



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년10월16일

(11) 등록번호 10-2032897

(24) 등록일자 2019년10월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01M 8/04 (2016.01)

(52) CPC특허분류

H01M 8/04223 (2013.01)

H01M 8/04298 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0154927

(22) 출원일자 2015년11월05일

심사청구일자 2015년11월05일

(65) 공개번호 10-2016-0055698

(43) 공개일자 2016년05월18일

(30) 우선권주장

JP-P-2014-227684 2014년11월10일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

JP2010020923 A*

JP2006156181 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

도요타지도샤가부시키가이샤

일본 아이치켄 도요타시 도요타초 1

(72) 발명자

나가누마 요시아키

일본 아이치켄 도요타시 도요타초 1반지 도요타지
도샤가부시키가이샤 내

도이다 마사시

일본 아이치켄 도요타시 도요타초 1반지 도요타지
도샤가부시키가이샤 내

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

양영준, 성재동

전체 청구항 수 : 총 12 항

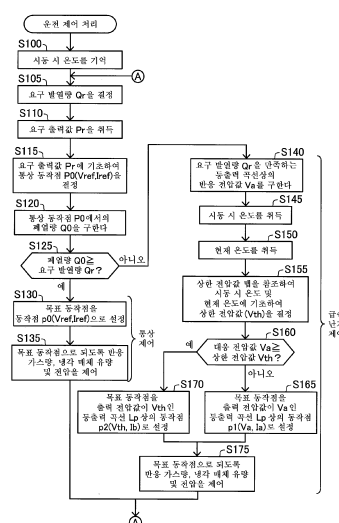
심사관 : 홍성란

(54) 발명의 명칭 연료 전지의 운전 제어 방법 및 연료 전지의 운전 제어 장치

(57) 요약

본 발명은, 저온 환경하에서의 연료 전지 시동 시에 있어서의 가스 확산성의 저하를 억제하는 것을 과제로 한다. 연료 전지의 운전 제어 방법은, 연료 전지의 시동 시 온도를 취득하는 공정과, 연료 전지의 현재 온도를 취득하는 공정과, 연료 전지의 출력 전압값 및 출력 전류값에 의해 특정되는 연료 전지의 현재의 목표 동작점을, 시동 시 온도에 기초하거나 또는 시동 시 온도 및 현재 온도에 기초하여 설정하는 공정과, 연료 전지의 동작점이 목표 동작점으로 되도록, 반응 가스의 유량과 연료 전지의 출력 전압 중 적어도 하나를 제어하는 공정을 구비하고, 목표 동작점을 설정하는 공정은, 현재 온도가 동일한 경우에, 시동 시 온도가 낮을 때의 쪽이 시동 시 온도가 높을 때에 비해서 낮은 출력 전압값의 동작점을, 목표 동작점으로서 설정하는 공정을 포함한다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류

H01M 8/04365 (2013.01)

H01M 8/04559 (2013.01)

H01M 8/04589 (2013.01)

Y02E 60/521 (2013.01)

(72) 발명자

오가와 도모히로

일본 아이치켄 도요타시 도요타초 1반지 도요타지
도샤가부시킴가이사 내

마루오 츠요시

일본 아이치켄 도요타시 도요타초 1반지 도요타지
도샤가부시킴가이사 내

명세서

청구범위

청구항 1

연료 전지의 운전 제어 방법이며,

상기 연료 전지의 시동 시 온도를 취득하는 공정과,

상기 연료 전지의 현재 온도를 취득하는 공정과,

상기 연료 전지의 출력 전압값 및 출력 전류값에 의해 특정되는 상기 연료 전지의 현재의 목표 동작점을, 상기 시동 시 온도에 기초하거나 또는 상기 시동 시 온도 및 상기 현재 온도에 기초하여 설정하는 공정과,

상기 연료 전지의 동작점이 상기 목표 동작점으로 되도록, 상기 연료 전지에 공급하는 반응 가스의 유량과, 상기 연료 전지의 출력 전압 중 적어도 하나를 제어하는 공정

을 구비하고,

상기 목표 동작점을 설정하는 공정은, 상기 현재 온도가 동일한 경우에, 상기 시동 시 온도가 낮을 때의 쪽이 상기 시동 시 온도가 높을 때에 비해서 낮은 출력 전압값의 동작점을, 상기 목표 동작점으로서 설정하는 공정을 포함하는, 연료 전지의 운전 제어 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 목표 동작점을 설정하는 공정은, 상기 시동 시 온도가 동일한 경우에, 상기 현재 온도가 높을 때의 쪽이 상기 현재 온도가 낮을 때에 비해서 높은 출력 전압값의 동작점을, 상기 목표 동작점으로서 설정하는 공정을 포함하는, 연료 전지의 운전 제어 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 목표 동작점을 설정하는 공정은, 상기 시동 시 온도가 0℃ 이하인 경우에 실행되는, 연료 전지의 운전 제어 방법.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 목표 동작점을 설정하는 공정은, 상기 목표 동작점의 출력 전압값이, 상기 목표 동작점을 통과하는 등출력 곡선과 상기 연료 전지의 전류 대 전압 특성 곡선의 교점인 통상 동작점의 출력 전압값보다도 낮아지도록, 상기 목표 동작점을 설정하는 공정을 포함하는, 연료 전지의 운전 제어 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제어 공정은, 상기 연료 전지의 현재의 동작점이 상기 전류 대 전압 특성 곡선상의 동작점인 통상 동작점과 일치하는 경우에 비하여, 상기 연료 전지에 공급하는 상기 반응 가스의 유량을 적게 하여, 상기 통상 동작점에서의 동작 시에 비하여 전력 손실이 큰 저효율 운전을 실행하는 공정을 포함하는, 연료 전지의 운전 제어 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 시동 시 온도 및 상기 현재 온도에 따른 상기 목표 동작점의 출력 전압값의 상한값을, 기억 장치에 미리

기억하는 공정을 더 구비하고,

상기 기억 공정은, 상기 상한값으로서, 상기 현재 온도가 동일한 경우에, 상기 시동 시 온도가 낮을 때의 쪽이 상기 시동 시 온도가 높을 때에 비해서 낮은 값을 상기 기억 장치에 기억하는 공정을 포함하고,

상기 목표 동작점을 설정하는 공정은, 상기 목표 동작점의 출력 전압값이, 상기 시동 시 온도 및 상기 현재 온도에 의해 특정되는 출력 전압값의 상한값 이하로 되도록, 상기 목표 동작점을 설정하는 공정을 포함하는, 연료 전지의 운전 제어 방법.

청구항 7

연료 전지의 운전 제어 장치이며,

상기 연료 전지의 시동 시 온도를 취득하는 시동 시 온도 취득부와,

상기 연료 전지의 현재 온도를 취득하는 현재 온도 취득부와,

상기 연료 전지의 출력 전압값 및 출력 전류값에 의해 특정되는 상기 연료 전지의 현재의 목표 동작점을, 상기 시동 시 온도에 기초하거나 또는 상기 시동 시 온도 및 상기 현재 온도에 기초하여 설정하는 목표 동작점 설정부와,

상기 연료 전지의 동작점이 상기 목표 동작점으로 되도록, 상기 연료 전지에 공급하는 반응 가스의 유량과, 상기 연료 전지의 출력 전압 중 적어도 하나를 제어하는 통상 운전 제어부

를 구비하고,

상기 목표 동작점 설정부는, 상기 현재 온도가 동일한 경우에, 상기 시동 시 온도가 낮을 때의 쪽이 상기 시동 시 온도가 높을 때에 비해서 낮은 출력 전압값의 동작점을, 상기 목표 동작점으로서 설정하는, 연료 전지의 운전 제어 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 목표 동작점 설정부는, 상기 시동 시 온도가 동일한 경우에, 상기 현재 온도가 높을 때의 쪽이 상기 현재 온도가 낮을 때에 비해서 높은 출력 전압값의 동작점을, 상기 목표 동작점으로서 설정하는, 연료 전지의 운전 제어 장치.

청구항 9

제7항 또는 제8항에 있어서,

상기 목표 동작점 설정부는, 상기 시동 시 온도가 0℃ 이하인 경우에, 상기 목표 동작점을 설정하는, 연료 전지의 운전 제어 장치.

청구항 10

제7항 또는 제8항에 있어서,

상기 목표 동작점 설정부는, 상기 목표 동작점의 출력 전압값이, 상기 목표 동작점을 통과하는 등출력 곡선과 상기 연료 전지의 전류 대 전압 특성 곡선의 교점인 통상 동작점의 출력 전압값보다도 낮아지도록, 상기 목표 동작점을 설정하는, 연료 전지의 운전 제어 장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 연료 전지의 현재의 동작점이 상기 전류 대 전압 특성 곡선상의 동작점인 통상 동작점과 일치하는 경우에 비하여, 상기 연료 전지에 공급하는 상기 반응 가스의 유량을 적게 하여, 상기 통상 동작점에서의 동작 시에 비하여 전력 손실이 큰 저효율 운전을 실행하는 급속 난기 제어부를 더 구비하는, 연료 전지의 운전 제어 장치.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 시동 시 온도 및 상기 현재 온도에 따른 상기 목표 동작점의 출력 전압값의 상한값을 미리 기억하는 기억 장치를 더 구비하고,

상기 기억 장치는, 상기 상한값으로서, 상기 현재 온도가 동일한 경우에, 상기 시동 시 온도가 낮을 때의 쪽이 상기 시동 시 온도가 높을 때에 비해서 낮은 값을 기억하고,

상기 목표 동작점 설정부는, 상기 목표 동작점의 출력 전압값이, 상기 시동 시 온도 및 상기 현재 온도에 의해 특정되는 출력 전압값의 상한값 이하로 되도록, 상기 목표 동작점을 설정하는, 연료 전지의 운전 제어 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본원은, 2014년 11월 10일에 출원된 출원번호 제2014-227684호의 일본 특허 출원에 기초하는 우선권을 주장하고, 그 개시의 전부가 참조에 의해 본원에 도입된다.

