의 열매체를 상기 연료전지에 유통시키는 것을 특징으로 하는 연료전지용 온도제어시스템.

청구항 3

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 연료전지의 끝부에는, 상기 저온 운전할 때에 상기 끝부를 가열하는 히터가 설치되어 있는 것을 특징으로 하는 연료전지용 온도제어시스템.

청구항 4

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 열매체의 유로에는, 상기 저온 운전할 때에 상기 열매체를 가열하는 히터가 설치되어 있는 것을 특징으로 하는 연료전지용 온도제어시스템.

청구항 5

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 열매체와 외기와 사이에서 열 교환시키는 라디에이터와, 상기 저온 운전할 때, 상기 라디에이터의 방열을 제한하는 제어수단을 더 구비하는 것을 특징으로 하는 연료전지용 온도제어시스템.

청구항 6

제 1항 내지 제 5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 저온 운전시에 유통시키는 상기 열매체의 유량은, 상기 시스템이 허용하는 최대 유량인 것을 특징으로 하는 연료전지용 온도제어시스템.

명세서

기술분야

<1> 본 발명은, 연료전지용 온도제어시스템에 관한 것이다.

배경기술

<2> 수소를 함유하는 연료가스와 산소를 함유하는 산화가스의 전기화학반응을 이용하여 발전을 행하는 연료전지시스템이 알려져 있다. 이러한 연료전지는 고효율, 깨끗한 발전수단이기 때문에, 이륜차나 자동차 등의 구동 동력원으로서 큰 기대를 모으고 있다.

<3> 그러나, 연료전지는 다른 전원에 비하여 기동성이 나쁘고, 특히 저온환경 하에서 시동하는 경우에는 연료전지의 끝부와 중앙부의 사이에서 셀 전압 불균일이 생긴다. 일반적으로, 복수의 셀을 적층한 연료전지의 양 끝부에는

엔드 플레이트(end plate)가 설치되어 있다(도 9 참조). 저온 시동할 때에는, 발전에 따른 자기 발열을 유효하게 이용하여 연료전지(1)를 난기(暖機)하지만, 엔드 플레이트(3)는 셀(2)에 비하여 열 용량이 크기 때문에, 양 끝부의 셀(2)의 열량이 엔드 플레이트(3)에 빼앗긴다. 이 결과, 스택 내부에서의 셀 위치에 의한 온도 구배(勾配)가 발생하고, 셀 전압 불균일이 생긴다는 문제가 있다.

<4> 이러한 문제를 감안하여, 예를 들면 연료전지의 끝부 셀에 단열판을 배치하여, 셀 간에서의 온도 구배를 억제하는 방법이 제안되어 있다(예를 들면, 특허문헌 1 참조).

<5> [특허문헌 1]

<6> 일본국 특개2004-152052호 공보

발명의 상세한 설명

<7> 그러나, 저온환경 하에서 운전(시동 등)하는 경우에는, 끝부 셀에서 방열하기 때문에 스택 내에서 더욱 큰 온도 구배가 발생한다는 문제가 있다. 또, 상기 단열판을 배치한 경우에는 시스템이 대형화 한다는 문제도 있다.

<8> 본 발명은 이상 설명한 사정을 감안하여 이루어진 것으로, 저온환경 하에서 시동하는 경우에도 셀 전압 불균일을 억제하는 것이 가능한 온도제어시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

<9> 상기한 문제를 해결하기 위하여, 본 발명에 관한 연료전지용 온도제어시스템은, 열매체를 연료전지에 유통시킴으로써 상기 연료전지의 온도를 제어하는 온도제어시스템에 있어서, 저온 운전할 때, 통상 운전시의 유량보다도 큰 유량의 열매체를 상기 연료전지에 유통시키는 유통제어수단을 구비하는 것을 특징으로 한다.

<10> 여기서, 「저온」이란, 예를 들면 상온보다 낮은 온도, 영도(零度) 근방 또는 빙점하의 경우를 말하고, 「통상 시보다 큰 유량」이란, 절대적인 유량 외에 유속, 압력도 포함하는 취지이다. 이러한 구성에 의하면, 저온 시동시의 열매체(냉각수 등)의 유량을 통상 시동시의 열매체의 유량보다도 크게 설정하고 있기 때문에, 저온 시동시에 난기하는 경우에도 셀 간 온도 불균일을 억제할 수 있고, 결과적으로 셀 전압 불균일을 억제하는 것이 가능해진다.

