



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년02월13일
(11) 등록번호 10-1829106
(24) 등록일자 2018년02월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01M 8/04 (2016.01)

(52) CPC특허분류

H01M 8/04649 (2013.01)

H01M 8/04365 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0153615

(22) 출원일자 2015년11월03일

심사청구일자 2015년11월03일

(65) 공개번호 10-2016-0057318

(43) 공개일자 2016년05월23일

(30) 우선권주장

JP-P-2014-230864 2014년11월13일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020090082291 A*

US20100323260 A1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

도요타지도샤가부시키키가이샤

일본 아이치켄 도요타시 도요타초 1

(72) 발명자

오가와 도모히로

일본 아이치켄 도요타시 도요타초 1반치 도요타지
도샤가부시키키가이샤 내

나가누마 요시아키

일본 아이치켄 도요타시 도요타초 1반치 도요타지
도샤가부시키키가이샤 내

(74) 대리인

양영준, 성재동

전체 청구항 수 : 총 16 항

심사관 : 홍성란

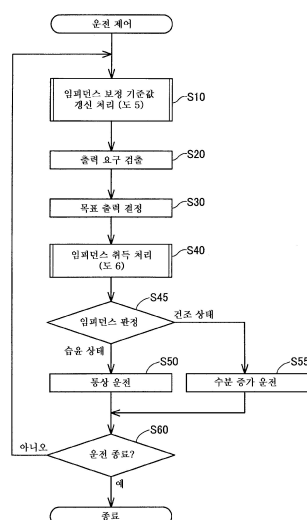
(54) 발명의 명칭 연료 전지 시스템 및 그 제어 방법

(57) 요약

연료 전지의 현재 상태를 보다 정확하게 검출할 수 있는 기술을 제공한다.

연료 전지 시스템은, 제어부와, 연료 전지와, 연료 전지의 임피던스를 계측 가능한 임피던스 계측부를 구비한다. 제어부는, 연료 전지가 소정의 기준 상태에 있을 때의 연료 전지의 임피던스를 나타내는 제1 임피던스 값과, 운전 제어 중에 계측된 연료 전지의 제2 임피던스 계측값을 사용하여, 연료 전지의 운전 제어를 실행한다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류

H01M 8/04634 (2013.01)

H01M 2250/20 (2013.01)

Y02E 60/50 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

연료 전지 시스템이며,

연료 전지와,

상기 연료 전지의 임피던스를 계측 가능한 임피던스 계측부와,

상기 연료 전지가 소정의 상태에 있을 때의 상기 연료 전지의 임피던스를 나타내는 제1 임피던스 값을 기억하는 기억부와,

운전 제어 중에 상기 임피던스 계측부에 의해 계측된 현재의 상기 연료 전지의 임피던스를 나타내는 제2 임피던스 값을 사용하여, 상기 연료 전지의 운전 제어를 실행하는 제어부

를 구비하고,

상기 제어부는,

상기 연료 전지가 상기 소정의 상태에 도달한 때에, 상기 기억부에 저장되어 있는 상기 제1 임피던스 값을 갱신하는 갱신 처리를 실행하고,

상기 제어부는, 상기 갱신 처리에 있어서,

상기 기억부에 기억되어 있는 상기 제1 임피던스 값을 전회값으로서 판독하고,

상기 연료 전지가 상기 소정의 상태에 있을 때, 상기 임피던스 계측부에 의해 상기 연료 전지의 임피던스를 금회값으로 취득하고,

상기 전회값과 상기 금회값을 사용하여, 갱신 후 제1 임피던스 값을 산출하고,

상기 갱신 후 제1 임피던스 값을 상기 제1 임피던스 값으로서 상기 기억부에 기억하고,

상기 제어부는, 상기 제1 임피던스 값을 사용하여 상기 제2 임피던스 값을 보정하고, 보정 후의 상기 제2 임피던스 값에 기초하여, 상기 연료 전지의 운전 제어를 실행하는, 연료 전지 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 연료 전지의 운전 온도를 검출하는 온도 검출부를 더 구비하고,

상기 제어부는, 상기 연료 전지의 운전 온도가 소정의 온도 범위 내일 때, 상기 연료 전지가 상기 소정의 상태에 있는 것으로 판단하고, 상기 갱신 처리를 실행하는, 연료 전지 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 연료 전지의 운전 온도가 소정의 기간에 걸쳐 상기 소정의 온도 범위 내일 때, 상기 연료 전지가 상기 소정의 상태에 있는 것으로 판단하여, 상기 갱신 처리를 실행하는, 연료 전지 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 금회값과 상기 갱신 후 제1 임피던스 값의 차가 작아지게 되도록, 상기 금회값과 상기 전회값의 차를 반영시켜서, 상기 제1 임피던스 값을 갱신하는, 연료 전지 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 제1 임피던스 값의 갱신 시에, 상기 금회값과 상기 전회값의 차를 반영시키는 정도를 나타내는 보정 강도를 사용하는, 연료 전지 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 기억부가 초기화된 이력을 검출하는 초기화 검출부를 더 구비하고,

상기 제어부는, 상기 초기화 검출부에 의해 상기 기억부가 초기화된 이력이 검출된 경우에, 상기 금회값과 상기 전회값의 차가 반영되는 정도가 커지게 되도록 상기 보정 강도를 변경하는, 연료 전지 시스템.

청구항 7

제4항에 있어서,

상기 기억부는 상기 제1 임피던스 값을 기억하는 제1 기억부이며,

상기 연료 전지 시스템은,

상기 제1 임피던스 값의 초기값을 기억하는 제2 기억부와,

상기 제1 기억부가 초기화된 이력을 검출하는 초기화 검출부

를 더 구비하고,

상기 제어부는, 상기 초기화 검출부에 의해 상기 제1 기억부가 초기화된 이력이 검출된 경우에, 상기 제2 기억부에 기억되어 있는 상기 제1 임피던스 값의 초기값 보다도 큰 값을 상기 전회값으로 설정하여, 상기 제1 임피던스 값의 갱신을 재개하는, 연료 전지 시스템.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 연료 전지에 반응 가스를 공급하는 반응 가스 공급부를 더 구비하고,

상기 제어부는, 보정 후의 상기 제2 임피던스 값에 기초한 상기 연료 전지의 운전 제어로서, 상기 반응 가스 공급부의 제어를 실행하는, 연료 전지 시스템.

청구항 9

연료 전지 시스템의 제어 방법이며,

운전 중인 연료 전지가 소정의 상태에 도달한 때에, 기억부에 기억되어 있는 상기 연료 전지가 소정의 상태에 있을 때의 상기 연료 전지의 임피던스를 나타내는 제1 임피던스 값을 전회값으로서 판독함과 함께, 임피던스 계측부에 의해 현재의 상기 연료 전지의 임피던스를 금회값으로 취득하고, 상기 전회값과 상기 금회값을 사용하여, 갱신 후 제1 임피던스 값을 산출하고, 상기 갱신 후 제1 임피던스 값을 상기 제1 임피던스 값으로 상기 기억부에 저장하는 제1 임피던스 값 갱신 공정과,

현재의 상기 연료 전지의 임피던스를 나타내는 제2 임피던스 값을, 상기 임피던스 계측부에 의해 운전 중의 상기 연료 전지의 임피던스를 계측하는 것에 의해 취득하는 제2 임피던스 값 취득 공정과,

상기 기억부에 기억되어 있는 상기 제1 임피던스 값을 사용하여, 상기 제2 임피던스 값을 보정하고, 보정 후의 상기 제2 임피던스 값에 기초하여 상기 연료 전지의 운전을 제어하는 제어 공정

을 구비하는, 제어 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 연료 전지의 운전 온도를 검출하는 온도 검출 공정을 더 구비하고,

상기 제1 임피던스 값 갱신 공정은, 상기 연료 전지의 운전 온도가 소정의 온도 범위 내일 때, 상기 연료 전지가 상기 소정의 상태인 것으로 판단하는 판단 공정을 포함하는, 제어 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 판단 공정은, 상기 연료 전지의 운전 온도가 소정의 기간에 걸쳐 상기 소정의 온도 범위 내일 때, 상기 연료 전지가 상기 소정의 상태인 것으로 판단하는 공정인, 제어 방법.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 제1 임피던스 값 갱신 공정은, 상기 금회값과 상기 갱신 후 제1 임피던스 값의 차가 작아지게 되도록, 상기 금회값과 상기 전회값의 차를 반영시켜서, 상기 제1 임피던스 값을 갱신하는 갱신 공정을 포함하는, 제어 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 갱신 공정은, 상기 금회값과 상기 전회값의 차를 반영시키는 정도를 나타내는 보정 강도를 사용하여, 상기 제1 임피던스 값을 갱신하는 공정인, 제어 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 기억부가 초기화된 이력을 검출하는 초기화 이력 검출 공정과,

상기 초기화 이력 검출 공정에 있어서, 상기 이력이 검출된 경우에, 상기 보정 강도를 상기 금회값이 반영되는 정도가 커지게 되도록 변경하는 보정 강도 변경 공정을

더 구비하는, 제어 방법.

청구항 15

제12항에 있어서,

상기 제1 임피던스 값을 기억하는 기억부는 제1 기억부이며,

상기 제어 방법은,

상기 제1 기억부가 초기화된 이력을 검출하는 초기화 이력 검출 공정과,

상기 초기화 이력 검출 공정에 있어서, 상기 이력이 검출된 경우에는, 제2 기억부에 미리 기억되어 있는 상기 제1 임피던스 값의 초기값보다도 큰 2차 초기값이 설정되는 값 설정 공정을 구비하고,

상기 이력이 검출된 후에, 상기 값 설정 공정에서 설정된 상기 2차 초기값을 상기 제1 임피던스 값의 상기 초기값으로 사용하여, 상기 갱신 공정을 재개하는, 제어 방법.

청구항 16

제9항 내지 제15항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제어 공정은, 보정 후의 상기 제2 임피던스 값에 기초하여, 상기 연료 전지에 대한 반응 가스의 공급을 제어하는 공정인, 제어 방법.

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본원은, 2014년 11월 13일에 출원된 일본 특허출원 제2014-230864호의 일본 특허출원에 기초하는 우선권을 주장하고, 그 개시의 전부가 참조에 의해 본원에 포함된다.

[0002] 본 발명은, 연료 전지 시스템 및 그 제어 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 고체 고분자형 연료 전지(이하, 단순히 「연료 전지」라고 함)는, 습윤 상태에서 양호한 프로톤 전도성을 나타내는 고체 고분자의 박막을 구비하고 있으며, 연료 전지의 내부의 수분 상태가 그 발전 효율에 영향을 미친다. 연료 전지 시스템에서는, 연료 전지의 내부 저항을 나타내는 임피던스를 계측하여, 연료 전지 내부의 수분 상태의 변화를 검출하는 경우가 있다(예를 들어, 일본 특허공개 제2013-110019호 공보).

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 연료 전지의 내부 저항은, 연료 전지의 경년열화 등에 의해서도 변화되는 것이 알려져 있다. 그로 인해, 연료 전지가 경년열화된 경우에는, 연료 전지의 임피던스와 연료 전지 내부의 수분 상태의 상관관계가 변화되어 버려서, 연료 전지의 수분 상태를 정확하게 검출할 수 없게 되어 버릴 가능성이 있다. 종래부터, 연료 전지의 운전 제어에 응용하기 위해서, 연료 전지 내부의 수분 상태에 한하지 않고, 연료 전지의 현재 상태를 보다 정확하게 검출할 수 있는 기술이 요망되고 있다.