[0002] 본 발명은, 연료 전지의 운전 제어에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 빙점하 등의 저온 환경하에 있어서의 연료 전지의 시동 시 안정성을 향상시키기 위해서, 통상 운전 시보다도 저효율로 연료 전지를 운전시킴으로써 폐열을 증가시켜서, 연료 전지를 단시간에 승온시키는 기술이 제안되어 있다. JP2010-186599A에 기재된 연료 전지 시스템에서는, 시동 시에 측정된 연료 전지의 임피던스 또는 전회 운전 종료 시의 소기 에어량에 기초하여 연료 전지 내의 잔수량을 구하고, 이러한 잔수량이 많고 또한 시동 시의 연료 전지의 온도가 낮은 경우에, 연료 전지 내에 있어서의 냉각 매체의 순환을 정지하면서 저효율 운전을 실행한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 그러나, 저효율 운전 시에 있어서의 연료 전지의 목표 동작점의 전압값이 높으면, 승온해서 빙점을 돌파할 때까지의 동안에 생성되는 물의 양이 많아지기 때문에, 또한, 폐열이 적어지기 때문에, 생성수가 동결해서 연료 전지 내의 반응 가스의 확산성이 저하되어, 연료 전지의 출력 안정성이 현저하게 저하된다는 새로운 과제를, 본원 발명자에 의해 알게 되었다. 또한, 연료 전지의 현재 온도가 동일하더라도 시동 시 온도가 빙점하이고 보다 낮은 온도인 경우에는, 재동결해 버린다고 하는 과제도 있다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 발명은, 전술한 과제의 적어도 일부를 해결하기 위해 이루어진 것으로, 이하의 형태로서 실현하는 것이 가능하다.

[0006] (1) 본 발명의 일 형태에 의하면, 연료 전지의 운전 제어 방법이 제공된다. 이 방법은, 상기 연료 전지의 시동 시 온도를 취득하는 공정과, 상기 연료 전지의 현재 온도를 취득하는 공정과, 상기 연료 전지의 출력 전압값 및 출력 전류값에 의해 특정되는 상기 연료 전지의 현재의 목표 동작점을, 상기 시동 시 온도에 기초하거나 또는 상기 시동 시 온도 및 상기 현재 온도에 기초하여 설정하는 공정과, 상기 연료 전지의 동작점이 상기 목표 동작점으로 되도록, 상기 연료 전지에 공급하는 반응 가스의 유량과, 상기 연료 전지의 출력 전압 중 적어도 하나를 제어하는 공정을 구비하고, 상기 목표 동작점을 설정하는 공정은, 상기 현재 온도가 동일한 경우에, 상기 시동 시 온도가 낮을 때의 쪽이 상기 시동 시 온도가 높을 때에 비해서 낮은 출력 전압값의 동작점을, 상기 목표 동작점으로서 설정하는 공정을 포함한다. 이 형태의 연료 전지의 운전 제어 방법에 의하면, 현재 온도가 동일하면 시동 시 온도가 낮을 때의 쪽이 시동 시 온도가 높을 때에 비해서 낮은 출력 전압값의 목표 동작점이 설정되기 때문에, 현재 온도가 동일한 경우에 시동 시 온도에 관계없이 일정한 출력 전압값의 목표 동작점이 설정되는 구성, 및 현재 온도가 동일한 경우에 시동 시 온도가 낮을 때의 쪽이 시동 시 온도가 높을 때에 비해서 높은 출력 전압값의 목표 동작점이 설정되는 구성과 비교하여, 연료 전지에 있어서의 생성수의 양을 저감시킬 수 있다. 또는, 폐열량을 보다 많게 하여 생성수의 동결을 억제할 수 있다. 이로 인해, 저온 환경하에서의 연료 전지의

시동 시에 있어서의 반응 가스의 확산성의 저하를 억제할 수 있다.

[0007] (2) 상기 형태의 연료 전지의 운전 제어 방법에 있어서, 상기 목표 동작점을 설정하는 공정은, 상기 시동 시 온도가 동일한 경우에, 상기 현재 온도가 높을 때의 쪽이 상기 현재 온도가 낮을 때에 비해서 높은 출력 전압값의 동작점을, 상기 목표 동작점으로서 설정하는 공정을 포함하여도 된다. 현재 온도가 보다 높을수록, 연료 전지를 소정 온도까지 승온시키기 위해 필요로 하는 열량은 작아진다. 이로 인해, 상기 형태의 연료 전지의 운전 제어 방법에 의하면, 시동 시 온도가 동일한 경우에, 현재 온도가 높을 때의 쪽이 현재 온도가 낮을 때에 비해서 높은 출력 전압값의 동작점을 목표 동작점으로서 설정하므로, 현재 온도의 값에 관계없이 목표 동작점의 출력 전압값을 일정하게 하는 구성에 비하여 연료 전지를 고효율로 운전할 수 있다. 이로 인해, 연료 전지의 연비 저하를 억제할 수 있다.

[0008] (3) 상기 형태의 연료 전지의 운전 제어 방법에 있어서, 상기 목표 동작점을 설정하는 공정은, 상기 시동 시 온도가 0℃ 이하인 경우에 실행되어도 된다. 이 형태의 연료 전지의 운전 제어 방법에 의하면, 시동 시 온도가 0℃ 이하이기 때문에 생성수가 동결해서 가스 확산성이 저하되기 쉬운 경우에 목표 동작점을 설정하는 공정이 실행되므로, 생성수의 동결에 수반하는 가스 확산성의 저하를 보다 높은 확실성으로 억제할 수 있다.

[0009] (4) 상기 형태의 연료 전지의 운전 제어 방법에 있어서, 상기 목표 동작점을 설정하는 공정은, 상기 목표 동작점의 출력 전압값이, 상기 목표 동작점을 통과하는 등출력 곡선과 상기 연료 전지의 전류 대 전압 특성 곡선의 교점인 통상 동작점의 출력 전압값보다도 낮아지도록, 상기 목표 동작점을 설정하는 공정을 포함하여도 된다. 이 형태의 연료 전지의 운전 제어 방법에 의하면, 목표 동작점으로서, 전류 대 전압 특성 곡선상의 동작점보다도 낮은 출력 전압값의 동작점이 목표 동작점으로서 설정되므로, 제어 공정에 있어서, 연료 전지의 동작점이 통상 동작점인 경우에 비하여 보다 많은 폐열량을 얻을 수 있다. 이로 인해, 생성수의 동결을 보다 억제할 수 있다.

[0010] (5) 상기 형태의 연료 전지의 운전 제어 방법에 있어서, 상기 제어 공정은, 상기 연료 전지의 현재의 동작점이 상기 전류 대 전압 특성 곡선상의 동작점인 통상 동작점과 일치하는 경우에 비하여, 상기 연료 전지에 공급하는 상기 반응 가스의 유량을 적게 하여, 상기 통상 동작점에서의 동작 시에 비하여 전력 손실이 큰 저효율 운전을 실행하는 공정을 포함하여도 된다. 이 형태의 연료 전지의 운전 제어 방법에 의하면, 반응 가스량을 적게 하여 저효율 운전을 실행하므로, 연료 전지의 폐열량을 증가시킬 수 있다.

[0011] (6) 상기 형태의 연료 전지의 운전 제어 방법에 있어서, 상기 시동 시 온도 및 상기 현재 온도에 따른 상기 목표 동작점의 출력 전압값의 상한값을, 기억 장치에 미리 기억하는 공정을 더 구비하고, 상기 기억 공정은, 상기 상한값으로서, 상기 현재 온도가 동일한 경우에, 상기 시동 시 온도가 낮을 때의 쪽이 상기 시동 시 온도가 높을 때에 비해서 낮은 값을 상기 기억 장치에 기억하는 공정을 포함하고, 상기 목표 동작점을 설정하는 공정은, 상기 목표 동작점의 출력 전압값이, 상기 시동 시 온도 및 상기 현재 온도에 의해 특정되는 출력 전압값의 상한값 이하로 되도록, 상기 목표 동작점을 설정하는 공정을 포함하여도 된다. 이 형태의 연료 전지의 운전 제어 방법에 의하면, 목표 동작점의 출력 전압값의 상한값으로서, 시동 시 온도가 낮을 때의 쪽이 시동 시 온도가 높을 때에 비해서 낮은 값이 설정되어 있으므로, 현재 온도가 동일하면 시동 시 온도가 낮을 때의 쪽이 시동 시 온도가 높을 때에 비해서 낮은 출력 전압값의 목표 동작점이 설정될 가능성을 높일 수 있다.

[0012] 본 발명은, 다양한 형태로 실현하는 것도 가능하다. 예를 들어, 연료 전지의 목표 동작점의 설정 방법이나, 연료 전지 시스템이나, 연료 전지 시스템을 탑재한 연료 전지 자동차 등의 형태로 실현할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은, 본 발명의 일 실시 형태로서의 연료 전지의 운전 제어 방법이 적용되는 연료 전지 시스템의 개략 구성을 나타내는 블록도이다.

도 2는, I-P 맵을 모식적으로 나타내는 설명도이다.

도 3은, 전압 상한값 맵을 모식적으로 나타내는 설명도이다.

도 4는, 본 실시 형태에 있어서의 운전 제어 처리의 수순을 나타내는 흐름도이다.

도 5는, 통상 동작점에서 동작한 경우의 연료 전지의 폐열량을 구하는 방법을 모식적으로 나타내는 설명도이다.

도 6은, 스텝 S140의 처리 결과의 일례를 모식적으로 나타내는 설명도이다.

도 7은, 스텝 S170에 있어서 설정된 목표 동작점의 일례를 나타내는 설명도이다.

도 8a는, 변형예에 있어서의 목표 동작점의 설정의 제1 형태를 모식적으로 나타내는 설명도이다.

도 8b는, 변형예에 있어서의 목표 동작점의 설정의 제2 형태를 모식적으로 나타내는 설명도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

A. 실시 형태:

A1. 시스템 구성:

도 1은, 본 발명의 일 실시 형태로서의 연료 전지의 운전 제어 방법이 적용되는 연료 전지 시스템의 개략 구성을 나타내는 블록도이다. 본 실시 형태에 있어서, 연료 전지 시스템(100)은, 구동용 전력을 공급하기 위한 시스템으로서, 연료 전지 자동차에 탑재되어 사용된다. 연료 전지 시스템(100)은, 연료 전지(10)와, 연료 가스 공급 배출계(120)와, 산화제 가스 공급 배출계(130)와, 냉각 매체 순환계(140)와, 전력 공급계(150)와, 운전 제어 장치(60)를 구비한다.