<11> 여기서, 상기 구성에 있어서는, 상기 시스템을 시동할 때, 상기 연료전지에 관한 온도를 검출하고, 검출결과에 의거하여 저온 시동해야 하는지 통상 시동해야 하는지를 판단하는 판단수단을 더 구비하고, 상기 유통제어수단은, 저온 시동할 때, 통상 시동시의 유량보다도 큰 유량의 열매체를 상기 연료전지에 유통시키는 구성이 바람직하다.

<12> 또, 상기 저온 운전시에 연료전지의 끝부를 가열하는 히터를 설치하거나, 상기 저온 운전시에 상기 열매체를 가열하는 히터를 설치한 구성이 바람직하다(도 6~도 8 참조). 또한, 상기 저온 운전시에 유통시키는 상기 열매체의 유량은, 상기 시스템이 허용하는 최대 유량이어도 된다.

<13> 이상 설명한 바와 같이, 본 발명에 의하면, 저온환경 하에서 시동하는 경우에도 셀 전압 불균일을 억제하는 것이 가능해진다.

실시예

<23> 이하, 본 발명에 관한 실시형태에 대하여 도면을 참조하면서 설명한다.

<24> A. 본 실시형태

<25> 도 1은 본 실시형태에 관한 연료전지시스템(100)의 주요부 구성을 나타내는 도면이다. 본 실시형태에서는, 연료전지 자동차(FCHV), 전기 자동차, 하이브리드 자동차 등의 차량에 탑재되는 연료전지시스템을 상정하지만, 차량뿐 아니라 각종 이동체(예를 들면, 선박이나 비행기, 로봇 등)나 정지형(定置型) 전원에도 적용 가능하다.

<26> 연료전지(40)는, 공급되는 반응가스(연료가스 및 산화가스)로부터 전력을 발생하는 수단이고, MEA(막/전극 집합체) 등을 구비한 복수의 단셀(400-k)(1≤k≤n)을 직렬로 적층한 스택 구조를 가지고 있다. 구체적으로는, 고체고분자형, 인산형, 용융탄산염형 등 여러가지 타입의 연료전지를 이용할 수 있다.

<27> 연료가스공급원(30)은, 연료전지(40)에 수소가스 등의 연료가스를 공급하는 수단이고, 예를 들면 고압수소탱크, 수소저장탱크 등에 의하여 구성된다. 연료가스공급로(21)는, 연료가스공급원(30)으로부터 방출되는 연료가스를 연료전지(40)의 애노드극으로 유도하기 위한 가스유로이고, 그 가스유로에는 상류에서 하류에 걸쳐 탱크밸브(H1), 수소공급밸브(H2), FC입구밸브(H3) 등의 밸브가 설치되어 있다. 탱크밸브(H1), 수소공급밸브(H2), FC입구

밸브(H3)는, 연료가스공급로(21)나 연료전지(40)에 연료가스를 공급(또는 차단)하기 위한 섷(shut) 밸브이고, 예를 들면 전자밸브에 의하여 구성되어 있다.