과제의 해결 수단

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

[0006] [1] 본 발명의 일 형태에 의하면, 연료 전지 시스템이 제공된다. 이 연료 전지 시스템은, 연료 전지와, 임피던스 계측부와, 제어부를 구비하여도 된다. 상기 임피던스 계측부는, 상기 연료 전지의 임피던스를 계측하여도 된다. 상기 제어부는, 상기 연료 전지의 운전 제어를 실행하여도 된다. 상기 제어부는, 상기 연료 전지가 소정의 상태에 있을 때의 상기 연료 전지의 임피던스를 나타내는 제1 임피던스 값을 취득하고 운전 제어 중에 상기 임피던스 계측부에 의해 계측된 상기 연료 전지의 임피던스를 나타내는 제2 임피던스 값을 취득하고, 상기 제1 임피던스 값과, 상기 제2 임피던스 값을 사용하여, 상기 연료 전지의 운전 제어를 실행하여도 된다. 이 형태의 연료 전지 시스템에 의하면, 제1 임피던스 값과 제2 임피던스 값을 사용함으로써, 예를 들어 연료 전지 내부의 습윤 상태 등, 연료 전지의 상태를 의해 정확하게 검출하는 것이 가능하고, 연료 전지의 상태에 따른 보다 적절한 운전 제어가 가능하다.

[0007] [2] 상기 형태의 연료 전지 시스템에 있어서, 상기 제어부는, 상기 제1 임피던스 값을 사용하여 상기 제2 임피던스 값을 보정하고, 보정 후의 상기 제2 임피던스 값에 기초하여, 상기 연료 전지의 운전 제어를 실행하여도 된다. 이 형태의 연료 전지 시스템에 의하면, 제1 임피던스 값에 기초하여 제2 임피던스 값이 적정화되기 때문에, 보다 정확하게 연료 전지의 상태를 검출하는 것이 가능해진다.

[0008] [3] 상기 형태의 연료 전지 시스템은, 상기 제1 임피던스 값을 기억하는 기억부를 구비하고, 상기 제어부는, 상

기 연료 전지가 운전 중에 상기 소정의 상태에 도달한 때에, 상기 기억부에 저장되어 있는 상기 제1 임피던스 값을 갱신하는 갱신 처리를 실행하고, 상기 제어부는 상기 갱신 처리에 있어서 상기 기억부에 기억되어 있는 상기 제1 임피던스 값을 전회값으로서 판독하고, 상기 연료 전지가 상기 소정의 상태일 때, 상기 임피던스 계측부에 의해 상기 연료 전지의 임피던스를 금회값으로 취득하고, 상기 전회값과 상기 금회값을 사용하여, 갱신 후 제1 임피던스 값을 산출하고, 상기 갱신 후 제1 임피던스를 상기 제1 임피던스로서 상기 기억부에 기억하여도 된다. 이 형태의 연료 전지 시스템에 의하면, 제1 임피던스 값을 축차적으로 갱신할 수 있기 때문에, 제1 임피던스의 값이 보다 적정화된다. 따라서, 임피던스에 기초하는 연료 전지의 상태 검출의 정밀도를 더 높일 수 있다.

[0009] [4] 상기 형태의 연료 전지 시스템은 또한, 상기 연료 전지의 운전 온도를 검출하는 온도 검출부를 구비하고, 상기 제어부는, 상기 연료 전지의 운전 온도가 소정의 온도 범위 내일 때, 상기 연료 전지가 상기 소정의 상태인 것으로 판단하고, 상기 갱신 처리를 실행하여도 된다. 이 형태의 연료 전지 시스템에 의하면, 연료 전지가 임피던스의 측정에 적합한 온도 상태에 있을 때, 제1 임피던스 값의 갱신을 위한 금회값을 취득할 수 있어, 제1 임피던스 값의 신뢰성이 높아진다.

[0010] [5] 상기 형태의 연료 전지 시스템에 있어서, 상기 제어부는, 상기 연료 전지의 운전 온도가 소정의 기간에 걸쳐 상기 소정의 온도 범위내일 때, 상기 연료 전지가 상기 소정의 상태인 것으로 판단하여, 상기 갱신 처리를 실행하여도 된다. 이 형태의 연료 전지 시스템에 의하면, 연료 전지가 임피던스의 측정에 적합한 온도 상태가 계속되고 있을 때 금회값을 취득할 수 있고, 연료 전지가 현저하게 고온의 상태였던 직후 등에, 금회값이 취득되어 버리는 것을 억제할 수 있어, 제1 임피던스 값의 신뢰성 저하가 억제된다.

[0011] [6] 상기 형태의 연료 전지 시스템에 있어서, 상기 제어부는, 상기 금회값과 상기 갱신 후 제1 임피던스 값의 차가 작아지도록, 상기 금회값과 상기 전회값의 차를 반영시켜서, 상기 제1 임피던스 값을 갱신하여도 된다. 이 형태의 연료 전지 시스템에 의하면, 제1 임피던스 값의 값이 더 적정화된다.

[0012] [7] 상기 형태의 연료 전지 시스템에 있어서, 상기 제어부는, 상기 제1 임피던스 값의 갱신 시에, 상기 금회값과 상기 전회값의 차를 반영시키는 정도를 나타내는 보정 강도를 사용하여도 된다. 이 형태의 연료 전지 시스템이면, 보정 강도의 변경에 의해, 제1 임피던스 값의 적정화를 위한 학습 속도를 임의로 제어할 수 있다.

[0013] [8] 상기 형태의 연료 전지 시스템은, 상기 기억부가 초기화된 이력을 검출하는 초기화 검출부를 구비하고, 상기 제어부는, 상기 초기화 검출부에 의해, 상기 기억부가 초기화된 이력이 검출되는 경우에, 상기 금회값과 상기 전회값의 차가 반영되는 정도가 커지게 되도록 상기 보정 강도를 변경하여도 된다. 이 형태의 연료 전지 시스템이면, 기억부의 기억 내용이 초기화된 후의 제1 임피던스 값의 학습 속도가 높아지기 때문에, 제1 임피던스 값이 기억부의 초기화 전의 값 근방으로 복구될 때까지의 시간이 단축화된다.

[0014] [9] 상기 형태의 연료 전지 시스템에 있어서, 상기 기억부는 제1 기억부이며, 또한, 상기 제1 임피던스 값의 초기값을 기억하는 제2 기억부와, 상기 제1 기억부가 초기화된 이력을 검출하는 초기화 검출부를 구비하고, 상기 제어부는, 상기 초기화 검출부에 의해 상기 제1 기억부가 초기화된 이력이 검출된 경우에, 상기 제2 기억부에 기억되어 있는 상기 제1 임피던스 값의 초기값보다도 큰 값을 상기 전회값으로서 설정하고, 상기 갱신 처리에 있어서, 상기 제1 임피던스 값의 갱신을 재개하여도 된다. 이 형태의 연료 전지 시스템이면, 제1 임피던스 값이 기억부의 초기화 전의 값 근방으로 복구될 때까지의 시간이 단축화된다.

[0015] [10] 상기 형태의 연료 전지 시스템은, 상기 연료 전지에 반응 가스를 공급하는 반응 가스 공급부를 더 구비하고, 상기 제어부는, 상기 제1 임피던스 값과 상기 제2 임피던스 값을 사용한 상기 연료 전지의 운전 제어로서, 상기 반응 가스 공급부의 제어를 실행하여도 된다. 이 형태의 연료 전지 시스템에 의하면, 연료 전지에 대한 반응 가스의 공급이 연료 전지의 현재의 임피던스에 따라서 보다 적절히 실행된다.

[0016] 전술한 본 발명의 각 형태가 갖는 복수의 구성 요소는 전부가 필수적인 것이 아니라, 전술한 과제에의 일부 또는 전부를 해결하기 위해서, 혹은, 본 명세서에 기재된 효과의 일부 또는 전부를 달성하기 위해서, 적절히, 상기 복수의 구성 요소의 일부에 대하여, 그 변경, 삭제, 새로운 다른 구성 요소와의 대체, 한정 내용의 일부 삭제를 행하는 것이 가능하다. 또한, 전술한 과제의 일부 또는 전부를 해결하기 위해서, 혹은, 본 명세서에 기재된 효과의 일부 또는 전부를 달성하기 위해서, 전술한 본 발명의 일 형태에 포함되는 기술적 특징의 일부 또는 전부를 전술한 본 발명의 다른 형태에 포함되는 기술적 특징의 일부 또는 전부와 조합하여, 본 발명의 독립된 일 형태로 하는 것도 가능하다.

[0017] 본 발명은, 연료 전지 시스템 이외의 다양한 형태로 실현하는 것도 가능하다. 예를 들어, 연료 전지의 임피던

스의 계측 장치나 계측 방법, 보정 방법, 연료 전지 시스템의 제어 방법, 그들 방법을 실현하는 컴퓨터 프로그램, 그 컴퓨터 프로그램을 기록한 일시적이지 않은 기록 매체 등의 형태로 실현할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은, 제1 실시 형태의 연료 전지 시스템의 구성을 나타내는 개략도.
 도 2는, 제1 실시 형태의 연료 전지 시스템의 전기적 구성을 나타내는 개략도.
 도 3은, 연료 전지의 임피던스를 설명하기 위한 설명도.
 도 4는, 제어부가 실행하는 연료 전지의 운전 제어의 플로우를 나타내는 설명도.
 도 5는, 임피던스 보정 기준값 갱신 처리의 플로우를 나타내는 설명도.
 도 6은, 임피던스 취득 처리의 플로우를 나타내는 설명도.
 도 7은, 제2 실시 형태의 연료 전지 시스템의 전기적 구성을 나타내는 개략도.
 도 8은, 제2 실시 형태의 임피던스 보정 기준값 갱신 처리의 플로우를 나타내는 설명도.
 도 9는, 보정 기준값을 초기값 대신에 대체 초기값으로 설정했을 때의 효과를 나타내는 설명도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] A. 제1 실시 형태:
- [0020] [연료 전지 시스템의 구성]
- [0021] 도 1은, 본 발명의 제1 실시 형태로서의 연료 전지 시스템(100)의 구성을 나타내는 개략도이다. 이 연료 전지 시스템(100)은, 연료 전지 차량에 탑재되고, 운전자(유저)로부터의 요구에 따라서, 구동력으로서 사용되는 전력을 출력한다. 연료 전지 시스템(100)은, 제어부(10)와, 연료 전지(20)와, 캐소드 가스 공급부(30)와, 애노드 가스 공급부(50)와, 냉매 공급부(70)를 구비한다.
- [0022] 제어부(10)는, 중앙 처리 장치와 주기억 장치를 구비하는 마이크로 컴퓨터에 의해 구성되고, 주기억 장치상에 프로그램을 판독하여 실행함으로써, 다양한 기능을 발휘한다. 제어부(10)는, 연료 전지 시스템(100)의 각 구성부를 제어하여, 연료 전지(20)에 출력 요구에 따른 전력을 발전시키는 연료 전지(20)의 운전 제어를 실행하는 기능을 갖는다. 제어부(10)는, 연료 전지(20)의 운전 제어에 사용되는 연료 전지(20)의 임피던스를 취득해서 보정하는 임피던스 처리부(15)로서의 기능을 더 갖는다. 제어부(10)에 의한 연료 전지(20)의 운전 제어 및 임피던스 처리부(15)의 기능에 대해서는 후술한다.
- [0023] 연료 전지(20)는, 반응 가스로서 수소(애노드 가스)와 공기(캐소드 가스)의 공급을 받아서 발전하는 고체 고분자형 연료 전지이다. 연료 전지(20)는, 복수의 단위 셀(21)이 적층된 스택 구조를 갖는다. 각 단위 셀(21)은, 각각이 단체이더라도 발전 가능한 발전 요소이며, 전해질막의 양면에 전극을 배치한 발전체인 막 전극 접합체와, 막 전극 접합체를 사이에 끼우는 2매의 세퍼레이터(도시생략)를 갖는다. 전해질막은, 내부에 수분을 포함한 습윤 상태일 때 양호한 프로톤 전도성을 나타내는 고체 고분자 박막에 의해 구성된다. 막 전극 접합체의 전극은, 촉매층과, 가스 확산층을 갖는다.
- [0024] 캐소드 가스 공급부(30)는, 연료 전지(20)에 캐소드 가스를 공급하는 기능과, 연료 전지(20)의 캐소드측으로부터 배출되는 배수와 캐소드 배기 가스를 연료 전지 시스템(100)의 외부로 배출하는 기능을 갖는다. 캐소드 가스 공급부(30)는, 연료 전지(20)의 상류측에, 캐소드 가스 배관(31)과, 에어 컴프레서(32)와, 에어 플로우미터(33)와, 개폐 밸브(34)를 구비한다. 캐소드 가스 배관(31)은, 연료 전지(20)의 캐소드측의 입구에 접속된 배관이다. 에어 컴프레서(32)는, 캐소드 가스 배관(31)을 통해 연료 전지(20)와 접속되어 있으며, 외기를 도입해서 압축한 공기를, 캐소드 가스로서 연료 전지(20)에 공급한다.
- [0025] 에어 플로우미터(33)는, 에어 컴프레서(32)의 상류측에 있어서, 에어 컴프레서(32)가 도입하는 외기의 양을 계측하고, 제어부(10)에 송신한다. 제어부(10)는, 이 계측값에 기초하여 에어 컴프레서(32)를 구동함으로써, 연료 전지(20)에 대한 공기의 공급량을 제어한다. 개폐 밸브(34)는, 에어 컴프레서(32)와 연료 전지(20)의 사이에 설치되어 있다. 개폐 밸브(34)는, 통상 폐쇄된 상태이며, 에어 컴프레서(32)로부터 소정의 압력을 갖는 공기가 캐소드 가스 배관(31)에 공급되었을 때 개방된다.