연료 전지(10)는, 소위 고체 고분자형 연료 전지이며, 소정의 방향을 따라서 적층된 복수의 단위 셀과, 종합 전극으로서 기능하는 한 쌍의 집전판과, 복수의 단위 셀 및 한 쌍의 집전판으로 이루어지는 적층체의 적층 상태를 유지하기 위해서, 적층체의 양단의 외측에 배치되는 한 쌍의 엔드 플레이트를 구비한다. 각 단위 셀은, 고체 고분자 전해질막을 끼워 형성되는 애노드측 촉매 전극층에 공급되는 연료 가스인 수소와, 캐소드측 촉매 전극층에 공급되는 산화제 가스인 공기에 포함되는 산소의 전기 화학 반응에 의해 전력을 발생한다. 촉매 전극층은, 촉매, 예를 들어 백금(Pt)을 담지한 카본 입자나 전해질을 포함하여 구성된다. 단위 셀에 있어서 양 전극층의 촉매 전극층의 외측에는, 다공질체에 의해 형성된 가스 확산층이 배치되어 있다. 다공질체로서는, 예를 들어 카본 페이퍼 및 카본 클로스 등의 카본 다공질체나, 금속 메쉬 및 발포 금속 등의 금속 다공질체가 사용된다. 연료 전지(10)의 내부에는, 연료 가스, 산화제 가스, 및 냉각 매체를 유통시키기 위한 도시하지 않은 매니폴드가 단위 셀의 적층 방향을 따라서 형성되어 있다.

연료 가스 공급 배출계(120)는, 연료 전지(10)로의 연료 가스의 공급과, 연료 전지(10)로부터의 애노드측 오프 가스의 배출을 행한다. 연료 가스 공급 배출계(120)는, 수소 탱크(20)와, 차단 밸브(21)와, 인젝터(22)와, 기액 분리기(23)와, 순환용 펌프(24)와, 퍼지 밸브(25)와, 연료 가스 공급로(26)와, 제1 연료 가스 배출로(27)와, 연료 가스 순환로(28)와, 제2 연료 가스 배출로(29)를 구비한다.

수소 탱크(20)는, 고압 수소를 저장하고 있으며, 연료 가스로서의 수소 가스를, 연료 가스 공급로(26)를 통해 연료 전지(10)에 공급한다. 차단 밸브(21)는, 수소 탱크(20)에 있어서의 연료 가스의 배출구 근방에 배치되고, 수소 탱크(20)로부터의 수소 가스의 공급 실행과 정지를 전환한다. 인젝터(22)는, 연료 가스 공급로(26)에 배치되고, 연료 전지(10)로의 수소 가스의 공급량 및 압력을 조정한다. 기액 분리기(23)는, 제1 연료 가스 배출로(27)에 배치되고, 연료 전지(10)로부터 배출된 오프 가스에 포함되는 물을 분리하여 제2 연료 가스 배출로(29)로 배출함과 함께, 물이 분리된 후의 가스, 즉 연료 가스를 연료 가스 순환로(28)로 배출한다. 순환용 펌프(24)는, 연료 가스 순환로(28)에 배치되고, 기액 분리기(23)로부터 배출된 연료 가스를 연료 가스 공급로(26)에 공급한다. 퍼지 밸브(25)는, 제2 연료 가스 배출로(29)에 배치되고, 밸브 개방됨으로써, 기액 분리기(23)에 의해 분리된 물의 대기 중으로의 배출을 허용한다.

산화제 가스 공급 배출계(130)는, 연료 전지(10)로의 산화제 가스의 공급과, 연료 전지(10)로부터의 캐소드측 오프 가스의 배출을 행한다. 산화제 가스 공급 배출계(130)는, 공기 압축기(30)와, 배압 밸브(31)와, 산화제 가스 공급로(32)와, 산화제 가스 배출로(33)를 구비한다. 공기 압축기(30)는, 대기로부터 흡입한 공기를 압축해서 산화제 가스 공급로(32)에 공급한다. 배압 밸브(31)는, 산화제 가스 배출로(33)에 배치되고, 연료 전지(10)에 있어서의 캐소드 배출측의 압력인 소위 배압을 조정한다.

냉각 매체 순환계(140)는, 연료 전지(10)를 통해 냉각 매체를 순환시킴으로써, 연료 전지(10)의 온도를 조정한다. 냉각 매체 순환계(140)는, 라디에이터(40)와, 냉각 매체 배출로(43)와, 냉각 매체 공급로(44)와, 순환용 펌프(42)와, 온도 센서(45)를 구비한다. 라디에이터(40)는, 냉각 매체 배출로(43)와 냉각 매체 공급로(44)에 접속되어 있으며, 냉각 매체 배출로(43)로부터 유입되는 냉각 매체를, 전동 팬으로부터의 송풍 등에 의해 냉각하고 나서 냉각 매체 공급로(44)로 배출한다. 냉각 매체 배출로(43)는, 연료 전지(10) 내의 냉각 매체 배출 매니폴드와 접속되어 있다. 냉각 매체 공급로(44)는, 연료 전지(10) 내의 냉각 매체 공급 매니폴드에 접속되어 있다. 따라서, 냉각 매체 배출로(43), 라디에이터(40), 냉각 매체 공급로(44), 및 연료 전지(10) 내의 매니폴

드에 의해, 냉각 매체의 순환로가 형성되어 있다. 온도 센서(45)는, 냉각 매체 배출로(43)에 있어서의 연료 전지(10)의 근방에 배치되어 있다. 온도 센서(45)는, 연료 전지(10)로부터 배출된 냉각 매체의 온도를 측정하고, 온도값을 나타내는 신호를 출력한다. 본 실시 형태에서는, 냉각 매체 배출로(43)에서 측정되는 온도는, 연료 전지(10)가 온도로서 취급된다.

[0022] 전력 공급계(150)는, 연료 전지(10)로부터 출력되는 전력을 부하로서의 모터(200)에 공급한다. 전력 공급계(150)는, DC-DC 컨버터(210)와, 전류계(51)를 구비한다. DC-DC 컨버터(210)는, 연료 전지(10)가 도시하지 않은 집전판에 전기적으로 접속되어 있으며, 연료 전지(10)의 출력 전압을 제어한다. 전류계(51)는, 연료 전지(10)의 전류값을 측정한다.

[0023] 운전 제어 장치(60)는, 공기 압축기(30), 2개의 순환용 펌프(24, 42), 라디에이터(40), DC-DC 컨버터(210), 인젝터(22), 및 3개의 밸브(21, 25, 31)와 전기적으로 접속되어 있으며, 이들을 제어한다. 또한, 운전 제어 장치(60)는, 온도 센서(45) 및 전류계(51)와 전기적으로 접속되어 있으며, 온도 센서(45)로부터 출력되는 온도값을 나타내는 신호, 및 전류계(51)로부터 출력되는 전류값을 나타내는 신호를 수신한다. 운전 제어 장치(60)는, Central Processing Unit(CPU)(61)과, Read Only Memory(ROM)(62)와, Random Access Memory(RAM)(63)를 구비한다. ROM(62)에는, 연료 전지 시스템(100)을 제어하기 위한 도시하지 않은 제어 프로그램이 저장되어 있다. CPU(61)는, RAM(63)을 이용하면서 이 제어 프로그램을 실행함으로써, 시동 시 온도 취득부(61a), 목표 동작점 설정부(61b), 통상 운전 제어부(61c), 급속 난기 제어부(61d), 및 현재 온도 취득부(61e)로서 기능한다.

[0024] 시동 시 온도 취득부(61a)는, 연료 전지(10)의 시동 직후에 온도 센서(45)로부터 수신한 신호에 기초하여, 이러한 신호가 나타내는 온도값을, 연료 전지(10)의 시동 시의 온도(이하, 「시동 시 온도」라고 함)로서 ROM(62)에 기억시킨다.

[0025] 목표 동작점 설정부(61b)는, 연료 전지(10)를 제어할 때의 목표로 되는 동작점(이하, 「목표 동작점」이라고 함)을 설정한다. 본 실시 형태에서는, 연료 전지(10)의 동작점은, 연료 전지(10)의 출력 전압 및 출력 전류에 의해 특정된다.

[0026] 통상 운전 제어부(61c)는, 액셀러레이터 개방도 및 차속에 기초하여, 공기 압축기(30) 등의 보조 기계나 모터(200)의 요구 에너지를 산출한다. 또한, 통상 운전 제어부(61c)는, 후술하는 운전 제어 처리에 있어서 통상 운전 제어를 실행한다. 통상 운전 제어에서는, 연료 전지(10)에 공급하는 반응 가스인 공기 및 수소 가스의 양, 연료 전지(10)에 있어서의 냉각 매체의 순환량 및 연료 전지(10)의 전압을 제어함으로써, 연료 전지(10)의 발전량이 제어된다. 구체적으로는, 통상 운전 제어부(61c)는, 연료 전지(10)의 동작점이 연료 전지(10)의 I-V 특성 곡선(전류 대 전압 특성 곡선) 상의 목표 동작점으로 되도록, 공기 압축기(30), 인젝터(22), 순환용 펌프(42) 및 DC-DC 컨버터(210)를 제어한다. 이때, 공기 압축기(30)의 회전 수가 제어됨으로써 연료 전지(10)로의 공기의 공급량이 조정된다. 또한, 인젝터(22)가 제어됨으로써 연료 전지(10)로의 수소 가스의 공급량이 조정된다. 또한, 순환용 펌프(42)가 제어됨으로써 연료 전지(10)에 있어서의 냉각 매체의 순환량이 조정된다. 또한, DC-DC 컨버터(210)가 제어됨으로써 연료 전지(10)의 출력 전압값이 조정된다.