- <28> 에어컴프레서(60)는, 에어필터(도시 생략)를 거쳐 외기(外氣)로부터 받아들인 산소(산화가스)를 연료전지(40)의 캐소드극에 공급한다. 연료전지(40)의 캐소드로부터는 캐소드 오프 가스가 배출된다. 캐소드 오프 가스에는, 연료전지(40)의 전지 반응에 공급한 후의 산소 오프 가스 등이 함유된다. 이 캐소드 오프 가스는, 연료전지(40)의 전지 반응에 의해 생성된 수분을 함유하기 때문에 고습윤 상태로 되어 있다.
- <29> 가습모듈(70)은, 산화가스공급로(11)를 흐르는 저습윤 상태의 산화가스와, 캐소드 오프 가스 유로(12)를 흐르는 고습윤 상태의 캐소드 오프 가스와의 사이에서 수분 교환을 행하여, 연료전지(40)에 공급되는 산화가스를 적절하게 가습한다. 연료전지(40)에 공급되는 산화가스의 배압은, 캐소드 오프 가스 유로(12)의 캐소드 출구 부근에 설치된 압력조정밸브(A1)에 의하여 조압된다.
- <30> 연료전지(40)에서 발전된 직류 전력의 일부는 DC/DC 컨버터(130)에 의하여 강압되고, 배터리(140)에 충전된다.
- <31> 배터리(140)는, 충방전 가능한 2차 전지이고, 여러가지 타입의 2차 전지(예를 들면 니켈수소 배터리 등)에 의해 구성되어 있다. 물론, 배터리(140) 대신 2차 전지 이외의 충방전 가능한 축전기, 예를 들면 커패시터를 사용하여도 된다.
- <32> 트랙션 인버터(110) 및 보조기계 인버터(120)는, 펄스 폭 변조 방식의 PWM 인버터이고, 부여되는 제어 지령에 따라 연료전지(40) 또는 배터리(140)로부터 출력되는 직류전력을 3상 교류전력으로 변환하여 트랙션 모터(M3) 및 보조기계 모터(M4)에 공급한다.
- <33> 트랙션 모터(M3)는 차륜(150L, 150R)을 구동하기 위한 모터이고, 보조기계 모터(M4)는 각종 보조기계류를 구동하기 위한 모터이다. 또한, 보조기계 모터(M4)는 에어컴프레서(60)를 구동하는 모터(M2), 냉각수 펌프(220)를 구동하는 모터(M1) 등을 총칭하고 있다.
- <34> 냉각시스템(200)은, 부동액 냉각수(열매체) 등을 연료전지(40)에 순환시켜 각 셀(400-k)의 온도를 제어하는 것이고, 냉각수를 연료전지(40)에 순환시키기 위한 냉각수 순환로(210), 냉각수의 유량을 조정하기 위한 냉각수 펌프(220), 냉각수를 냉각하기 위한 라디에이터(230)를 구비하고 있다. 각 셀(400-k)을 순환하는 냉각수는, 라디에이터(230)에서 외기와 열교환되어 냉각된다. 또, 냉각 시스템(200)에는, 냉각수에 대하여 라디에이터(230)를 바이패스시키는 바이패스 유로(240)가 설치되어 있다. 라디에이터(230)를 통과시키는 냉각수의 유량과 라디에이터(230)를 바이패스시키는 냉각수의 바이패스 유량의 유량비는, 로터리 밸브(250)의 개도를 조정함으로써 원하는 값으로 제어된다.
- <35> 제어장치(160)는, CPU, ROM, RAM 등에 의해 구성되고, 입력되는 각 센서신호에 의거하여, 상기 시스템의 각부를 중추적으로 제어한다. 구체적으로는, 엑셀러레이터 페달 개도를 검출하는 엑셀러레이터 페달센서(s1), 배터리(140)의 충전상태(SOC)(State Of Charge)를 검출하는 SOC 센서(s2), 트랙션 모터(M3)의 회전수를 검지하는 T/C 모터 회전수 검지센서(s3), 연료전지(40)의 출력 전압, 출력 전류, 내부 온도를 각각 검출하는 전압센서(s4), 전류센서(s5), 온도센서(s6) 등으로부터 입력되는 각 센서신호에 의거하여, 인버터(110, 120)의 출력 펄스 폭 등을 제어한다.
- <36> 또, 제어장치(유통제어수단)(160)는, 온도센서(s6)에 의하여 검출되는 시스템 기동시의 연료전지(40)의 온도에 의거하여, 냉각수 순환로(210)에 흘리는 냉각수의 유량을 조정한다(상세는 뒤에서 설명).
- <37> 도 2는, 연료전지의 온도 분포를 나타내는 도면으로, 저온 시동시의 셀의 온도 구배를 실선으로 나타내고, 난기 완료 후의 통상 운전시의 셀의 온도 구배를 파선으로 나타내고 있다. 또, 가로축에 셀 번호(n= 200), 세로축에 온도를 나타낸다.
- <38> 도 2에 나타내는 바와 같이, 난기 완료 후의 통상 운전상태에서는 각 셀의 온도는 대략 균일한 데 대하여, 저온 시동시의 난기 운전상태에서는 끝부 셀의 승온이 중앙 셀의 승온에 비하여 느리다(해결하고자 하는 과제에 함참조).
- <39> 도 3은, 연료전지의 전류·전압 특성(이하, IV 특성)의 온도 의존성을 나타내는 도면이고, 60℃, 40℃, 20℃, -10℃의 IV 특성을 각각 나타낸다.
- <40> 도 3에 나타내는 바와 같이, 연료전지(40)의 IV 특성에는 온도 의존성이 있고, 온도가 낮을수록 IV 특성이 나빠