- [0026] 캐소드 가스 공급부(30)는, 연료 전지(20)의 하류측에, 캐소드 배기 가스 배관(41)과, 압력 조절 밸브(43)와, 압력 계측부(44)를 구비한다. 캐소드 배기 가스 배관(41)은, 연료 전지(20)의 캐소드측의 출구에 접속된 배관이며, 배수 및 캐소드 배기 가스를 연료 전지 시스템(100)의 외부로 배출한다. 압력 조절 밸브(43)는, 캐소드 배기 가스 배관(41)에 있어서의 캐소드 배기 가스의 압력[연료 전지(20)의 캐소드측의 배압]을 조정한다. 압력 계측부(44)는, 압력 조절 밸브(43)의 상류측에 설치되어 있으며, 캐소드 배기 가스의 압력을 계측하고, 그 계측값을 제어부(10)에 송신한다. 제어부(10)는, 압력 계측부(44)의 계측값에 기초하여 압력 조절 밸브(43)의 개방도를 조정한다.
- [0027] 애노드 가스 공급부(50)는, 연료 전지(20)에 애노드 가스를 공급하는 기능과, 연료 전지(20)로부터 배출되는 애노드 배기 가스를, 연료 전지 시스템(100)의 외부로 배출하는 기능과, 연료 전지 시스템(100) 내에서 순환시키는 기능을 갖는다. 애노드 가스 공급부(50)는, 연료 전지(20)의 상류측에, 애노드 가스 배관(51)과, 수소 탱크(52)와, 개폐 밸브(53)와, 레귤레이터(54)와, 수소 공급 장치(55)와, 압력 계측부(56)를 구비한다. 수소 탱크(52)에는, 연료 전지(20)에 공급하기 위한 고압 수소가 충전되어 있다. 수소 탱크(52)는, 애노드 가스 배관(51)을 통해 연료 전지(20)의 애노드측의 입구에 접속되어 있다.
- [0028] 애노드 가스 배관(51)에는, 개폐 밸브(53)와, 레귤레이터(54)와, 수소 공급 장치(55)와, 압력 계측부(56)가, 이 순서로, 상류측[수소 탱크(52)측]으로부터 설치되어 있다. 제어부(10)는, 개폐 밸브(53)의 개폐를 제어함으로써, 수소 탱크(52)로부터 수소 공급 장치(55)의 상류측으로의 수소의 유입을 제어한다. 레귤레이터(54)는, 수소 공급 장치(55)의 상류측에 있어서의 수소의 압력을 조정하기 위한 감압 밸브이며, 그 개방도가 제어부(10)에 의해 제어되어 있다. 수소 공급 장치(55)는, 예를 들어 전자 구동식 개폐 밸브인 인젝터에 의해 구성된다. 압력 계측부(56)는, 수소 공급 장치(55)의 하류측의 수소의 압력을 계측하고, 제어부(10)로 송신한다. 제어부(10)는, 압력 계측부(56)의 계측값에 기초하여, 수소 공급 장치(55)의 구동 주기(개폐 주기)를 제어함으로써, 연료 전지(20)에 공급되는 수소량을 제어한다.
- [0029] 애노드 가스 공급부(50)는, 연료 전지(20)의 하류측에, 애노드 배기 가스 배관(61)과, 기액 분리부(62)와, 애노드 가스 순환 배관(63)과, 수소 순환용 펌프(64)와, 애노드 배수 배관(65)과, 배수 밸브(66)와, 압력 계측부(67)를 구비한다. 애노드 배기 가스 배관(61)은, 연료 전지(20)의 애노드측의 출구와 기액 분리부(62)를 접속하는 배관이다. 애노드 배기 가스 배관(61)에는, 압력 계측부(67)가 설치되어 있다. 압력 계측부(67)는, 연료 전지(20)의 수소 매니폴드의 출구 근방에 있어서, 애노드 배기 가스의 압력[연료 전지(20)의 애노드측의 배압]을 계측하고, 제어부(10)에 송신한다.
- [0030] 기액 분리부(62)는, 애노드 가스 순환 배관(63)과, 애노드 배수 배관(65)에 접속되어 있다. 애노드 배기 가스 배관(61)을 통해 기액 분리부(62)에 유입된 애노드 배기 가스는, 기액 분리부(62)에 의해 기체 성분과 수분으로 분리된다. 기액 분리부(62) 내에서, 애노드 배기 가스의 기체 성분은 애노드 가스 순환 배관(63)으로 유도되고, 수분은 애노드 배수 배관(65)으로 유도된다.
- [0031] 애노드 가스 순환 배관(63)은, 애노드 가스 배관(51)의 수소 공급 장치(55)로부터 하류에 접속되어 있다. 애노드 가스 순환 배관(63)에는, 수소 순환용 펌프(64)가 설치되어 있으며, 이 수소 순환용 펌프(64)에 의해, 기액 분리부(62)에 있어서 분리된 기체 성분에 포함되는 수소는, 애노드 가스 배관(51)으로 송출된다.
- [0032] 애노드 배수 배관(65)에는 배수 밸브(66)가 설치되어 있다. 배수 밸브(66)는, 제어부(10)로부터의 지령에 따라서 개폐된다. 제어부(10)는, 통상 배수 밸브(66)를 폐쇄해 두고, 미리 설정된 소정의 배수 타이밍이나, 애노드 배기 가스 중의 불활성 가스의 배출 타이밍에 배수 밸브(66)를 개방한다. 애노드 배수 배관(65)의 하류단부는, 애노드측의 배수와 애노드 배기 가스를, 캐소드측의 배수와 캐소드 배기 가스에 혼합해서 배출 가능하도록, 캐소드 배기 가스 배관(41)에 합류되어 있다(도시생략).
- [0033] 냉매 공급부(70)는, 냉매용 배관(71)과, 라디에이터(72)와, 순환 펌프(75)와, 2개의 온도 계측부(76a, 76b)를 구비한다. 냉매용 배관(71)은, 연료 전지(20)를 냉각하기 위한 냉매를 순환시키기 위한 배관이며, 상류측 배관(71a)과, 하류측 배관(71b)으로 구성된다. 상류측 배관(71a)은, 연료 전지(20) 내의 냉매 유로의 출구와 라디에이터(72)의 입구를 접속한다. 하류측 배관(71b)은, 연료 전지(20) 내의 냉매 유로의 입구와 라디에이터(72)의 출구를 접속한다.
- [0034] 라디에이터(72)는, 외기를 도입하는 팬을 갖고, 냉매용 배관(71)의 냉매와 외기 사이에서 열 교환시킴으로써, 냉매를 냉각한다. 순환 펌프(75)는, 하류측 배관(71b)에 설치되어 있으며, 제어부(10)의 지령에 기초하여 구동한다. 냉매는, 순환 펌프(75)의 구동력에 의해 냉매용 배관(71) 내를 흐른다.