[0027] 급속 난기 제어부(61d)는, 후술하는 운전 제어 처리에 있어서 급속 난기 제어를 실행한다. 급속 난기 제어라는 것은, 연료 전지(10)의 동작점을 I-V 특성 곡선과는 다른 동작점에서 동작시킴으로써, 발전 손실, 즉 열 손실을 증대시켜서 저효율 운전을 행하는 제어를 의미한다. 이와 같은 제어를 행함으로써, 연료 전지(10)의 폐열량을 증대시킬 수 있으므로, 연료 전지(10)의 온도를, 연료 전지(10)의 운전에 적합한 온도, 예를 들어 70℃ 내지 100℃까지 신속하게 승온시킬 수 있다. 급속 난기 제어 및 통상 운전 제어의 구체적인 처리 내용에 대해서는, 후술한다. 현재 온도 취득부(61e)는, 후술하는 운전 제어 처리에 있어서, 온도 센서(45)로부터 수신한 신호에 기초하여, 이러한 신호가 나타내는 온도값을, 연료 전지(10)의 현재의 온도(이하, 「현재 온도」라고 함)로서 취득한다.

[0028] ROM(62)은, I-P 맵 저장부(62a), 전압 상한값 맵 저장부(62b), 및 시동 시 온도값 저장부(62c)를 구비한다. I-P 맵 저장부(62a)에는, 미리 I-P 맵이 저장되어 있다. 전압 상한값 맵 저장부(62b)에는, 미리 전압 상한값 맵이 저장되어 있다. 또한, ROM(62)에는, 연료 전지(10)의 I-V 특성을 나타내는 데이터가 미리 저장되어 있다. ROM(62)은, 청구항에 있어서의 기억 장치에 상당한다.

[0029] 도 2는, I-P 맵을 모식적으로 나타내는 설명도이다. 도 2에 있어서, 횡축은 전류값을 나타내고, 종축은 출력값, 즉 전력량을 나타낸다. I-P 맵에서는, 연료 전지(10)로의 요구 출력 V_{ref} 와, 이러한 출력을 얻기 위해 필요한 연료 전지(10)의 전류값 I_{ref} 가 서로 대응지어져 있다. 이와 같은 맵은, 예를 들어 이하와 같이 하여

설정할 수 있다. 즉, 연료 전지(10)의 I-V 특성 곡선을 미리 특정해 두고, 그 후, 요구 출력을 변경시키면서, 이러한 요구 출력의 등출력 곡선과 I-V 특성 곡선의 교점의 전압값을 구함으로써, I-P 맵을 설정할 수 있다.

[0030]

도 3은, 전압 상한값 맵을 모식적으로 나타내는 설명도이다. 도 3에 있어서, 횡축은 현재 온도를 나타내고, 종축은 전압 상한값을 나타낸다. 전압 상한값이라 함은, 급속 난기 제어 실행 시의 목표 동작점의 상한값을 의미한다. 목표 동작점은, 후술하는 운전 제어 처리에 있어서 설정된다. 전압 상한값 맵에서는, 현재 온도에 따른 상한 전압값이 미리 설정되어 있다. 또한, 이러한 현재 온도에 따른 상한 전압값은, 시동 시 온도에 따라서 설정되어 있다. 구체적으로는, 본 실시 형태에서는, 시동 시 온도가, 각각 -30°C , -25°C , -20°C , -15°C , -10°C , -5°C , 0°C , 및 $+20^{\circ}\text{C}$ 의 합계 8종류의 온도에 따라서, 현재 온도에 따른 상한 전압값이 설정되어 있다. 도 3에 있어서, 라인 L1은, 시동 시 온도가 -30°C 인 경우의 현재 온도에 따른 상한 전압값을 나타낸다. 라인 L2는, 시동 시 온도가 -25°C 인 경우의 현재 온도에 따른 상한 전압값을 나타낸다. 라인 L3은, 시동 시 온도가 -20°C 인 경우의 현재 온도에 따른 상한 전압값을 나타낸다. 라인 L4는, 시동 시 온도가 -15°C 인 경우의 현재 온도에 따른 상한 전압값을 나타낸다. 라인 L5는, 시동 시 온도가 -10°C 인 경우의 현재 온도에 따른 상한 전압값을 나타낸다. 라인 L6은, 시동 시 온도가 -5°C 인 경우의 현재 온도에 따른 상한 전압값을 나타낸다. 라인 L7은, 시동 시 온도가 0°C 인 경우의 현재 온도에 따른 상한 전압값을 나타낸다. 라인 L8은, 시동 시 온도가 $+20^{\circ}\text{C}$ 인 경우의 현재 온도에 따른 상한 전압값을 나타낸다.

[0031]

각 라인 L1 내지 L8은, 현재 온도가 -30°C 이상, 또한 $+60^{\circ}\text{C}$ 이하의 범위로 설정되어 있다. 도 3에 도시한 바와 같이, 현재 온도가 -30°C 이상, 또한 약 $+50^{\circ}\text{C}$ 이하의 범위에 있어서, 현재 온도가 동일하면, 시동 시 온도가 보다 낮을수록 보다 낮은 상한 전압값이 설정되어 있다. 또한, 현재 온도가 약 $+50^{\circ}\text{C}$ 보다도 높고 또한 $+60^{\circ}\text{C}$ 이하의 범위에 있어서, 현재 온도가 동일하면, 2개의 라인 L1, L2에 있어서, 시동 시 온도가 보다 낮을수록 보다 낮은 상한 전압값이 설정되어 있다. 또한, 현재 온도가 -30°C 이상, 또한 약 $+50^{\circ}\text{C}$ 이하의 범위에 있어서, 라인 L8을 제외한 다른 7개의 라인 L1 내지 L7에 있어서, 현재 온도가 보다 높을수록 보다 높은 상한 전압값이 설정되어 있다. 또한, 현재 온도가 약 $+50^{\circ}\text{C}$ 보다도 높고, 또한 $+60^{\circ}\text{C}$ 이하의 범위에 있어서, 2개의 라인 L1, L2에 있어서, 현재 온도가 보다 높을수록 보다 높은 상한 전압값이 설정되어 있다.

[0032]

전술한 바와 같이, 각 라인 L1 내지 L8 사이에서 현재 온도가 동일하면, 시동 시 온도가 보다 낮을수록 보다 낮은 상한 전압값이 설정되어 있는 이유, 및 각 라인 L1 내지 L8에 있어서, 현재 온도가 보다 높을수록 보다 높은 상한 전압값이 설정되어 있는 이유에 대하여, 이하에 설명한다. 빙점하의 저온 환경하에서 연료 전지(10)를 시동시키고, 동일한 발전 효율로 운전시킨 경우, 시동 시 온도가 보다 낮을수록 현재 온도가 빙점을 상회할 때까지의 기간이 보다 길어지기 때문에, 이러한 기간 내에 발전에 의해 발생하는 생성수의 양은 보다 많아진다. 이로 인해, 시동 시 온도가 보다 낮을수록, 시동하고 나서 현재 온도가 빙점을 상회할 때까지의 기간에 각 단위 셀 내, 예를 들어 캐소드측 촉매층 근방에 있어서 생성수가 동결해서 가스 확산성의 저하가 쉽게 일어난다는 사실을, 본원 발명자에 의해 새롭게 알게 되었다. 따라서, 본 실시 형태에서는, 현재 온도가 동일하면 시동 시 온도가 보다 낮을수록 목표 동작점의 출력 전압값을 보다 낮게 설정함으로써, 더 낮은 효율로 연료 전지(10)를 운전시키도록 하고 있다. 이에 의해, 현재 온도가 동일하면 시동 시 온도가 보다 낮을수록, 물의 생성을 수반하는 캐소드측의 전기 화학 반응을 줄여서 생성수량을 저감시킴과 함께, 폐열량을 보다 많게 하여 생성수의 동결을 억제하고, 가스의 확산성의 저하를 억제한다. 이와 같은 제어를 실현하기 위해서, 상한 전압값 맵에서는, 시동 시 온도가 보다 낮을수록, 더 낮은 상한 전압값이 설정되어 있다. 또한, 현재 온도가 보다 높을수록, 연료 전지(10)를 승온시키기 위해 필요한 열량은 작아지기 때문에, 상한 전압값 맵에서는, 현재 온도가 보다 높을수록, 더 높은 상한 전압값이 설정되어 있다. 이에 의해, 연료 전지(10)를 가능한 한 고효율로 운전할 수 있기 때문에, 연비의 저하를 억제할 수 있다. 본 실시 형태에서는, 이와 같은 상한 전압값은, 시동 시 온도를 바꾸어 연료 전지(10)를 운전시켜서, 생성되는 물의 동결을 방지하는 것이 가능한 동작점을 실험 등에 의해 구하고, 이러한 동작점의 출력 전압값으로서 설정되어 있다. 또한, 전술한 실험에서는, 생성되는 물의 동결을 방지하는 것이 가능한 동작점 중, 발열량의 보다 낮은, 환언하면, 발전 효율의 보다 높은 동작점을 구하고, 이러한 동작점의 출력 전압값이 상한 전압값으로서 설정되어 있다. 이에 의해, 시동 시의 가스 확산성의 저하를 억제하면서, 연료 전지(10)의 연비 저하를 억제할 수 있다.

[0033]

A2. 운전 제어 처리:

[0034]

도 4는, 본 실시 형태에 있어서의 운전 제어 처리의 수순을 나타내는 흐름도이다. 연료 전지 시스템(100)이 기동되고, 연료 전지(10)나, 공기 압축기(30)나, 라디에이터(40)나, 운전 제어 장치(60) 등의 연료 전지 시스템(100)을 구성하는 각 구성 요소의 전원이 온하면, 운전 제어 처리가 실행된다.