진다. 여기서, 연료전지(40)를 구성하는 각 셀은 직렬로 접속되어 있기 때문에, 어느 셀에도 동일 전류[(예를 들면 도 3에 나타내는 전류(I_t))]가 흐른다. 도 4는, 전류(I_t)가 흐르는 경우의 각 온도에서의 셀 전압을 시계열로 나타낸 것이다. 도 4에 나타내는 바와 같이, 온도가 낮을수록(IV 특성이 나쁠수록) 셀 전압이 낮아진다. 극단적인 예로서 도 3 및 도 4에서는 -10°C 의 IV 특성, 셀 전압을 나타내고 있지만, 이러한 특성을 가지는 셀이 연료전지(40) 중에 존재하면, 그 셀 전압은 역전위가 되고, 전류 제한 또는 시스템 정지 등의 처리가 필요하게 된다. 이러한 사정을 감안하여, 본 실시형태에서는 저온 시동시에 있어서의 셀 간 온도 불균일을 억제함으로써, 셀 전압 불균일의 억제를 도모하고 있다. 이하, 셀 간 온도 불균일을 억제하기 위한 구체적인 방법에 대하여 설명한다.

- <41> 도 5는, 시스템 시동시에 제어장치(160)에 의하여 실행되는 처리를 나타내는 도면이다.
- <42> 제어장치(160)는, 이그니션키가 ON 되는 등으로 하여 조작부로부터 시스템의 시동 명령을 받으면, 온도센서(s6)에 의하여 검지되는 연료전지(40)의 온도(T_s)를 파악한다(단계 S1). 또한, 연료전지(40)의 온도(T_s)를 이용하는 대신 외기 온도나 냉각수의 온도(연료전지에 관한 온도)를 이용하여도 된다.
- <43> 제어장치(판단수단)(160)는, 연료전지(40)의 온도(T_s)의 검출결과에 의거하여 저온 시동해야 하는지 통상 시동해야 하는지를 판단한다. 상세하게 설명하면, 제어장치(160)는 시스템 시동시의 연료전지(40)의 온도(T_s)가 미리 설정된 기준 온도(T_{th})를 넘은 경우에는(단계 S2 ; NO), 단계 S6으로 진행하여, 통상 시동처리를 행하는 한편, 시스템 시동시의 연료전지(40)의 온도(T_s)가 미리 설정된 기준 온도(T_{th}) 이하인 경우에는(단계 S2 ; YES), 저온 시동해야 한다고 판단하여, 단계 S3으로 진행한다. 기준 온도(T_{th})로서는, 예를 들면 상온보다 낮은 온도, 영도 근방 또는 빙점하 등을 들 수 있지만, 어느 온도로 설정할지는 임의이다.
- <44> 제어장치(160)는, 단계 S3에서 메모리에 저장되어 있는 저온 시동용의 통수(通水) 제어 맵(MP)을 참조하여, 냉각 시스템에 순환시키는 냉각수의 유량을 조정한다. 이 저온 시동용의 통수 제어 맵(MP)에는, 냉각수의 통수량과 냉각 펌프(220)의 회전수가 대응지어져 등록되어 있다. 저온 시동시에서의 통수량($W1$)은, 통상 시동시에서의 통수량(W_h)($< W1$)보다도 큰 값으로 설정되어 있다. 또한, 저온 시동시에서의 통수량으로서 시스템이 허용하는 최대 통수량을 설정하여도 되지만, 셀 간 온도 불균일을 억제할 수 있는 통수량이면 어떠한 값이어도 된다. 물론, 통수량뿐 아니라, 유속이나 압력을 제어하여도 된다. 또한, 통수량은 일정하게 한정하는 취지가 아니라, 연료전지(40)의 온도나 출력 전압 등에 따라 적절하게 변경하여도 된다.