- [0035] 제1 온도 계측부(76a)는 상류측 배관(71a)에 설치되고, 제2 온도 계측부(76b)는 하류측 배관(71b)에 설치되어 있다. 제어부(10)는, 2개의 온도 계측부(76a, 76b)에 의해 각 배관(71a, 71b)에 있어서의 냉매 온도를 검출하고, 각 배관(71a, 71b)의 냉매 온도의 차로부터 연료 전지(20)의 운전 온도를 검출한다. 제어부(10)는, 연료 전지(20)의 운전 온도에 기초하여 순환 펌프(75)의 회전 수를 제어함으로써, 연료 전지(20)의 운전 온도를 제어한다.
- [0036] 도 2는, 연료 전지 시스템(100)의 전기적 구성을 나타내는 개략도이다. 연료 전지 시스템(100)은, 이차 전지(82)와, DC/DC 컨버터(84)와, DC/AC 인버터(86)와, 임피던스 계측부(90)와, 제1 기억부(91)와, 제2 기억부(92)를 더 구비한다. 연료 전지 시스템(100)에서는, 연료 전지(20)는, 직류 배선(81)을 통해 DC/AC 인버터(86)에 접속되어 있다. DC/AC 인버터(86)는, 연료 전지 차량의 구동력원인 삼상교류 모터(200)[이하, 단순히 「모터(200)」라고 함]에 접속되어 있다. 이차 전지(82)는, DC/DC 컨버터(84)를 통하여, 직류 배선(81)에 접속되어 있다.
- [0037] 이차 전지(82)는, 예를 들어 리튬 이온 전지로 구성된다. 이차 전지(82)는, 연료 전지(20)의 출력 전력이나, 모터(200)의 회생 전력에 의해 충전되고, 연료 전지(20)와 함께 전력원으로서 기능한다. DC/DC 컨버터(84)는, 제어부(10)의 지령에 기초하여 직류 배선(81)의 전압 레벨을 가변하도록 조정하고, 연료 전지(20)의 전류·전압을 제어함과 함께, 이차 전지(82)의 충·방전을 제어한다. DC/AC 인버터(86)는, 연료 전지(20)와 이차 전지(82)로부터 얻어진 직류 전력을 교류 전력으로 변환하고, 모터(200)에 공급한다. 또한, 모터(200)에 의해 회생 전력이 발생하는 경우에는, 그 회생 전력을 직류 전력으로 변환한다.
- [0038] 임피던스 계측부(90)는, 본 발명의 임피던스 계측부의 하위 개념에 상당한다. 임피던스 계측부(90)는, 교류 임피던스법을 이용하여, 연료 전지(20)의 각 단위 셀(21)의 임피던스를 취득하고, 제어부(10)로 출력한다. 임피던스 계측부(90)는, 교류 전원을 구비하고 있으며, 제어부(10)의 지령에 따라서, 연료 전지(20)의 각 단위 셀(21)에 고주파(예를 들어, 수 kHz 내지 수 MHz)의 교류를 인가하고, 각 단위 셀(21)의 임피던스 중 직류 저항 성분(후술)을 계측한다. 이하에서는, 각 단위 셀(21)에 있어서 얻어지는 임피던스를 특별히 구별하지 않고, 단순히 「연료 전지(20)의 임피던스」라고 설명한다. 제어부(10)는, 임피던스 계측부(90)에 의해 취득된 연료 전지(20)의 임피던스를 사용하여, 연료 전지(20)의 운전 제어를 실행한다.
- [0039] 제1 기억부(91)는, 예를 들어 SRAM 등의 휘발성 메모리에 의해 구성되고, 기억 정보를 재기입 가능(갱신 가능)하게 유지한다. 제1 기억부(91)의 기억 정보는, 이차 전지(82)의 전력에 의해, 연료 전지 시스템(100)의 운전 종료 후에도 유지된다. 제1 기억부(91)에는, 임피던스 취득 처리(후술)에 있어서 임피던스의 보정에 사용되는 보정 기준값 Z_s 가 기억되어 있다. 보정 기준값 Z_s 는 임피던스 보정 기준값 갱신 처리(후술)에 있어서 갱신된다. 제2 기억부(92)는, 예를 들어 ROM 등의 불휘발성 메모리에 의해 구성되고, 갱신을 필요로 하지 않는 정보를 불휘발적으로 유지한다. 제1 기억부(91)에는, 연료 전지(20)의 운전 제어에 있어서 실행되는 임피던스 취득 처리에 있어서의 임피던스의 보정에 사용되는 보정 기준값 Z_s 의 초기값 Z_0 이 기억되어 있다. 보정 기준값 Z_s 및 초기값 Z_0 에 대해서는, 임피던스 보정 처리 및 임피던스 보정 기준값 갱신 처리의 내용과 함께 설명한다.
- [0040] [연료 전지의 임피던스]
- [0041] 도 3은, 연료 전지의 임피던스를 설명하기 위한 설명도이다. 도 3의 (a)란에는, 교류 임피던스 측정에 의해, 일반적인 고체 고분자형 연료 전지에 있어서 얻어지는 나이키스트 플롯(콜-콜 플롯)의 일례가 도시되어 있다. 도 3의 (b)란에는, 연료 전지의 임피던스에 있어서의 직류 성분의 경년변화를 나타내는 그래프가 도시되어 있다. 연료 전지의 임피던스에는, 나이키스트 플롯에 있어서 대략 반원 형상의 그래프 부분에 의해 표시되는 교류 저항 성분과, 대략 직선상의 그래프 부분에 의해 표시되는 직류 저항 성분이 포함된다[도 3의 (a)란]. 전술한 바와 같이, 본 실시 형태의 임피던스 계측부(90)는, 고주파의 교류를 사용하여 임피던스의 직류 저항 성분을 계측한다.
- [0042] 임피던스의 직류 저항 성분에는, 연료 전지에 있어서의 전해질막의 저항이나 프로톤의 이동 저항 등, 전해질막의 저항이나 프로톤의 이동 저항은 연료 전지 내의 수분량에 따라서 변동하는 성분이 포함된다[도 3의 (b)란]. 그로 인해, 연료 전지 내의 수분량과 임피던스의 직류 저항 성분과의 상관관계를 미리 취득해 둬으로써, 임피던스의 직류 저항 성분에 기초하여 연료 전지 내부의 수분량이나, 연료 전지 내부의 수분 상태를 검출하는 것이 가능하다.
- [0043] 여기서, 임피던스의 직류 저항 성분에는, 가스 확산층이나 세퍼레이터 등의 도전성 부재의 저항이나, 그들 도전

성 부재 간의 접촉 저항 등, 연료 전지 내의 수분량에 거의 영향을 받지 않는 성분도 포함된다. 그들 성분은, 도전성 부재의 산화 등의 경년열화나 연료 전지 스택의 체결 가중의 경년변화에 영향을 받아서 경년적으로 증대한다. 본 실시 형태의 연료 전지 시스템(100)에서는, 연료 전지(20)의 운전 제어에 사용되는 연료 전지(20)의 임피던스가 연료 전지(20)에 포함되는 수분량(함수량)을 보다 적절하게 나타내는 값으로 되도록, 그러한 경년변화의 영향을 저감하기 위한 보정을 행한다.

[0044] [연료 전지 시스템의 운전 제어]

[0045] 도 4는, 제어부(10)가 실행하는 연료 전지(20)의 운전 제어의 플로우를 나타내는 설명도이다. 스텝 S10에서는, 제어부(10)의 임피던스 처리부(15)에 의해, 임피던스 취득 처리(스텝 S40)에 있어서 임피던스의 보정에 사용되는 보정 기준값 Z_s 를 갱신하는 임피던스 보정 기준값 갱신 처리가 실행된다. 보정 기준값 및 보정 기준값 갱신 처리의 내용에 대해서는 후술한다.

[0046] 스텝 S20에서는, 제어부(10)는 유저로부터의 출력 요구를 검출한다. 스텝 S30에서는, 제어부(10)는 유저로부터의 출력 요구에 따라서 연료 전지(20)로 출력시키는 목표 전력을 결정한다. 스텝 S40에서는, 임피던스 처리부(15)가, 임피던스 계측부(90)에 의해 연료 전지(20)의 임피던스를 취득하는 임피던스 취득 처리를 실행한다. 임피던스 취득 처리에서는, 기준 보정값 Z_s 를 사용해서 임피던스의 계측값이 보정된다. 임피던스 취득 처리의 내용에 대해서는 후술한다.

[0047] 스텝 S45에서는, 제어부(10)는, 보정 후의 임피던스인 판정용 임피던스에 기초하여 연료 전지(20)에 대한 반응 가스의 공급 제어를 통상 운전과 수분 증가 운전 중 어느 하나로 전환하기 위한 임피던스 판정 처리를 실행한다. 제어부(10)는, 보정 후의 임피던스가 소정의 값 이하인 경우에는, 연료 전지(20)의 내부에 충분한 수분량이 있는 습윤 상태인 것으로 하여, 스텝 S50의 통상 운전을 행한다. 한편, 보정 후의 임피던스가 소정의 값보다 큰 경우에는, 연료 전지(20)의 내부의 수분량이 부족한 건조 상태인 것으로 하여 스텝 S55의 수분 증가 운전을 행한다.

[0048] 스텝 S50의 통상 운전에서는, 제어부(10)는, 미리 준비되어 있는 소정의 제어 맵 등을 사용하여, 스텝 S20에 있어서 결정된 목표 출력에 따라서, 연료 전지(20)에 대한 반응 가스의 목표 공급 유량과 목표 압력을 설정한다. 이후, 통상 운전에서의 반응 가스의 목표 압력을 「제1 목표 압력」이라고도 부른다. 제어부(10)는, 캐소드 가스 공급부(30)와 애노드 가스 공급부(50)에 목표 공급 유량과 제1 목표 압력에 따른 반응 가스의 공급 운전을 개시시킨다.

[0049] 스텝 S55의 수분 증가 운전에서는, 제어부(10)는 통상 운전과 마찬가지로, 반응 가스의 목표 공급 유량을 결정하는 한편, 통상 운전에서 제1 목표 압력보다도 높은 목표 압력(이후, 「제2 목표 압력」이라고도 함)으로 설정한다. 제어부(10)는, 캐소드 가스 공급부(30)와 애노드 가스 공급부(50)에 목표 공급 유량과 제2 목표 압력에 따른 반응 가스의 공급 운전을 개시시킨다. 수분 증가 운전에서는, 연료 전지(20)에 대하여, 통상 운전의 경우보다도 높은 압력으로 반응 가스가 공급된다. 이에 의해, 배기 가스 중의 수증기 분압을 내릴 수 있어, 반응 가스에 의해 연료 전지(20)의 내부로부터 빼앗기는 수분량을 저감시킬 수 있다. 따라서, 연료 전지(20) 내의 수분량을 통상 운전 시보다 증가시킬 수 있다.

[0050] 제어부(10)는, 연료 전지 시스템(100)의 운전이 종료될 때까지, 스텝 S10 내지 S55의 처리를 반복한다(스텝 S60). 이와 같이, 본 실시 형태의 연료 전지 시스템(100)에서는, 연료 전지(20)의 연료 전지(20)의 임피던스에 기초하여 연료 전지(20) 내의 수분량이 판정된다. 그리고, 연료 전지(20)가 건조 상태에 있다고 판정된 경우에는, 수분 증가 운전에서, 연료 전지(20) 내의 수분량이 증가하는 반응 가스의 공급 제어가 실행된다. 따라서, 연료 전지(20) 내의 수분량이 부족함에 따른 발전 효율의 저하가 억제된다.

[0051] 도 5는, 임피던스 처리부(15)에 의해 실행되는 임피던스 보정 기준값 갱신 처리(도 4의 스텝 S10)의 플로우를 나타내는 설명도이다. 보정 기준값 Z_s 는, 본 발명에 있어서의 제1 임피던스 값의 하위 개념에 상당한다. 보정 기준값 Z_s 는, 연료 전지(20)의 임피던스를 보정할 때 기준이 되는 값이며, 연료 전지(20)의 전해질막이 양호한 습윤 상태임이 담보되는 소정의 기준 상태에 있을 때의 연료 전지(20)의 임피던스를 나타내는 값이다. 보정 기준값 Z_s 는, 연료 전지(20)가 기준 상태일 때 임피던스 계측부(90)에 의해 취득되는 임피던스에 기초하여 축차적으로 갱신된다.

[0052] 스텝 S210에서는, 임피던스 처리부(15)는, 연료 전지(20)의 운전 온도에 기초하여 연료 전지(20)가 소정의 기준 상태인지 여부를 판정한다. 임피던스 처리부(15)는, 이하의 조건 (a), (b)의 양쪽이 만족될 때, 연료 전지(2

0)가 기준 상태라고 판정한다.

[0053] (a) 연료 전지(20)의 운전 온도가 T_1 이상이며, 또한 T_2 이하이다.

[0054] (b) 연료 전지(20)의 운전 온도가 T_3 이하인 상태가 소정의 기간 p만큼 계속되고 있다.

[0055] 조건 (a)에서는, 연료 전지(20)의 운전 온도가 온도 T_1 이상임을 조건으로 함으로써, 연료 전지(20)의 임피던스 측정값에 반응 가스의 확산 저항 등의 노이즈가 실리는 것을 억제한다. 온도 T_1 은, 임피던스의 측정에 사용되는 교류의 주파수에 따라서 미리 실험적으로 구해진 온도를 채용하면 된다. 본 실시 형태에서는, 온도 T_1 은 55℃이다.

[0056] 조건 (a)에서는, 연료 전지(20)의 운전 온도가 온도 T_2 이하임을 조건으로 함으로써, 연료 전지(20)의 현재의 운전 온도가, 전해질막이 건조 상태가 되는 온도가 아님을 담보한다. 온도 T_2 는, 미리 실험 등에 의해 구해진 연료 전지(20)의 전해질막이 건조 상태로 될 가능성이 낮은 온도를 채용하면 된다. 본 실시 형태에서는, 온도 T_2 는 60℃이다.

[0057] 조건 (b)는, 연료 전지(20)의 운전 온도가 현저하게 높은 온도(예를 들어 90℃ 정도)였던 직후가 아님을 담보하기 위한 조건이다. 연료 전지(20)의 운전 온도가 고온이었던 직후에는, 전해질막의 건조 상태가 해소되지 않을 가능성이 있기 때문이다. 조건 (b)의 온도 T_3 은, 연료 전지(20)의 평균 운전 온도에 기초하여 정해져도 되며, 조건 (a)의 온도 T_2 와 같이, 실험 등에 의해 구해진 연료 전지(20)의 전해질막이 건조 상태로 될 가능성이 낮은 온도가 채용되어도 된다. 본 실시 형태에서는, 온도 T_3 은, 조건 (a)의 온도 T_2 와 동일하게, 60℃이다.