- [0035] 시동 시 온도 취득부(61a)는, 연료 전지(10)의 시동 시 온도를 취득하여, 시동 시 온도값 저장부(62c)에 기억시킨다(스텝 S100). 목표 동작점 설정부(61b)는, 연료 전지(10)로의 요구 발열량 Q_r 을 결정한다(스텝 S105). 연료 전지(10)로의 요구 발열량은, 예를 들어 연료 전지 자동차가 에어컨을 갖고 있으며, 난방 실행의 조작이 유저에 의해 이루어진 경우에는, 난방용 히터를 승온시키기 위해 필요한 발열량과, 연료 전지(10)의 온도를 전술의 적절한 온도까지 상승시켜서 유지하기 위해 필요한 발열량을 합해서 구할 수 있다. 난방용 히터를 승온시키기 위해 필요한 발열량은, 유저가 지정한 차 실내 온도, 외기 온도, 환기율, 즉 실내기와 실외기의 이용률, 일사량, 창으로부터의 방열량 등에 기초하여, 공지된 방법에 의해 구할 수 있다. 또한, 연료 전지(10)의 온도를 적절한 온도까지 승온하여 유지하기 위해 필요한 열량은, 연료 전지(10)의 현재 온도 및 외기 온도에 기초하여, 공지된 방법에 의해 구할 수 있다.
- [0036] 목표 동작점 설정부(61b)는, 연료 전지(10)로의 요구 출력값 P_r 을 취득한다(스텝 S110). 전술한 바와 같이, 통상 운전 제어부(61c)는, 공기 압축기(30) 등의 보조 기계나 모터(200)의 요구 에너지를 산출하고 있기 때문에, 목표 동작점 설정부(61b)는, 이들 요구 에너지를, 연료 전지(10)로의 요구 출력값으로서 통상 운전 제어부(61c)로부터 취득한다.
- [0037] 목표 동작점 설정부(61b)는, 스텝 S110에서 취득된 요구 출력값 P_r 에 기초하여, I-P 맵을 참조하여, 요구 출력값을 만족하는 I-V 특성 곡선상의 동작점(이하, 「통상 동작점」이라고 함) p_0 을 결정한다(스텝 S115). 구체적으로는, 목표 동작점 설정부(61b)는, I-P 맵을 참조하여, 스텝 S110에서 얻어진 요구 출력값 P_r 에 대응하는 전류값 I_{ref} 를 결정하고, 결정된 전류값 I_{ref} 에 의해 요구 출력값 P_r 을 나눔으로써, 전압값 V_{ref} 를 결정한다.
- [0038] 목표 동작점 설정부(61b)는, 스텝 S115에서 결정된 통상 동작점 p_0 에 있어서 연료 전지(10)가 동작한 경우의 연료 전지(10)의 폐열량 Q_0 을 구한다(스텝 S120).
- [0039] 도 5는, 통상 동작점 p_0 에서 동작한 경우의 연료 전지(10)의 폐열량을 구하는 방법을 모식적으로 나타내는 설명도이다. 도 5에 있어서, 횡축은 연료 전지(10)의 전류값을 나타내고, 종축은 연료 전지(10)의 출력 전압값을 나타낸다. 또한, 도 5에서는, 연료 전지(10)의 I-V 특성 곡선 L_c 와, 요구 출력값 P_r 의 등출력 곡선 L_p 를 나타내고 있다. 또한, 도 5에서는, 연료 전지(10)의 이론 기전압 V_0 을 파선에 의해 도시하고 있다. 연료 전지(10)의 이론 기전압 V_0 은, 단위 셀 1장당 최대 기전력(예를 들어, 1.23V)에, 연료 전지(10)를 구성하는 단위 셀 수를 곱한 전압이다.
- [0040] 도 5에 도시한 바와 같이, I-V 특성 곡선 L_c 상의 통상 동작점 p_0 이 결정되면, 이러한 통상 동작점 p_0 에서 동작한 경우의 연료 전지(10)의 폐열량 Q_0 은, 도 5에 있어서 일점 쇄선으로 도시한 영역의 면적에 상당하고, 하기식 (1)에 의해 구해진다.
- [0041] (식 1)
- [0042] $Q_0 = I_{ref} \times (V_0 - V_{ref})$
- [0043] 도 4에 도시한 바와 같이, 목표 동작점 설정부(61b)는, 스텝 S120에서 구해진 폐열량 Q_0 이, 스텝 S105에서 결정된 요구 발열량 Q_r 이상인지 여부를 판정한다(스텝 S125).
- [0044] 폐열량 Q_0 이 요구 발열량 Q_r 이상이라고 판정되면(스텝 S125: 예), 목표 동작점 설정부(61b)는, 연료 전지(10)의 목표 동작점을 통상 동작점 p_0 (출력 전압값: V_{ref} , 출력 전류값: I_{ref})으로 설정한다(스텝 S130). 통상 운전 제어부(61c)는, 동작점이 목표 동작점인 통상 동작점 p_0 으로 되도록, 반응 가스량, 냉각 매체 유량, 및 연료 전지(10)의 전압을 제어한다(스텝 S135). 전술한 스텝 S130 및 S135는, 통상 제어에 상당한다. 통상 제어라 함은, 연료 전지(10)의 동작점이 I-V 특성 곡선 위에 존재하도록 연료 전지(10)를 운전시킴으로써, 발전 손실, 즉 열 손실을 낮게 줄여서, 고효율 운전을 행하는 제어를 의미한다. 스텝 S135의 완료 후, 전술한 스텝 S105로 되돌아간다.
- [0045] 전술한 스텝 S125에 있어서, 폐열량 Q_0 이 요구 발열량 Q_r 이상이 아닌, 즉, 요구 발열량 Q_r 보다도 작다고 판정되면(스텝 S125: 아니오), 목표 동작점 설정부(61b)는, 요구 발열량 Q_r 을 만족하는 요구 출력값 P_r 의 등출력 곡선상의 전압값(이하, 「대응 전압값」이라고 함) V_a 를 구한다(스텝 S140).
- [0046] 도 6은, 스텝 S140의 처리 결과의 일례를 모식적으로 나타내는 설명도이다. 도 6의 횡축 및 종축은, 도 5의 횡축 및 종축과 동일하므로, 상세한 설명을 생략한다. 또한, 도 6에 있어서, 곡선 L_c , 곡선 L_p 및 동작점 p_0 은, 도 5에 도시한 곡선 L_c , 곡선 L_p , 및 동작점 p_0 과 동일하므로, 상세한 설명을 생략한다.
- [0047] 도 6의 예에서는, 동작점이 통상 동작점 p_0 인 경우의 폐열량 Q_0 이, 요구 발열량 Q_r 보다 작은 경우에, 목표 동작

점으로서 등출력 곡선 L_p 상의 동작점 p_1 (출력 전압값: V_a , 출력 전류값: I_a)이 구해진다. 이 동작점 p_1 에서 동작하는 경우의 연료 전지(10)의 폐열량 Q_1 은, 전술한 Q_0 보다도 크고, 또한 요구 발열량 Q_r 과 동등하다. 따라서, 스텝 S140에서는, 동작점 p_1 의 출력 전압값이 대응 전압값 V_a 로서 구해진다.

[0048] 목표 동작점 설정부(61b)는, 시동 시 온도값 저장부(62c)에 저장되어 있는 시동 시 온도를 취득한다(스텝 S145). 현재 온도 취득부(61e)는, 현재 온도를 취득한다(스텝 S150). 목표 동작점 설정부(61b)는, 전압 상한값 맵(62b)에 저장되어 있는 전압 상한값 맵을 참조하여, 시동 시 온도 및 현재 온도에 기초하여 상한 전압값 V_{th} 를 결정한다(스텝 S155).

[0049] 전술한 바와 같이, 상한 전압값 맵은, 시동 시 온도와 현재 온도와 상한 전압이 대응지어져 있는 맵이기 때문에, 스텝 S145에서 얻어진 시동 시 온도 및 스텝 S150에서 얻어진 현재 온도에 기초하여 상한 전압값이 결정될 수 있다. 예를 들어, 도 3에 도시한 바와 같이, 시동 시 온도가 -15°C (라인 L4)이며, 현재 온도가 $+10^{\circ}\text{C}$ 인 경우에는, 상한 전압값으로서 약 0.4V가 결정된다.

[0050] 목표 동작점 설정부(61b)는, 스텝 S140에서 구해진 대응 전압값 V_a 와, 스텝 S155에서 결정된 상한 전압값 V_{th} 를 비교하여, 대응 전압값 V_a 가 상한 전압값 V_{th} 이상인지 여부를 판정한다(스텝 S160).

[0051] 대응 전압값 V_a 가 상한 전압값 V_{th} 이상이 아닌 경우(스텝 S160: 아니오), 목표 동작점 설정부(61b)는, 출력 전압값이 대응 전압값 V_a 인 등출력 곡선 L_p 상의 동작점을, 목표 동작점으로 설정한다(스텝 S165). 대응 전압값 V_a 가 상한 전압값 V_{th} 이상이 아닌 경우, 목표 동작점의 출력 전압값을 대응 전압값 V_a 로 설정함으로써, 목표 동작점의 출력 전압값을 상한 전압값 V_{th} 로 설정하는 경우에 비하여, 생성수량을 저감할 수 있음과 함께 폐열량을 보다 많게 하여 생성수의 동결을 보다 억제할 수 있다. 이로 인해, 본 실시 형태에서는, 목표 동작점을, 출력 전압값이 대응 전압값 V_a 인 등출력 곡선 L_p 상의 동작점, 즉, 도 6에 도시한 동작점 p_1 로 설정하도록 하고 있다.

[0052] 이에 반하여, 전술한 스텝 S160에 있어서, 대응 전압값 V_a 가 상한 전압값 V_{th} 이상인 경우(스텝 S160: 예), 목표 동작점 설정부(61b)는, 출력 전압값이 상한 전압값 V_{th} 인 등출력 곡선 L_p 상 동작점을, 목표 동작점으로 설정한다(스텝 S170).

[0053] 도 7은, 스텝 S170에 있어서 설정된 목표 동작점의 일례를 나타내는 설명도이다. 도 7의 횡축 및 종축은, 도 6의 횡축 및 종축과 동일하므로, 상세한 설명을 생략한다. 또한, 도 7에 있어서의 곡선 L_p , 곡선 L_c , 통상 동작점 p_0 , 및 동작점 p_1 도, 도 6의 곡선 L_p , 곡선 L_c , 통상 동작점 p_0 , 및 동작점 p_1 과 동일하므로, 상세한 설명을 생략한다.