- <45> 제어장치(160)는, 저온 시동용의 통수 제어 맵(MP1)을 이용하여 냉각수의 통수 제어를 개시하면, 발전에 따르는 자기 발열을 유효하게 이용하여 연료전지(40)의 난기를 개시한다(단계 S4). 구체적으로는, 산화가스 결핍상태에서 연료전지(40)를 운전(저효율 운전)함으로써, 효율적으로 연료전지(40)를 난기한다. 제어장치(160)는, 단계 S5로 진행하면, 온도센서(s6)에 의하여 검지되는 연료전지(40)의 온도(T_s)를 파악하고, 설정된 목표온도(T_o)에 도달하였는지의 여부를 판단한다. 아직 목표온도(T_o)에 도달하지 않았다고 판단한 경우에는, 단계 S3으로 되돌아가, 상기한 일련의 처리를 반복하여 실행하는 한편, 목표온도(T_o)에 도달해 있다고 판단한 경우에는 난기 운전을 종료하고, 통상 운전을 개시한다.
- <46> 이상 설명한 바와 같이, 본 실시형태에 의하면, 저온 시동시의 냉각수의 통수량을 통상 시동시의 냉각수의 통수량보다도 크게 설정하고 있기 때문에, 난기 운전을 행하는 경우에도 셀 간 온도 불균일을 억제할 수 있고, 연료전지 전체로서 균질한 승온 특성을 얻는 것이 가능해진다. 또, 저온에서 운전(저온 운전)하는 것이면, 시동시에 한정되지 않는 것은 물론이다.
- <47> B. 변형예
- <48> (1) 상기한 실시형태에서는, 냉각수에 대하여 라디에이터(230)를 바이패스시키는 바이패스 유로(240)를 설치하고, 라디에이터(230)를 통과시키는 냉각수의 유량과 라디에이터(230)를 바이패스시키는 냉각수의 바이패스 유량의 유량비를 제어함으로써 라디에이터(230)의 방열 제한을 행하였지만, 냉각 팬의 구동을 제어함으로써 라디에이터(230)의 방열 제한을 행하여도 된다.
- <49> (2) 또, 상기한 본 실시형태에서는, 통수량을 제어함으로써 셀 간 온도 불균일을 억제하였지만, 이것에 더하여(또는 바꾸어) 냉각수의 온도 등을 제어함으로써, 단시간에 균질한 승온을 실현하여도 된다. 구체적으로는, 도 6에 나타내는 바와 같이 연료전지(40)의 끝부에 가열용의 히터(190)를 설치하여, 끝부 셀의 온도를 제어함으로써 끝부 셀의 승온 지연을 방지하여도 된다. 또, 바이패스 유로(240)나(도 7 참조), 냉각수 순환로(210)에 히터(190)를 설치하고(도 8 참조), 냉각수의 온도를 제어함으로써 셀 간 온도 불균일을 억제하도록 하여도 된다. 또, 바이패스 유로(240)에 히터(190)를 설치한 경우에는, 통상 냉각시(냉각수의 온도제어를 행하지 않을 때)의