[0058] 조건 (b)의 소정의 기간 p는, 연료 전지(20)의 운전 온도가 현저하게 높은 온도(예를 들어 90℃ 정도)로부터 통상의 온도(예를 들어 60℃ 정도)로 복귀되었을 때 전해질막의 건조 상태가 해소될 정도의 시간인 것이 바람직하다. 본 실시 형태에서는, 소정의 기간 p는 60초로 한다.

[0059] 조건 (a), (b) 중 적어도 한쪽이라도 만족하지 않은 경우에는, 임피던스 처리부(15)는, 연료 전지(20)가 소정의 기준 상태에는 없는 것으로 하여, 임피던스 보정 기준값 갱신 처리를 종료한다(스텝 S210의 '아니오'). 이 경우에는, 기준 보정값 Z_s 가 갱신되지 않은 채, 도 3의 스텝 S20 이후 연료 전지(20)의 운전 제어가 계속된다.

[0060] 조건 (a), (b)의 양쪽이 만족된 경우에는, 임피던스 처리부(15)는, 연료 전지(20)가 소정의 기준 상태에 있다고 판정한다(스텝 S210의 '예'). 이 경우에는, 기준 보정값 Z_s 의 갱신에 사용하기 위한 연료 전지(20)의 임피던스를 임피던스 계측부(90)로부터 취득한다(스텝 S220). 이하에서는, 스텝 S220에 있어서 취득되는 연료 전지(20)의 임피던스를 「금회값 Z_c 」라고 칭한다.

[0061] 스텝 S230에서는, 임피던스 처리부(15)는 제1 기억부(91)(도 2)에 기억되어 있는 보정 기준값 Z_s 를 전회값 Z_p 로서 판독한다($Z_p=Z_s$). 또한, 임피던스 보정 기준값 갱신 처리가 첫 회인 경우에는, 전회값 Z_p 로서는, 제2 기억부(92)에 기억되어 있는 보정 기준값 Z_s 의 초기값 Z_0 이 설정된다. 초기값 Z_0 은, 공장 출하 시에 있어서의 연료 전지(20)가 소정의 기준 상태에 있을 때의 임피던스를 나타내는 미리 실험적으로 구해진 값이다. 전회값 Z_p 는 본 발명에 있어서 전회 값의 하위 개념에 상당 한다.

[0062] 스텝 S240에서는, 임피던스 처리부(15)는, 전회값 Z_p 와 금회값 Z_c 의 차가 갱신 후의 보정 기준값 Z_s 에 있어서 완화되도록, 현재의 보정 기준값 Z_s 인 전회값 Z_p 에 대하여 당해 차를 반영시키는 보정을 행하여, 보정 기준값 Z_s 를 갱신한다. 구체적으로는, 금회값 Z_c 로부터 전회값 Z_p 를 뺀 차에 계수 α (α 는 1 미만의 실수)를 곱하여, 전회값 Z_p 에 가산한 값을, 새로운 기준 보정값 Z_s 로 하는 보정을 행한다[하기의 식 (A)].

[0063] (식 A)

[0064]
$$Z_s = Z_p + \alpha (Z_c - Z_p)$$

[0065] 여기서, 계수 α 는, 소위 평활화 계수이며, 금회값 Z_c 와 전회값 Z_p 의 차가 기준 보정값 Z_s 에 반영되는 정도를 나타내는 보정 강도의 하위 개념에 상당한다. 금회값 Z_c 와 전회값 Z_p 의 차에 계수 α 를 곱함으로써, 금회값 Z_c 가

측정 오차 등에 의해 우연적으로 극단으로 큰 값으로서 취득되어 버렸다고 해도, 기준 보정값 Z_s 가 즉시 그 영향을 받아 버리는 것이 억제된다. 또한, 상기의 식 (A)는 하기의 식 (A')와 같이 전개 가능하다. 하기의 식 (A')로 나타내고 있는 바와 같이, 상기의 보정은, 계수 α 에 의해, 금회값 Z_c 와 전회값 Z_p 의 가중치 부여가 행해지고 있다는 해석이 가능하다.

[0066] (식 A')

$$Z_s = \alpha Z_c + (1 - \alpha) Z_p$$

[0068] 임피던스 처리부(15)는, 제1 기억부(91)(도 2)의 기준 보정값 Z_s 를 보정 후의 기준 보정값 Z_s 에 재기입하여 갱신하고, 임피던스 보정 기준값 갱신 처리를 종료한다. 그 후, 제어부(10)에 의해, 도 3의 스텝 S20 이후에 있어서의 연료 전지(20)의 운전 제어가 계속된다.

[0069] 이와 같이, 본 실시 형태에서는, 연료 전지(20)의 전해질막 습윤 상태가 양호함이 담보되어 있는 기준 상태에 있어서, 기준 보정값 Z_s 를 갱신하기 위한 금회값 Z_p 가 취득되어 있다. 따라서, 임피던스를 보정하기 위한 기준값으로서의 기준 보정값 Z_s 의 신뢰성이 높아지고 있다. 또한, 기준 보정값 Z_s 는 축차적으로 갱신되어 있으며, 기준 보정값 Z_s 에는 연료 전지(20)의 상태 변화가 적절히 실시간으로 반영되어 있다. 따라서, 이하에 설명하는 임피던스 취득 처리에 있어서의 임피던스의 보정 신뢰성이 확보된다.

[0070] 도 6은, 임피던스 처리부(15)에 의해 실행되는 임피던스 취득 처리(도 4의 스텝 S40)의 플로우를 나타내는 설명도이다. 스텝 S310에서는, 임피던스 처리부(15)는, 임피던스 계측부(90)에 의해, 연료 전지(20)에 있어서의 현재의 임피던스의 계측값 Z_m 을 취득한다. 계측값 Z_m 은, 본 발명에 있어서의 제2 임피던스 값의 하위 개념에 상당한다. 스텝 S320에서는, 임피던스 처리부(15)는, 제2 기억부(92)(도 2)로부터 보정 기준값 Z_s 의 초기값 Z_0 을 판독한다.

[0071] 스텝 S330에서는, 임피던스 처리부(15)는, 보정 기준값 Z_s 와 초기값 Z_0 을 사용해서 계측값 Z_m 을 보정한다. 보다 구체적으로는, 임피던스 처리부(15)는, 보정 기준값 Z_s 와 초기값 Z_0 의 차를, 계측값 Z_m 으로부터 감산하는 보정을 행한다. 이 보정에 의해, 임피던스 처리부(15)는, 스텝 S45의 판정 처리에 사용되는 보정 후의 임피던스인 판정용 임피던스 Z_j 를 취득한다[하기의 식 (B)].

[0072] (식 B)

$$Z_j = Z_m - (Z_s - Z_0)$$

[0074] 상기의 식 (B)에 있어서의 보정 기준값 Z_s 와 초기값 Z_0 의 차($Z_s - Z_0$)는, 도 3의 (B)란의 그래프로 나타내고 있는 경년변화에 의한 임피던스의 증가량 ΔD 에 상당한다. 즉, 상기의 보정에 의해 얻어지는 판정용 임피던스 Z_j 는, 경년변화에 의한 임피던스의 증가 성분이 제외된 값에 상당하고, 현재의 연료 전지(20) 내의 수분량을 보다 적절하게 나타낸 바와 같이 적정화되어 있다.

[0075] 이상과 같이, 본 실시 형태의 연료 전지 시스템(100)에서는, 제1 임피던스 값의 하위 개념에 상당하는 보정 기준값 Z_s 를 사용하여 제2 임피던스 값의 하위 개념에 상당하는 계측값 Z_m 을 보정한 판정용 임피던스 Z_j 에 기초하여 연료 전지(20) 내부의 수분 상태가 판정되어 있다. 따라서, 연료 전지(20) 내부의 수분 상태에 따른 연료 전지(20)의 운전 제어가 보다 적절히 실행된다.

[0076] B. 제2 실시 형태:

[0077] 도 7은, 본 발명의 제2 실시 형태로서의 연료 전지 시스템(100A)의 전기적 구성을 나타내는 개략도이다. 제2 실시 형태의 연료 전지 시스템(100A)의 구성은, 통전 상태 감시부(93)를 구비하고 있는 점과, 제2 기억부(92)에, 초기값 Z_0 에 추가해서, 대체 초기값 Z_1 이 기억되어 있는 점 이외에는, 제1 실시 형태의 연료 전지 시스템(100)의 구성과 거의 동일하다. 제2 실시 형태의 연료 전지 시스템(100A)에 있어서의 연료 전지(20)의 운전 제어는, 임피던스 보정 기준값 갱신 처리의 플로우가 상이한 점 이외에는, 제1 실시 형태의 운전 제어와 거의 동일하다.

[0078] 제1 실시 형태에서 설명한 것과 마찬가지로, 제1 기억부(91)는, 연료 전지 시스템(100A)의 운전 정지 중에는,

이차 전지(82)의 전력에 의해 그 기억 정보를 유지한다. 통전 상태 감시부(93)는, 이차 전지(82)로부터의 제1 기억부(91)로의 통전 상태를 감시한다.

[0079] 이차 전지(82)로부터의 제1 기억부(91)에 대한 통전은, 예를 들어 연료 전지 차량의 메인터넌스를 위해 이차 전지(82)가 연료 전지 차량으로부터 제외된 경우나, 이차 전지(82)의 충전량이 부족하게 되어버릴 경우 등의 만일의 사태에 빠질 경우에 중단될 가능성이 있다. 통전 상태 감시부(93)는, 연료 전지 시스템(100A)의 운전 정지 중에, 그러한 제1 기억부(91)에 대한 전력 공급의 중단을 검출하면, 그 중단되어 있는 시간을 계측한다. 통전 상태 감시부(93), 연료 전지 시스템(100A)의 기동 후에, 그 검출 결과를 제어부(10)로 송신한다.

[0080] 도 8은, 임피던스 처리부(15)에 의해 실행되는 제2 실시 형태의 임피던스 보정 기준값 갱신 처리의 플로우를 나타내는 설명도이다. 제2 실시 형태의 임피던스 보정 기준값 갱신 처리는, 스텝 S210의 전에, 스텝 S201, S202의 처리가 실행되는 점 이외에는, 제1 실시 형태와 거의 동일하다. 도 8에서는, 편의상, 스텝 S210 이후의 처리에 대한 도시는 생략되었다.

[0081] 스텝 S201에서는, 임피던스 처리부(15)는, 통전 상태 감시부(93)로부터의 검출 결과에 기초하여, 제1 기억부(91)의 기억 정보가 리셋(초기화)된 이력의 유무를 검증한다. 임피던스 처리부(15)는, 통전 상태 감시부(93)에 의해, 연료 전지 시스템(100)의 정지 중에 제1 기억부(91)에 대한 전력 공급의 중단이 검출되고, 그 중단 기간이 소정의 시간보다 긴 경우에는, 제1 기억부(91)의 기억 정보가 리셋되었다고 판정한다. 이 경우에는, 임피던스 처리부(15)는, 스텝 S202의 처리를 실행한다(스텝 S201의 '예').

[0082] 임피던스 처리부(15)는, 통전 상태 감시부(93)에 의해 제1 기억부(91)에 대한 이차 전지(82)로부터의 전력 공급의 소정의 기간보다 긴 중단이 검출되지 않는 경우에는, 제1 기억부(91)의 기억 정보가 유지되고 있다고 판정한다. 이 경우에는, 임피던스 처리부(15)는, 제1 실시 형태에 있어서 설명한 스텝 S210(도 4) 이후의 처리를 개시한다.