[0054] 출력 전압값이 상한 전압값 V_{th} 인 동작점 p_2 (출력 전류값: I_b)에 있어서 연료 전지(10)가 동작한 경우, 연료 전지(10)의 폐열량 Q_2 는, 도 6에 도시한 동작점 p_1 에 있어서 연료 전지(10)가 동작한 경우의 폐열량 Q_1 보다도 크다. 전술한 바와 같이, 상한 전압값 V_{th} 는, 연료 전지(10)의 운전에 수반하는 생성수의 동결을 방지 가능한 출력 전압값으로서 설정되어 있다. 따라서, 목표 동작점을 동작점 p_2 로 설정하고, 이러한 동작점 p_2 에서 연료 전지(10)를 운전시킴으로써 생성수의 동결을 억제할 수 있다.

[0055] 전술한 스텝 S165 또는 S170에 있어서, 목표 동작점이 설정되면, 급속 난기 제어부(61d)는, 동작점이 목표 동작점, 즉 동작점 p_1 또는 동작점 p_2 로 되도록, 반응 가스량, 냉각 매체 유량, 및 연료 전지(10)의 전압을 제어한다(스텝 S175). 예를 들어, 산화제 가스인 공기의 공급량을 줄임으로써 발전 효율을 저하시켜서, I-V 특성 곡선 L_c 로부터 벗어난 동작점에서 연료 전지(10)를 동작시킬 수 있다. 스텝 S175의 완료 후, 전술한 스텝 S105로 되돌아간다. 전술한 스텝 S140 내지 S175는, 급속 난기 제어에 상당한다.

[0056] 이상 설명한 본 실시 형태의 연료 전지 시스템(100)에서는, 급속 난기 제어 시에, 현재 온도가 동일하면 시동 시 온도가 보다 낮을수록 보다 낮은 출력 전압값의 동작점이 목표 동작점으로서 설정되기 때문에, 현재 온도가 빙점을 상회할 때까지의 동안에 각 단위 셀에 있어서의 캐소드측의 전기 화학 반응을 보다 줄여서 생성수량을 저감시킴과 함께, 폐열량을 보다 많게 하여 생성수의 동결을 억제할 수 있다. 이로 인해, 연료 전지(10)의 시동 시에 있어서의 가스의 확산성의 저하를 억제할 수 있다. 또한, 시동 시 온도가 동일한 경우에, 현재 온도가 보다 높을 수록 보다 높은 출력 전압값의 동작점을 목표 동작점으로서 설정하므로, 현재 온도의 값에 관계없이 목표 동작점의 출력 전압값을 일정하게 하는 구성에 비하여 연료 전지(10)를 고효율로 운전할 수 있다. 이로 인해, 연비의 저하를 억제할 수 있다. 또한, 요구 출력값 P_r 의 등출력 곡선상의 동작점을 목표 동작점으로서 설정하므로, 요구 출력을 만족하도록 연료 전지(10)를 운전할 수 있다.

[0057] 또한, 폐열량 Q_0 이 요구 발열량 Q_r 보다도 낮은 경우에, 급속 난기 제어를 실행하여 폐열량을 증대시키므로, 연

료 전지(10)의 현재 온도를 신속하게 승온시킬 수 있다.

[0058] B. 변형예:

[0059] B1. 변형예 1:

[0060] 상기 실시 형태에 있어서의 전압 상한값 맵의 설정 내용은, 어디까지나 일레이며, 적절히 변경할 수 있다. 예를 들어, 도 3에 도시한 전압 상한값 맵에서는, 현재 온도가 동일하면, 시동 시 온도가 보다 낮을수록 보다 낮은 상한 전압값이 설정되어 있는 것은, 현재 온도의 범위가, -30°C 이상, 또한 약 $+50^{\circ}\text{C}$ 이하의 범위이었지만, 이에 한정되지 않고, 임의의 온도 범위에 있어서, 현재 온도가 동일하면, 시동 시 온도가 보다 낮을수록 보다 낮은 상한 전압값이 설정되어도 된다. 또한, 도 3에 도시한 바와 같이, 라인 L8을 제외한 다른 7개의 라인 L1 내지 L7은, 모두, 약 $+50^{\circ}\text{C}$ 이하의 범위에 있어서, 현재 온도가 보다 높을수록, 더 높은 상한 전압값이 설정되어 있었지만, 이에 한정되지 않고, 라인 L8과 마찬가지로, 현재 온도에 관계없이 소정의 고정값을 나타내는 라인으로 하여도 된다.

[0061] B2. 변형예 2:

[0062] 상기 실시 형태의 운전 제어 처리에서는, 스텝 S125에 있어서, 폐열량 Q0이 요구 발열량 Qr 이상이 아닌, 즉, 요구 발열량 Qr보다도 작다고 판정된 경우에, 스텝 S140 내지 S175가 실행되고 있었지만, 본 발명은 이에 한정되지 않는다. 스텝 S125에 있어서, 폐열량 Q0이 요구 발열량 Qr 이상이 아니라고 판정된 경우에(스텝 S125: 아니오), 연료 전지(10)의 현재 온도를 취득하고, 이러한 현재 온도가 0°C 이하인 경우에 전술한 스텝 S140 내지 S175를 실행하고, 현재 온도가 0°C 보다도 높은 경우에는, 이들 스텝을 실행하지 않도록 하여도 된다. 이 구성에 있어서, 현재 온도가 0°C 보다도 높은 경우에는, 예를 들어 요구 발열량 Qr을 만족하는 요구 출력값 Pr의 등출력 곡선상의 동작점을 구하고, 이러한 동작점을 목표 동작점으로 하여, 반응 가스량, 냉각 매체 유량, 및 연료 전지(10)의 전압을 제어하여도 된다. 현재 온도가 0°C 보다도 높은 경우에는, 각 단위 셀에 있어서의 생성수의 동결 가능성이 낮으므로, 급속 난기 제어를 실행하지 않아도 가스 확산성의 저하를 억제할 수 있다. 따라서, 전술한 변형예의 구성을 채용함으로써, 저효율로 운전을 행하는 기회를 저감시켜서, 연비의 저하를 억제할 수 있다. 또한, 현재 온도가 0°C 이하이고, 각 단위 셀에 있어서의 생성수의 동결 가능성이 높은 경우에는, 전술한 급속 난기 제어가 실행되므로, 생성수의 동결에 수반하는 가스 확산성의 저하를 보다 높은 확실성으로 억제할 수 있다.

[0063] B3. 변형예 3:

[0064] 상기 실시 형태에서는, 요구 출력값 Pr의 등출력 곡선상의 동작점을 목표 동작점으로서 설정하고 있었지만, 본 발명은 이에 한정되지 않는다. 도 8a는, 변형예에 있어서의 목표 동작점의 설정 제1 형태를 모식적으로 나타내는 설명도이다. 도 8b는, 변형예에 있어서의 목표 동작점의 설정의 제2 형태를 모식적으로 나타내는 설명도이다. 도 8a 및 도 8b의 횡축 및 종축은, 도 5의 횡축 및 종축과 동일하므로, 상세한 설명을 생략한다. 또한, 도 8a 및 도 8b에 있어서의 곡선 Lc 및 통상 동작점 p0은, 도 5의 곡선 Lc 및 통상 동작점 p0과 동일하므로, 상세한 설명을 생략한다.

[0065] 도 8a의 형태에서는, 폐열량 Q0이 요구 발열량 Qr 이상이 아니라고 판정된 경우에(스텝 S125: 아니오), 목표 동작점으로서 동작점 p11이 설정되고, 이러한 동작점 p11로 되도록, 반응 가스량, 냉각 매체 유량 및 연료 전지(10)의 전압이 제어된다. 동작점 p11은, 출력 전류값이, 통상 동작점 p0의 출력 전류값 Iref와 동일한 전류값이 설정되어 있는 동작점이다. 동작점 p11에서 동작한 경우의 연료 전지(10)의 폐열량 Q11은, 요구 발열량 Qr과 일치한다. 따라서, 동작점 p11의 출력 전압값은, 출력 전류값 Iref와, 요구 발열량 Qr로부터 구할 수 있다. 동작점 p11의 출력 전압값 Vc는, 통상 동작점 p0의 출력 전압값 Vref보다도 낮다.

[0066] 도 8b의 형태에서는, 동작점 p11의 출력 전압값 Vc가, 상한 전압값 Vth 이상인 경우에 있어서의 목표 동작점의 설정 형태가 도시되어 있다. 이 형태에서는, 통상 동작점 p0 및 동작점 p11의 출력 전류값 Iref와 동일한 출력 전류값이며, 출력 전압값이 전압값 Vth인 동작점 p12가, 목표 동작점으로서 설정된다. 동작점 p12에서 동작한 경우의 연료 전지(10)의 폐열량 Q12는, 도 8a에 도시한 폐열량 Q11보다도 크다. 이 도 8b의 형태와, 전술한 도 8a의 형태는 1개의 처리 플로우 중에서 실현하여도 된다. 즉, 상기 실시 형태와 마찬가지로, 우선, 통상 동작점 p0의 출력 전류값과 동일한 출력 전류값이 설정되고, 요구 발열량 Qr과 일치하는 발열량이 얻어지는 동작점을 구하고, 이러한 동작점에 있어서의 출력 전압값이 상한 전압값 Vth 이상인지 여부를 판정한다. 그리고, 구한 동작점의 출력 전압값이 상한 전압값 Vth 이상인 경우에는, 도 8b의 형태와 같이 목표 동작점으로서 동작점 p12를 설정하여도 된다. 이에 반하여, 상한 전압값 Vth 이상보다도 낮은 경우에는, 도 8a의 형태와 같이, 동작

점 p11을 목표 동작점으로 하여도 된다.

[0067] 전술한 변형예의 구성에 있어서, 상한 전압값 V_{th} 를, 예를 들어 통상 동작점 p0의 출력 전압값 V_{ref} 에 대한 비율로서 정해 두어도 된다. 이때, 동일한 현재 온도이면, 시동 시 온도가 보다 낮을수록 보다 낮은 비율을 설정 하여도 된다.