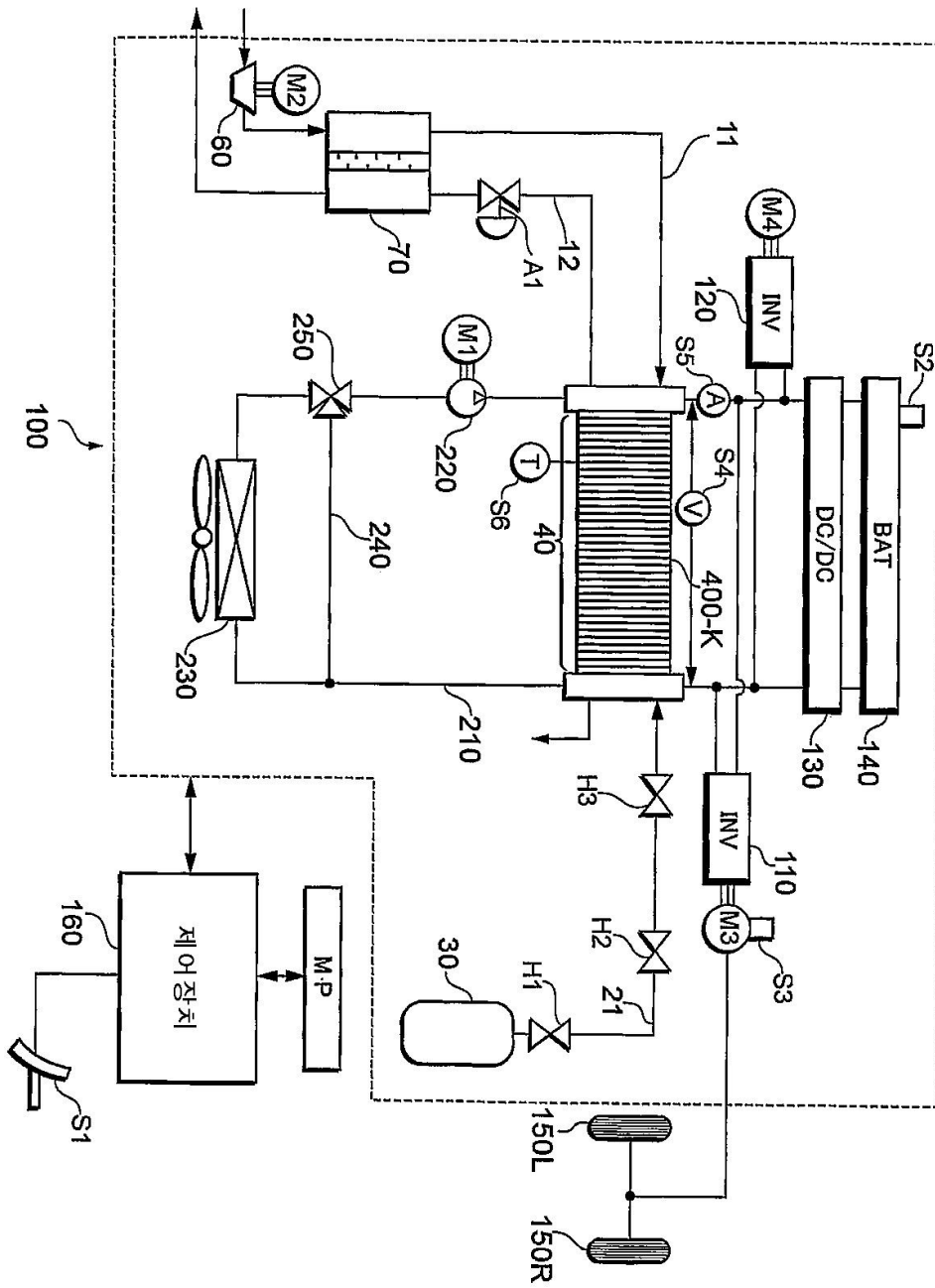
압력 손실을 저감하는 것이 가능해진다.

도면의 간단한 설명

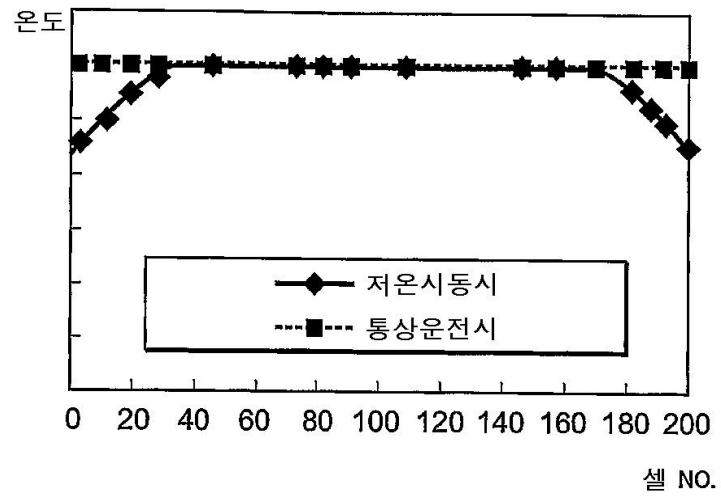
- <14> 도 1은, 본 실시형태에 관한 연료전지시스템의 주요부 구성을 나타내는 도,
- <15> 도 2는, 상기 실시형태에 관한 연료전지의 온도 분포를 나타내는 도,
- <16> 도 3은, 상기 실시형태에 관한 연료전지의 IV 특성의 온도 의존성을 나타내는 도,
- <17> 도 4는, 상기 실시형태에 관한 각 온도에서의 셀 전압을 시계열로 나타낸 도,
- <18> 도 5는, 상기 실시형태에 관한 시스템 시동시의 동작을 나타내는 플로우 차트,
- <19> 도 6은, 변형예에 관한 히터의 설치예를 나타내는 도,
- <20> 도 7은, 변형예에 관한 히터의 설치예를 나타내는 도,
- <21> 도 8은, 변형예에 관한 히터의 설치예를 나타내는 도,
- <22> 도 9는, 연료전지의 개략 구성을 나타내는 도면이다.