[0083] 스텝 S202에서는, 임피던스 처리부(15)는, 리셋된 보정 기준값 Z_s 의 복구를 신속화하기 위해 처리 조건을 변경하는 처리를 실행한다. 임피던스 처리부(15)는, 전술한 식 (A)에 포함되는 보정 강도인 계수 α 의 값을 전회 처리 시보다 증가시킨다. 예를 들어, 계수 α 가 0.5였던 경우에는, 0.8로 증가시킨다. 이에 의해, 스텝 S240(도 5)에 있어서의 보정 기준값 Z_s 의 갱신 시에, 급회값 Z_c 와 전회값 Z_p 의 차가 반영되는 정도가 높아지고, 보정 기준값 Z_s 가 리셋 전의 값에 도달할 때까지의 갱신 횟수가 적어져서, 보정 기준값 Z_s 의 학습 기간이 단축된다.

[0084] 임피던스 처리부(15)는, 보정 기준값 Z_s 를 초기값 Z_0 대신에 대체 초기값 Z_1 로 설정한다. 대체 초기값 Z_1 은, 공장 출하 시의 연료 전지(20)를 기준으로 하고 있는 초기값 Z_0 과, 장기간(예를 들어 수십 년 정도)의 사용을 상정한 내구 시험 후의 연료 전지(20)가 소정의 기준 상태에 있을 때의 임피던스를 나타내는 내구 시험 후 기준 임피던스 Z_2 의 중간값이다. 대체 초기값 Z_1 은, 하기의 식 (C)에 의해 구해진다.

[0085] (식 C)

[0086]
$$Z_1 = (Z_0 + Z_2) / 2$$

[0087] 도 9는, 보정 기준값 Z_s 를 초기값 Z_0 대신에 대체 초기값 Z_1 로 설정했을 때의 효과를 나타내는 설명도이다. 도 9에는, 종축을 보정 기준값 Z_s 의 값으로 하고, 횡축을 보정 기준값 Z_s 의 갱신 횟수로 하는 그래프가 예시되어 있다. 도 9의 그래프에 있어서의 종축의 값 LV는, 제1 기억부(91)의 기억 정보가 리셋되기 직전에 있어서의 소실 전의 보정 기준값 Z_s , 즉, 보정 기준값 Z_s 가 복구되어야 할 값을 의미하고 있다.

[0088] 제1 기억부(91)가 리셋된 후의 최초의 보정 기준값 Z_s 가 초기값 Z_0 으로 설정된 경우에는, 일점쇄선 그래프 Ga로 나타내고 있는 바와 같이, 스텝 S240의 갱신 처리가 반복될 때마다 보정 기준값 Z_s 는 증가하고, 제1 기억부(91)의 리셋 전의 값 LV에 근접해 간다. 최초의 보정 기준값 Z_s 가 내구 시험 후 기준 임피던스 Z_2 로 설정된 경우에는, 파선 그래프 Gb로 가리키고 있는 바와 같이, 보정 기준값 Z_s 는 스텝 S240의 갱신 처리가 반복될 때마다 감소하고, 제1 기억부(91)의 리셋 전의 값 LV에 근접해 간다.

[0089] 처음의 보정 기준값 Z_s 가, 대체 초기값 Z_1 로 설정되면, 보정 기준값 Z_s 는 처음부터 리셋 전의 값 LV에 근접한 값이 된다. 그로 인해, 상기의 초기값 Z_0 이나 내구 시험 후 기준 임피던스 Z_2 로 설정된 경우보다도 적은 갱신 횟

수로 리셋 전의 값 LV에 도달할 수 있다(실선 그래프 Gc). 또한, 대체 초기값 Z_1 은, 초기값 Z_0 과 내구 시험 후 기준 임피던스 Z_2 의 중간값이 아니어도 되며, 하기 부등식 (D)로 나타내고 있는 바와 같이, 초기값 Z_0 보다도 크고, 내구 시험 후 기준 임피던스 Z_2 보다 작은 값이면 된다.

[0090]

(식 D)

[0091]

$$Z_0 < Z_1 < Z_2$$

[0092]

이상과 같이, 제2 실시 형태의 연료 전지 시스템(100A)이면, 제1 기억부(91)의 기준 보정값 Z_s 가 소실되어버린 경우에도, 그 복구까지의 기간이 단축화된다. 그 밖에, 제2 실시 형태의 연료 전지 시스템(100A)이면, 제1 실시 형태에 있어서 설명한 것과 마찬가지로의 작용 효과를 발휘할 수 있다.

[0093]

C. 변형예:

[0094]

C1. 변형예 1:

[0095]

상기 각 실시 형태에서는, 제어부(10)는, 제1 임피던스 값의 하위 개념에 해당하는 기준 보정값 Z_s 를 사용해서 제2 임피던스 값의 하위 개념에 해당하는 임피던스의 예측값 Z_m 을 보정한 값인 판정용 임피던스 Z_j 를 사용해서 연료 전지(20)의 운전 제어를 실행하고 있다. 이에 반하여, 제어부(10)는, 기준 보정값 Z_s 를 사용해서 예측값 Z_m 을 보정하는 보정 처리를 실행하지 않아도 된다. 제어부(10)는, 기준 보정값 Z_s 와 예측값 Z_m 을 사용해서 연료 전지(20)의 운전 제어를 실행하면 된다. 예를 들어, 제어부(10)는, 기준 보정값 Z_s 에 따라서 스텝 S10의 판정 처리의 임계값을 변경하고, 예측값 Z_m 을 판정용 임피던스로서 사용해서 스텝 S10의 판정 처리를 실행하여도 된다.

[0096]

C2. 변형예 2:

[0097]

상기의 각 실시 형태에서는, 제어부(10)는, 연료 전지(20)의 운전 제어로서, 연료 전지(20)의 임피던스에 따라서, 연료 전지(20)에 대한 반응 가스의 공급 제어를 통상 제어와 수분 증가 제어로 전환하는 운전 제어를 실행하고 있다. 이에 반하여, 제어부(10)는, 연료 전지(20)의 운전 제어로서, 다른 운전 제어를 실행하여도 된다. 제어부(10)는, 예를 들어 연료 전지(20)의 임피던스에 따라서 반응 가스의 공급 유량이나 공급 압력을 변경하는 반응 가스 공급 제어를 행하여도 된다. 또는, 제어부(10)는, 연료 전지(20)의 임피던스에 기초하여, 연료 전지(20)의 내부를 소기하는 소기 처리의 실행 타이밍을 결정하는 운전 제어를 실행하여도 된다. 제어부(10)는, 연료 전지(20)의 임피던스에 따라서 냉매의 순환량을 변경해서 연료 전지(20)의 운전 온도를 제어하는 운전 제어를 실행하여도 된다.

[0098]

C3. 변형예 3:

[0099]

상기의 각 실시 형태에서는, 제어부(10)는, 연료 전지(20)의 임피던스를 연료 전지(20)의 내부 습윤 상태를 나타내는 값으로서 이용하여, 연료 전지(20)의 운전 제어를 실행하고 있다. 이에 반하여, 제어부(10)는, 연료 전지(20)의 임피던스를, 연료 전지(20)의 다른 상태를 나타내는 값으로서 이용하여, 연료 전지(20)의 운전 제어를 실행하여도 된다. 제어부(10)는, 예를 들어 연료 전지(20)의 임피던스를, 연료 전지(20)에 있어서의 프로톤의 이동 저항을 나타내는 값으로서 이용하고, 연료 전지(20)의 임피던스에 따라서, 연료 전지(20)의 목표 출력을 변경하는 운전 제어를 실행하여도 된다.

[0100]

C4. 변형예 4:

[0101]

상기의 각 실시 형태에서는, 임피던스 처리부(15)는, 보정 기준값 Z_s 에 대하여 금회값 Z_c 를 사용하여, 전회값 Z_e 와 금회값 Z_p 의 차가 작아지도록, 금회값 Z_c 와 전회값 Z_p 의 차를 반영시키는 보정을 행하고 있다. 이에 반하여, 임피던스 처리부(15)는, 보정 기준값 Z_s 에 대하여 금회값 Z_c 를 사용한 다른 보정을 행하여도 된다. 임피던스 처리부(15)는, 금회값 Z_c 를 취득할 때마다, 보정 기준값 Z_s 를 금회값 Z_c 로 치환하는 보정 처리를 실행하여도 된다. 임피던스 처리부(15)는, 금회값 Z_c 와 전회값 Z_p 의 사이에 차가 있는 경우에는, 소정의 보정량만큼 보정 기준값 Z_s 를 증가 또는 감소시키는 보정을 행하여도 된다. 임피던스 처리부(15)는, 계수 α 를 승산 하지 않고, 전회값 Z_p 로부터 금회값 Z_c 와 전회값 Z_p 의 차를 감산하여 보정 기준값 Z_s 를 취득하는 연산 처리를 행하여도 된다.

- [0102] C5. 변형예 5:
- [0103] 상기의 각 실시 형태에서는, 임피던스 처리부(15)는, 연료 전지(20)의 운전 온도에 기초하여, 연료 전지(20)가 소정의 기준 상태에 있는지 여부의 판정을 행하고 있다. 이에 반하여, 임피던스 처리부(15)는, 연료 전지(20)의 운전 온도 이외의 파라미터에 기초하여 연료 전지(20)가 소정의 기준 상태에 있는지 여부를 판정하여도 된다. 예를 들어, 임피던스 처리부(15)는, 연료 전지(20)가 소정의 전류값의 범위에서의 발전을 소정의 기간 계속했을 때, 연료 전지(20)가 소정의 기준 상태에 있다고 판정하여도 된다.
- [0104] C6. 변형예 6:
- [0105] 상기 제2 실시 형태의 연료 전지 시스템(100A)에서는, 제1 기억부(91)의 기억 정보가 리셋된 경우에, 계수 α 를 증가시키는 처리와, 보정 기준값 Z_s 를 대체 초기값 Z_1 로 설정하는 처리가 실행되고 있다. 이에 반하여, 제1 기억부(91)의 기억 정보가 리셋된 경우에는, 계수 α 를 증가시키는 처리와 보정 기준값 Z_s 를 대체 초기값 Z_1 로 설정하는 처리 중 어느 한쪽만이 실행되어도 된다.
- [0106] C7. 변형예 7:
- [0107] 상기 제2 실시 형태의 연료 전지 시스템(100A)에서는, 임피던스 처리부(15)는, 제1 기억부(91)의 기억 정보가 리셋된 경우에, 계수 α 를 증가시키는 처리를 실행하고 있다. 이에 반하여, 임피던스 처리부(15)는, 제1 기억부(91)의 기억 정보가 리셋된 경우에 한하지 않고, 다양한 조건에 있어서, 계수 α 를 변경하는 처리를 실행하여도 된다. 임피던스 처리부(15)는, 예를 들어 유저로부터 기준 보정값 Z_s 의 학습 속도를 변경하는 지령을 접수했을 때, 그 지령에 따라서 계수 α 를 변경하여도 된다.
- [0108] C8. 변형예 8:
- [0109] 상기의 각 실시 형태에서는, 임피던스 계측부(90)에 의해 취득되는 각 단위 셀(21)의 임피던스를 구별하지 않고, 연료 전지(20)의 임피던스로서 설명하고 있다. 상기 각 실시 형태의 연료 전지 시스템(100, 100A)에서는, 단위 셀(21)마다의 임피던스에 기초하여 연료 전지(20)의 운전 제어를 실행하여도 된다. 예를 들어, 일부의 단위 셀(21)의 임피던스가 다른 단위 셀(21)보다도 높아지게 되어 있음을 검출한 경우에, 연료 전지(20)의 출력 전류를 일시적으로 증대시키는 운전 제어나, 반응 가스의 유량을 일시적으로 증대시키는 운전 제어가 실행되어도 된다.
- [0110] C9. 변형예 9:
- [0111] 상기의 각 실시 형태의 연료 전지 시스템(100, 100A)은, 연료 전지 차량에 탑재되어 있다. 이에 반하여, 연료 전지 시스템(100, 100A)은, 연료 전지 차량에 탑재되지 않아도 되며, 예를 들어 건물이나 시설 등에 도입되어도 된다.
- [0112] C10. 변형예 10:
- [0113] 상기의 각 실시 형태의 연료 전지 시스템(100, 100A)은, 연료 전지(20)로서 고체 고분자형 연료 전지를 사용하고 있다. 이에 반하여, 연료 전지(20)는 고체 고분자형 연료 전지가 아니어도 되며, 다른 다양한 타입의 연료 전지이어도 된다.
- [0114] 본 발명은, 전술한 실시 형태나 실시예, 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, 실시예, 변형예 중의 기술적 특징은, 전술한 과제 of 일부 또는 전부를 해결하기 위해서, 혹은, 전술한 효과의 일부 또는 전부를 달성하기 위해 적절히 대체나, 조합을 행하는 것이 가능하다. 또한, 그 기술적 특징이 본 명세서 중에 필수적인 것으로서 설명되어 있지 않으면, 적절히 삭제하는 것이 가능하다. 또한, 상기의 각 실시 형태 및 변형예에 있어서, 소프트웨어에 의해 실현되고 있는 기능 및 처리의 일부 또는 전부는, 하드웨어에 의해 실현되어도 된다. 또한, 하드웨어에 의해 실현되고 있는 기능 및 처리의 일부 또는 전부는, 소프트웨어에 의해 실현되어도 된다. 하드웨어로서는, 예를 들어 집적 회로, 디스크리트 회로, 그들 회로를 조합한 회로 모듈 등, 각종 회로를 사용할 수 있다.