[0068] B4. 변형예 4:

[0069] 상기 실시 형태에서는, 상한 전압값 맵을 사용하여 상한 전압값 V_{th} 를 구하고 있었지만, 맵 대신에, 시동 시 온도 및 현재 온도를 변수로 하는 연산식에 의해 상한 전압값 V_{th} 를 도출하여도 된다. 또한, 이 구성의 변형예로서, 대응 전압값 V_a 나 상한 전압값 V_{th} 를 구하지 않고, 연산식에 의해 직접 목표 동작점의 출력 전압값을 구하여도 된다. 이 구성에 있어서는, 동일한 현재 온도이면, 시동 시 온도가 보다 낮을수록 보다 낮은 전압값을, 목표 동작점의 출력 전압값으로서 도출 가능한 연산식이 사용된다.

[0070] B5. 변형예 5:

[0071] 상기 실시 형태에서는, 스텝 S135 및 스텝 S175에 있어서, 동작점이 목표 동작점으로 되도록, 반응 가스량, 냉각 매체 유량 및 연료 전지(10)의 전압을 제어하고 있었지만, 이들 중 1개 또는 2개의 제어를 생략하여도 된다. 즉, 동작점이 목표 동작점으로 되도록, 반응 가스량, 냉각 매체 유량, 및 연료 전지(10)의 전압 중 적어도 하나를 제어하여도 된다.

[0072] B6. 변형예 6:

[0073] 상기 실시 형태에 있어서, 연료 전지 시스템(100), 구동용 전력을 공급하기 위한 시스템으로서, 연료 전지 자동차에 탑재되어 사용되고 있었지만, 본 발명은 이에 한정되지 않는다. 예를 들어, 연료 전지 자동차 대신에, 전기 자동차 등의 구동용 전력을 필요로 하는 다른 임의의 이동체에 탑재되어 사용되어도 된다. 또한, 정치형 전원으로서는, 예를 들어 오피스나 가정에 있어서 옥내 또는 옥외에 설치되어 사용되어도 된다. 또한, 연료 전지(10)에 포함되는 각 단위 셀은, 고체 고분자형 연료 전지용 단위 셀이었지만, 인산형 연료 전지, 용해 탄산염형 연료 전지, 고체 산화물형 연료 전지 등, 다양한 연료 전지용 단위 셀로서 구성하여도 된다.

[0074] 본 발명은, 전술한 실시 형태 및 변형예에 한정되는 것이 아니라, 그 취지를 일탈하지 않는 범위에서 다양한 구성으로 실현할 수 있다. 예를 들어, 발명의 내용의 란에 기재한 각 형태 중의 기술적 특징에 대응하는 실시 형태, 변형예 중의 기술적 특징은, 전술한 과제의 일부 또는 전부를 해결하기 위해서, 혹은, 전술한 효과의 일부 또는 전부를 달성하기 위해서, 적절히 바꾸거나, 조합을 행하는 것이 가능하다. 또한, 그 기술적 특징이 본 명세서 중에 필수적인 것으로서 설명되어 있지 않으면, 적절히 삭제하는 것이 가능하다.

부호의 설명

[0075] 10: 연료 전지

20: 수소 탱크

21: 차단 밸브

22: 인젝터

23: 기액 분리기

24: 순환용 펌프

25: 퍼지 밸브

26: 연료 가스 공급로

27: 제1 연료 가스 배출로

28: 연료 가스 순환로

29: 제2 연료 가스 배출로

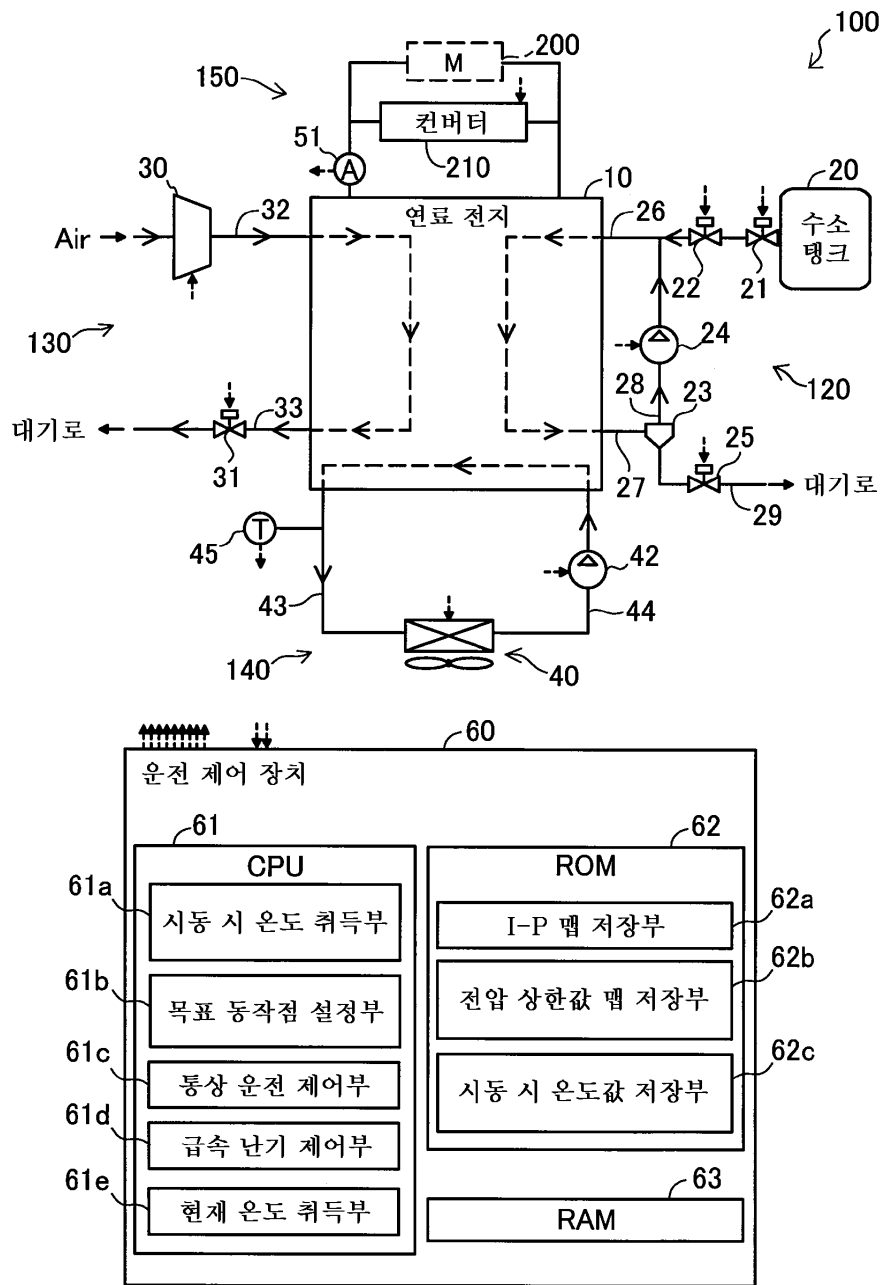
30: 공기 압축기

31: 배압 밸브

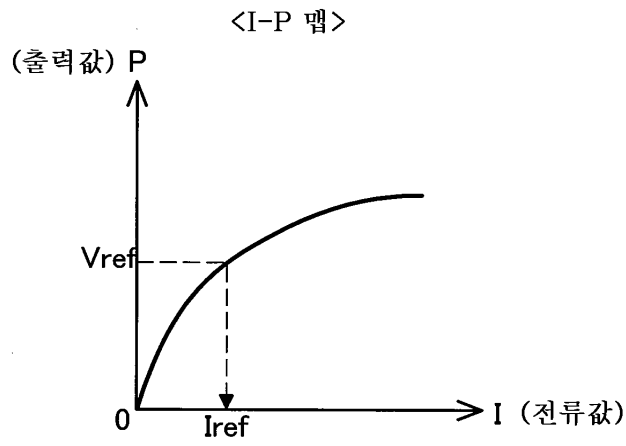
32: 산화제 가스 공급로
 33: 산화제 가스 배출로
 40: 라디에이터
 42: 순환용 펌프
 43: 냉각 매체 배출로
 44: 냉각 매체 공급로
 45: 온도 센서
 51: 전류계
 60: 운전 제어 장치
 61: CPU
 61a: 시동 시 온도 취득부
 61b: 목표 동작점 설정부
 61c: 통상 운전 제어부
 61d: 급속 난기 제어부
 62e: 현재 온도 취득부
 62a: I-P 맵 저장부
 62b: 전압 상한값 맵 저장부
 62c: 시동 시 온도값 저장부
 100: 연료 전지 시스템
 120: 연료 가스 공급 배출계
 130: 산화제 가스 공급 배출계
 140: 냉각 매체 순환계
 150: 전력 공급계
 200: 모터
 p0: 통상 동작점
 p1, p2, p11, p12: 동작점
 L1 내지 L8: 라인
 Lc: I-V 특성 곡선
 Lp: 등출력 곡선
 Q0, Q1, Q2, Q11, Q12: 폐열량
 V0: 이론 기전압
 Vth: 상한 전압값