도면

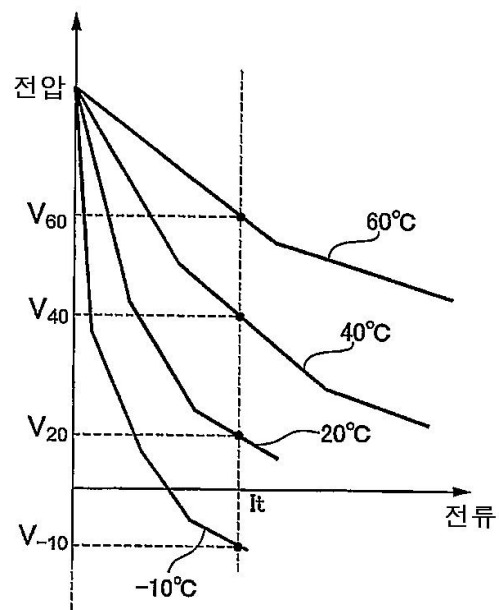
도면1



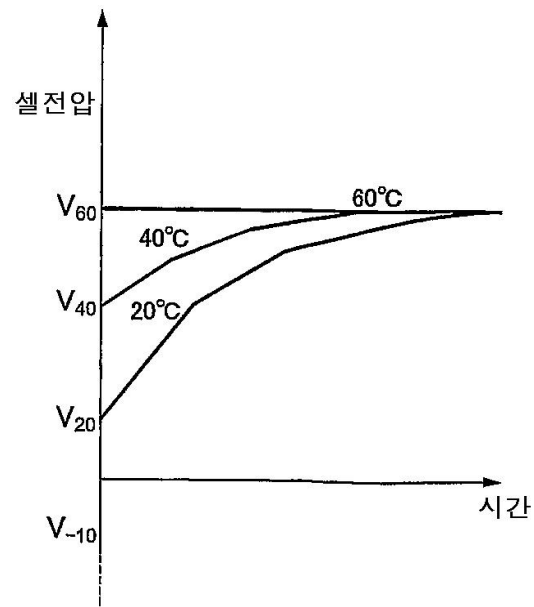
도면2



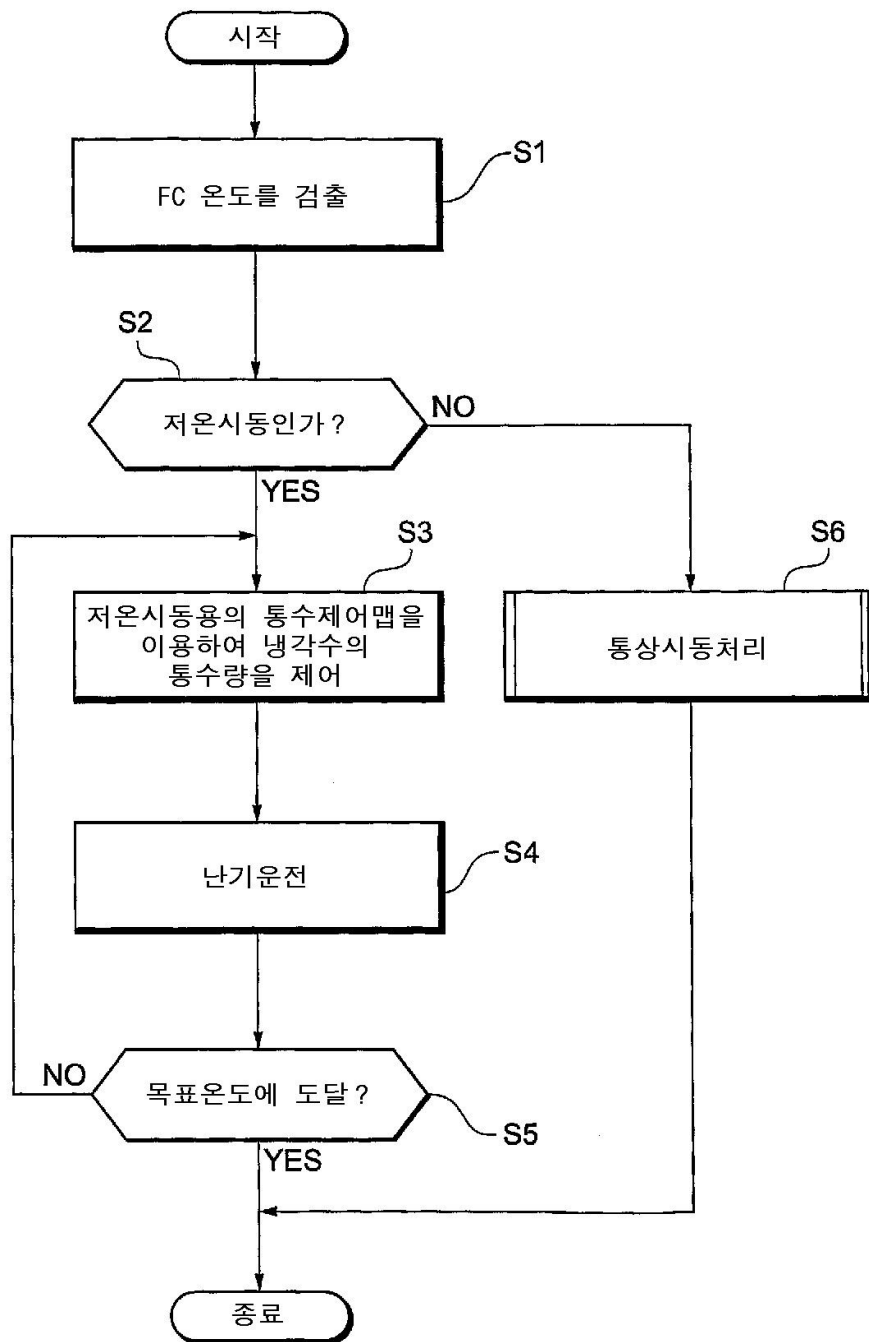
도면3