부호의 설명

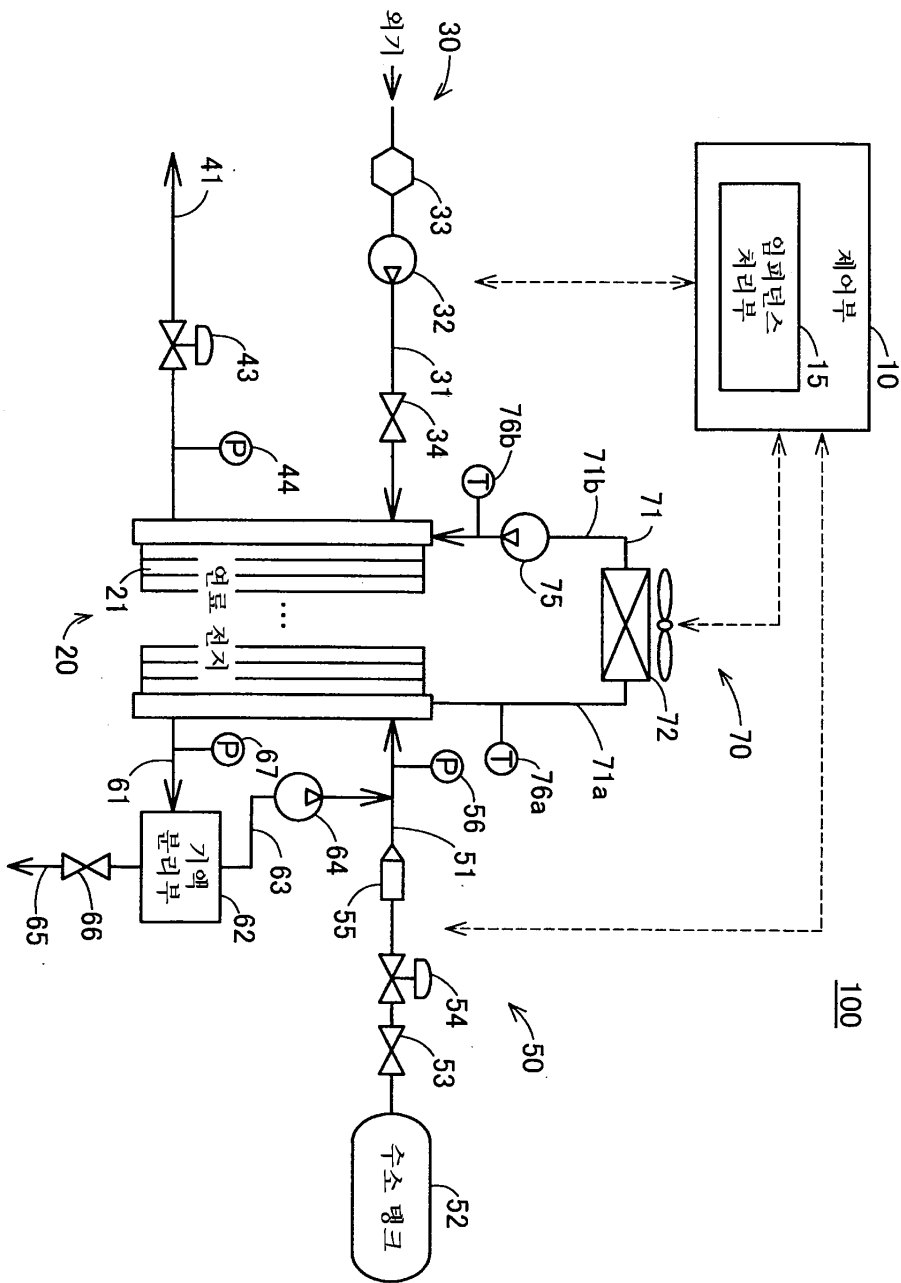
- [0115] 10: 제어부

- 15: 임피던스 처리부
- 20: 연료 전지
- 21: 단위 셀
- 30: 캐소드 가스 공급부
- 31: 캐소드 가스 배관
- 32: 에어 컴프레서
- 33: 에어 플로우미터
- 34: 개폐 밸브
- 41: 캐소드 배기 가스 배관
- 43: 압력 조절 밸브
- 44: 압력 계측부
- 50: 애노드 가스 공급부
- 51: 애노드 가스 배관
- 52: 수소 탱크
- 53: 개폐 밸브
- 54: 레귤레이터
- 55: 수소 공급 장치
- 56: 압력 계측부
- 61: 애노드 배기 가스 배관
- 62: 기액 분리부
- 63: 애노드 가스 순환 배관
- 64: 수소 순환용 펌프
- 65: 애노드 배수 배관
- 66: 배수 밸브
- 70: 냉매 공급부
- 71(71a, 71b): 냉매용 배관
- 72: 라디에이터
- 75: 순환 펌프
- 76a, 76b: 온도 계측부
- 81: 직류 배선
- 82: 이차 전지
- 84: DC/DC 컨버터
- 86: DC/AC 인버터
- 90: 임피던스 계측부
- 91: 제1 기억부
- 92: 제2 기억부

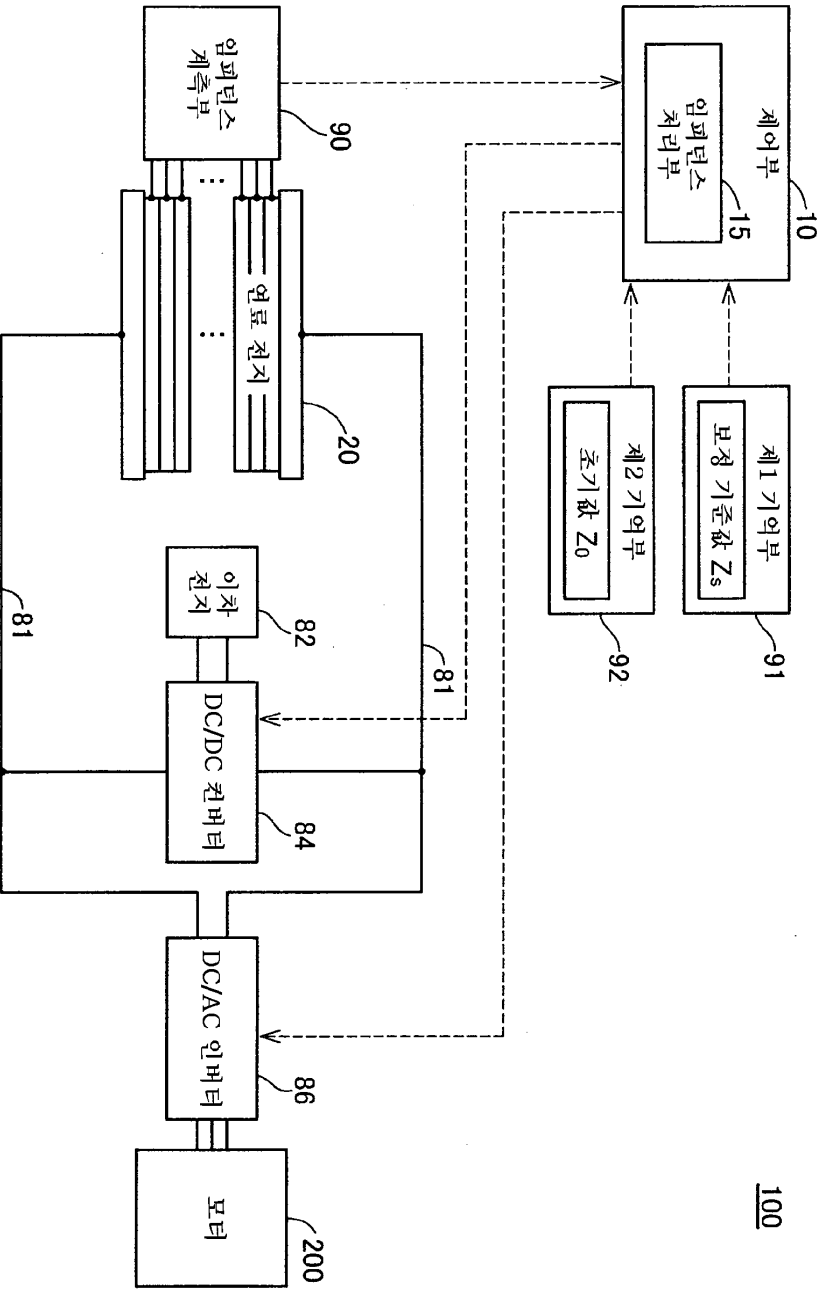
93: 통전 상태 감시부
100, 100A: 연료 전지 시스템
200: 모터