도면

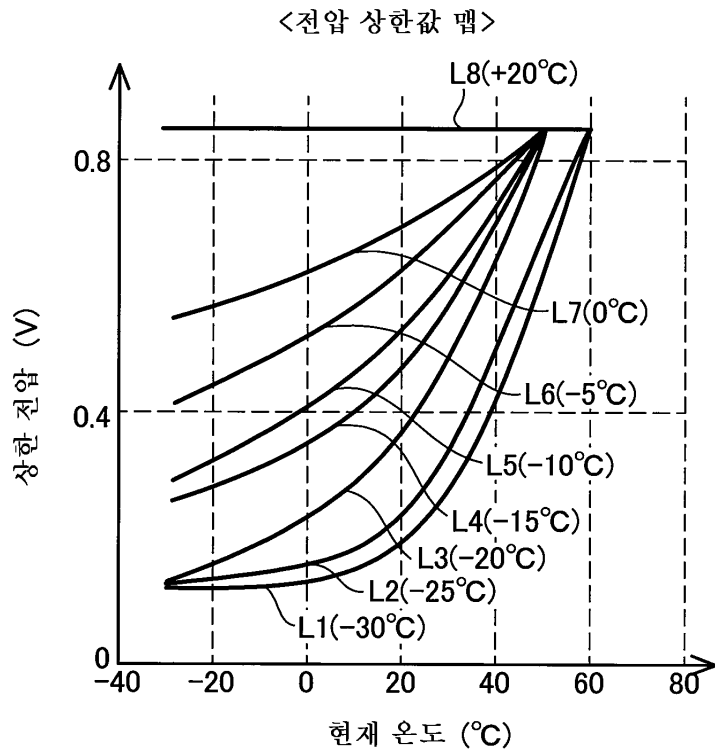
도면1



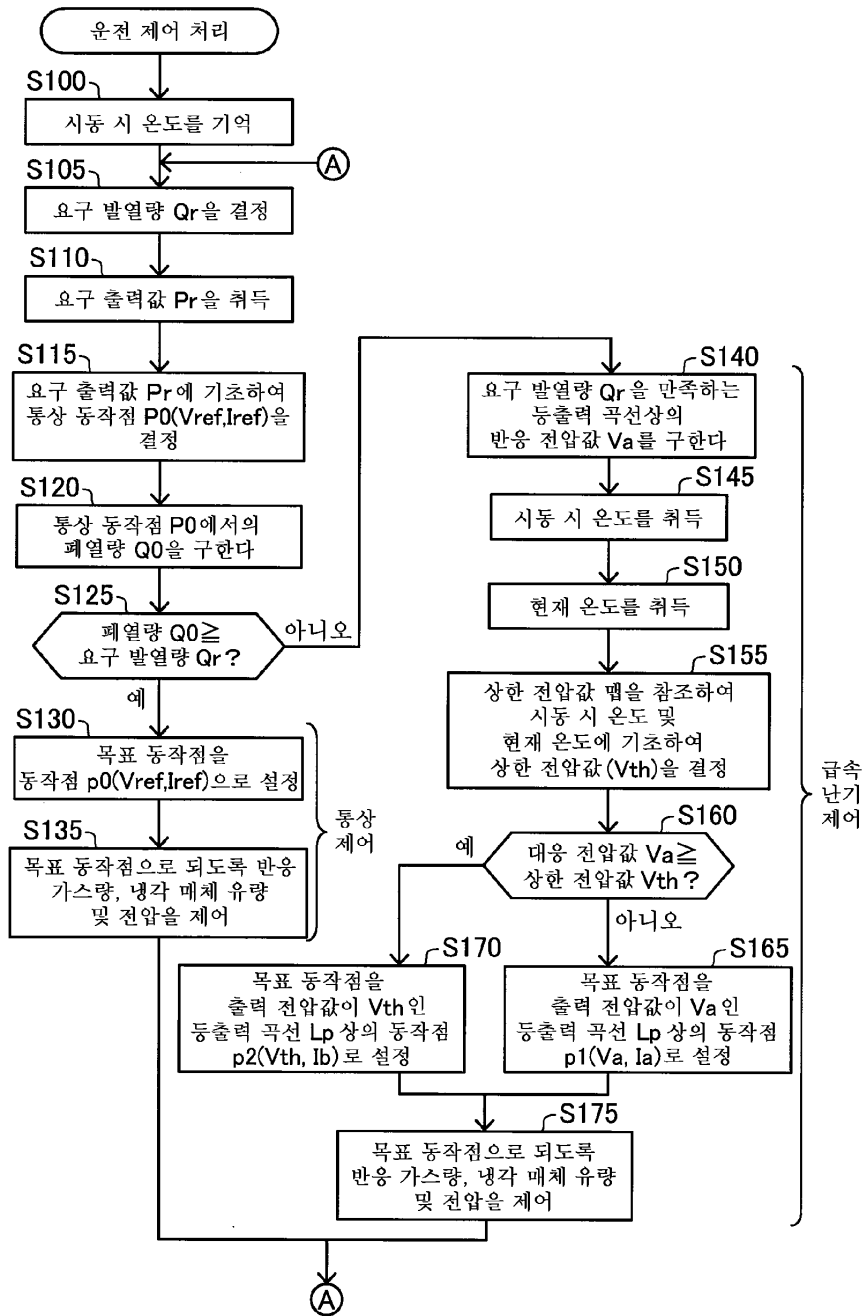
도면2



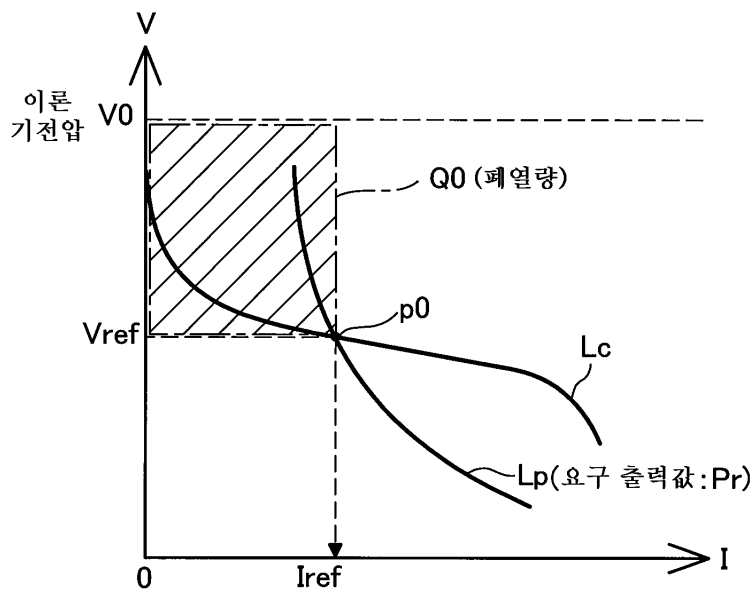
도면3



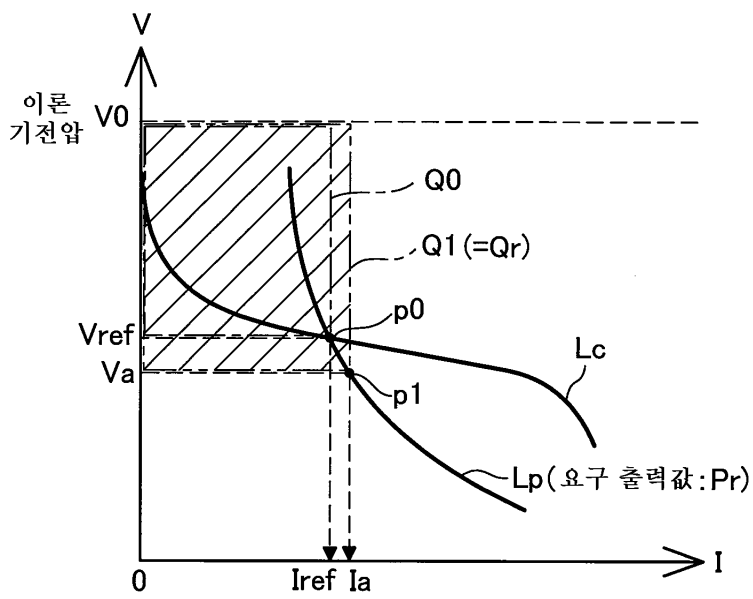
도면4



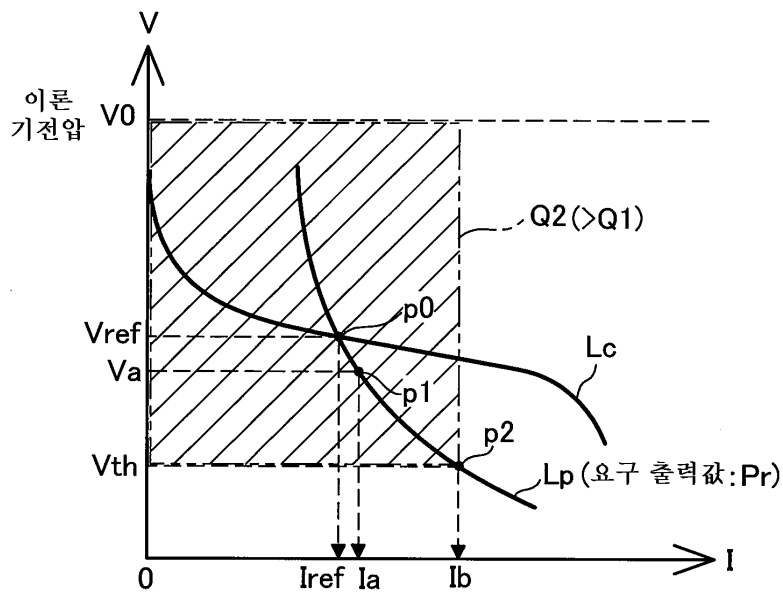
도면5



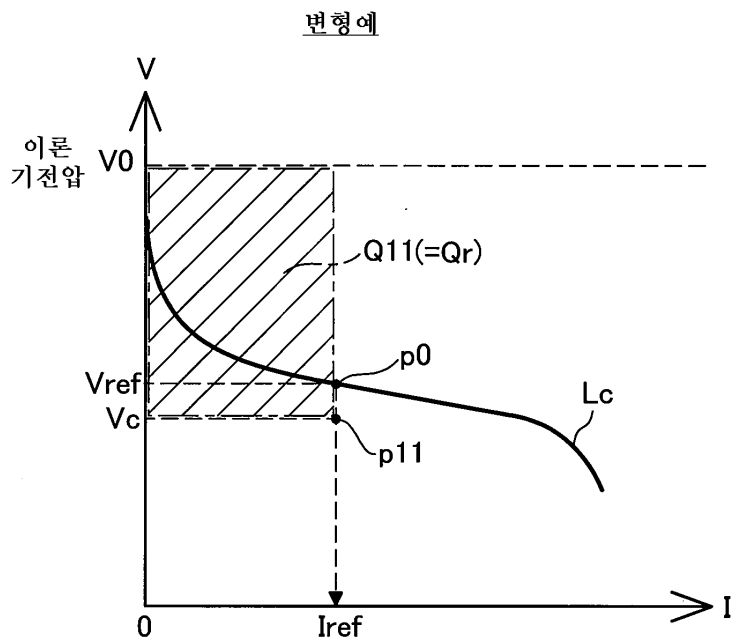
도면6



도면7



도면8a



도면8b