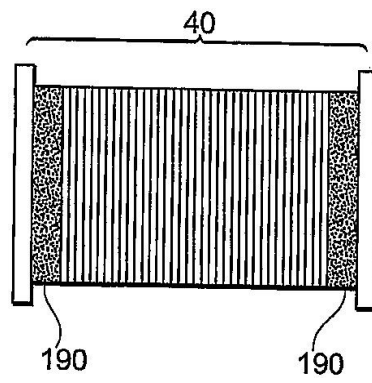
도면4



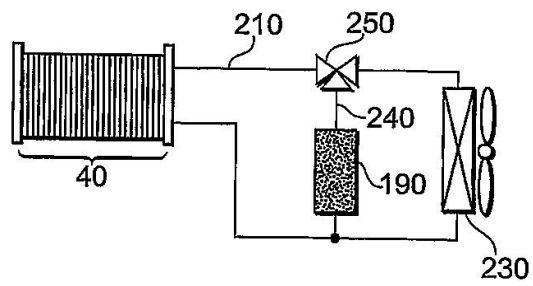
도면5



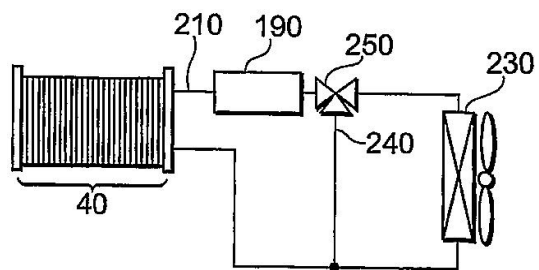
도면6



도면7



도면8



도면9