도면

도면1

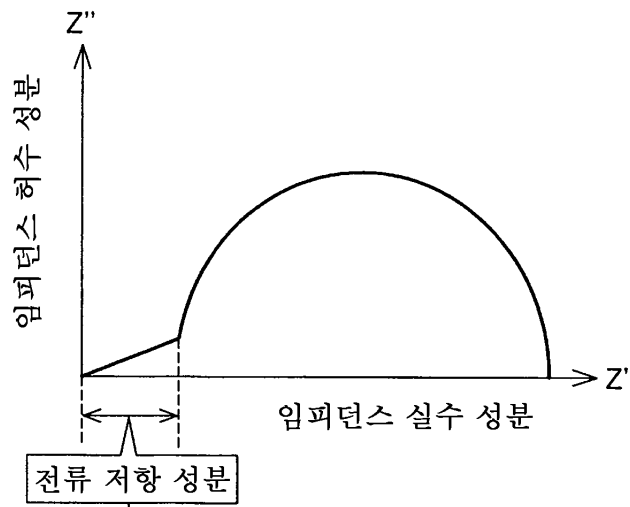


도면2

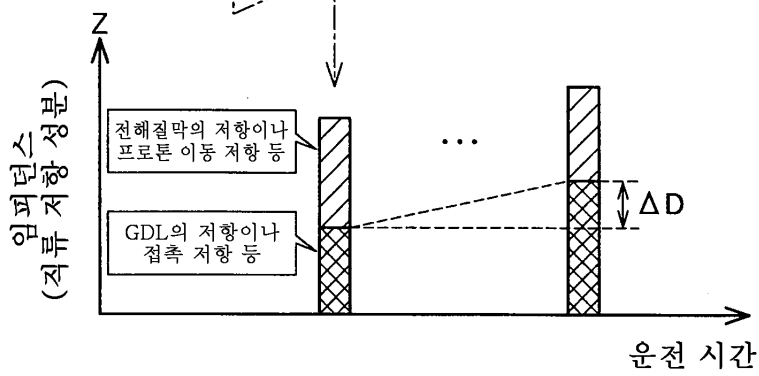


도면3

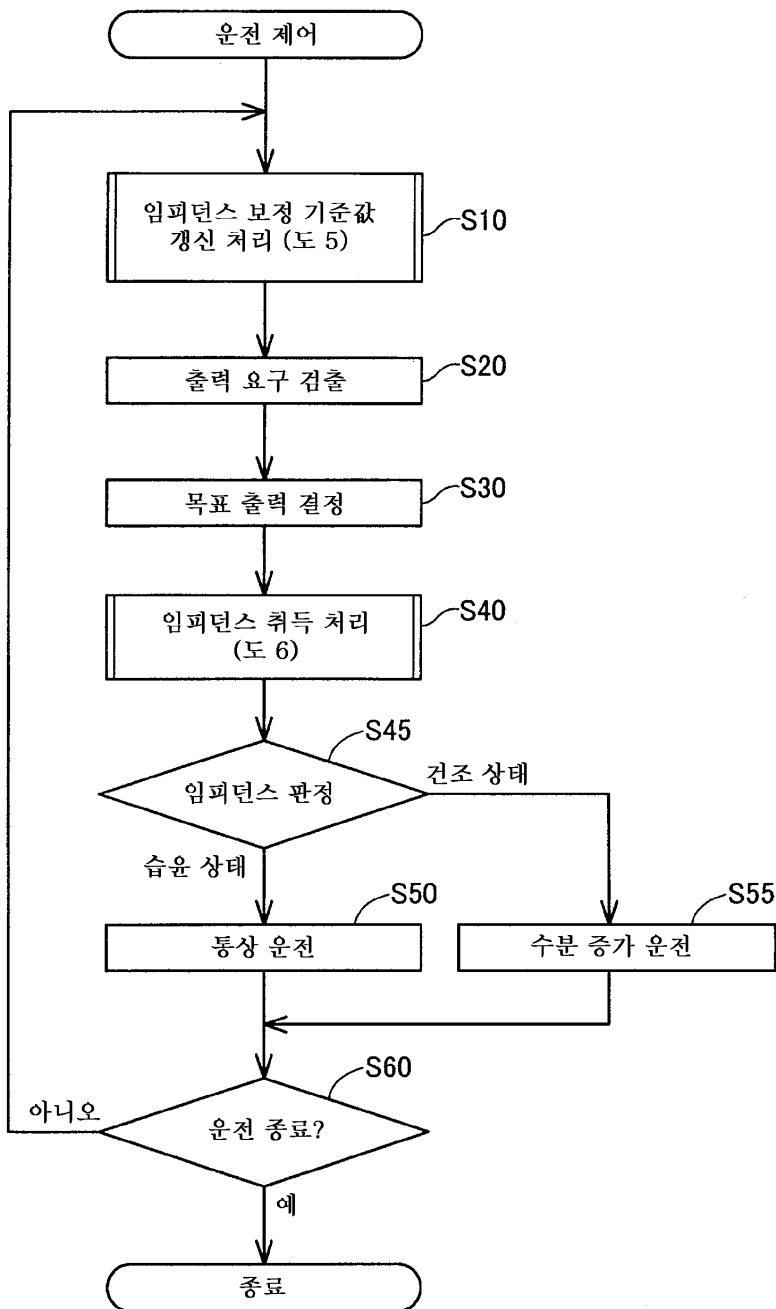
(a)



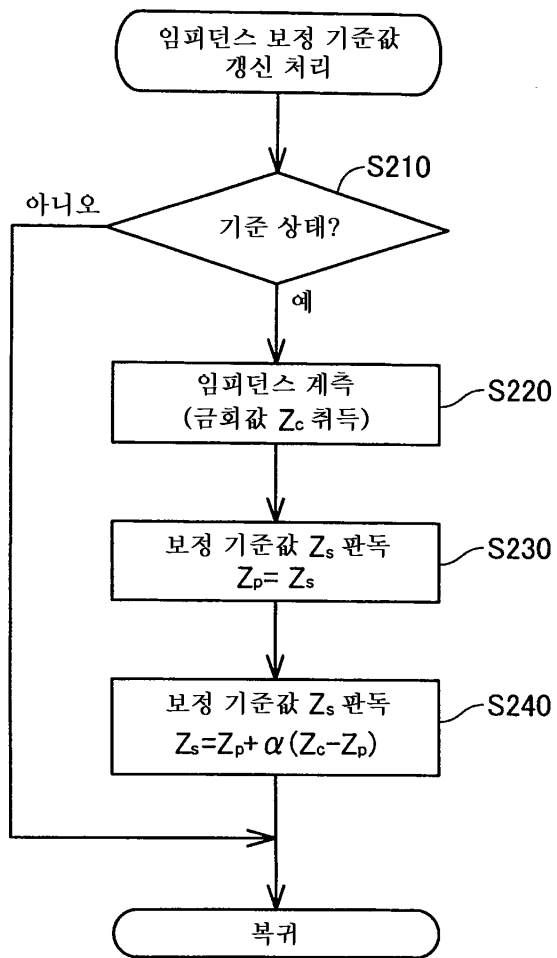
(b)



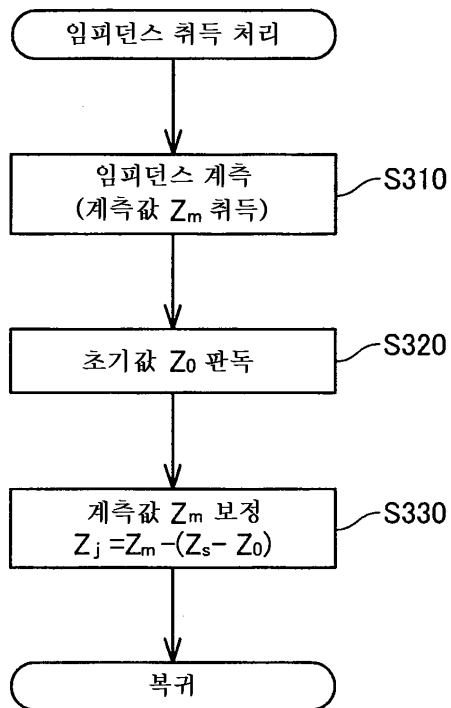
도면4



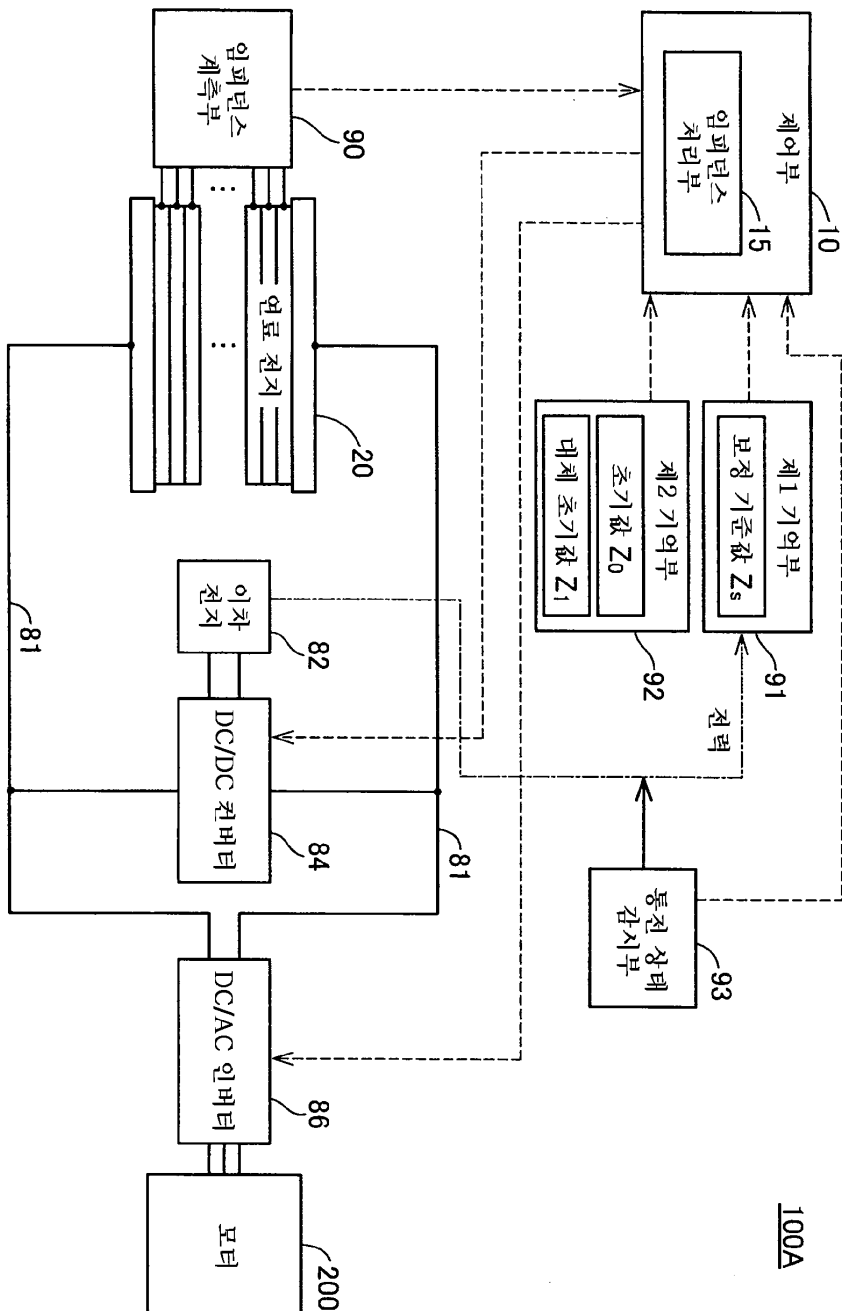
도면5



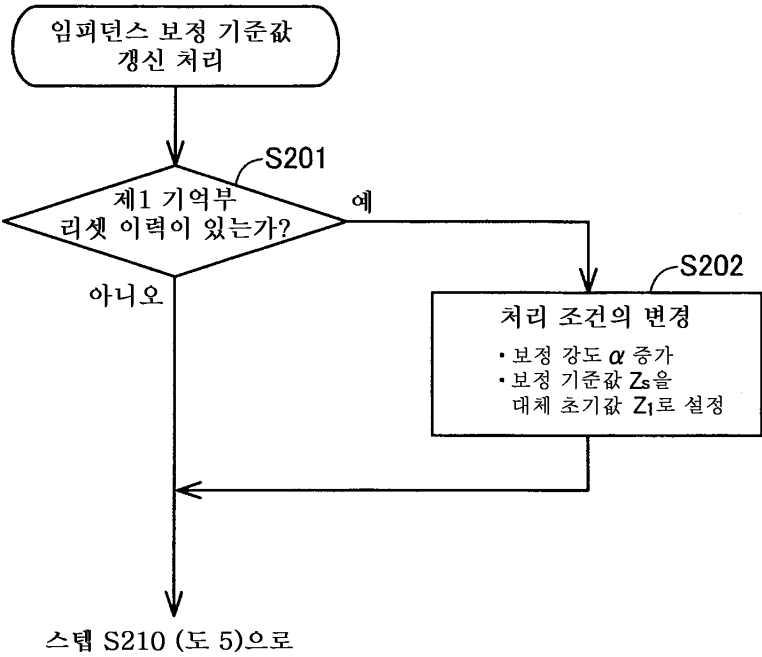
도면6



도면7



도면8



도면9

