



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0094027
(43) 공개일자 2025년06월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B60L 58/30 (2019.01) B60L 50/70 (2019.01)
H01M 8/04298 (2016.01)
(52) CPC특허분류
B60L 58/30 (2019.02)
B60L 50/70 (2019.02)
(21) 출원번호 10-2023-0184495
(22) 출원일자 2023년12월18일
심사청구일자 2023년12월18일

(71) 출원인
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)
(72) 발명자
안경관
울산광역시 남구 대공원로 207, 102동 402호 (신정동, 대공원 월드메르디앙)
도 치 크영
울산광역시 남구 대학로 93 (무거동)
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 발명의 명칭 온라인 추정을 통한 듀얼 수소 트랩 시스템 관리 방법

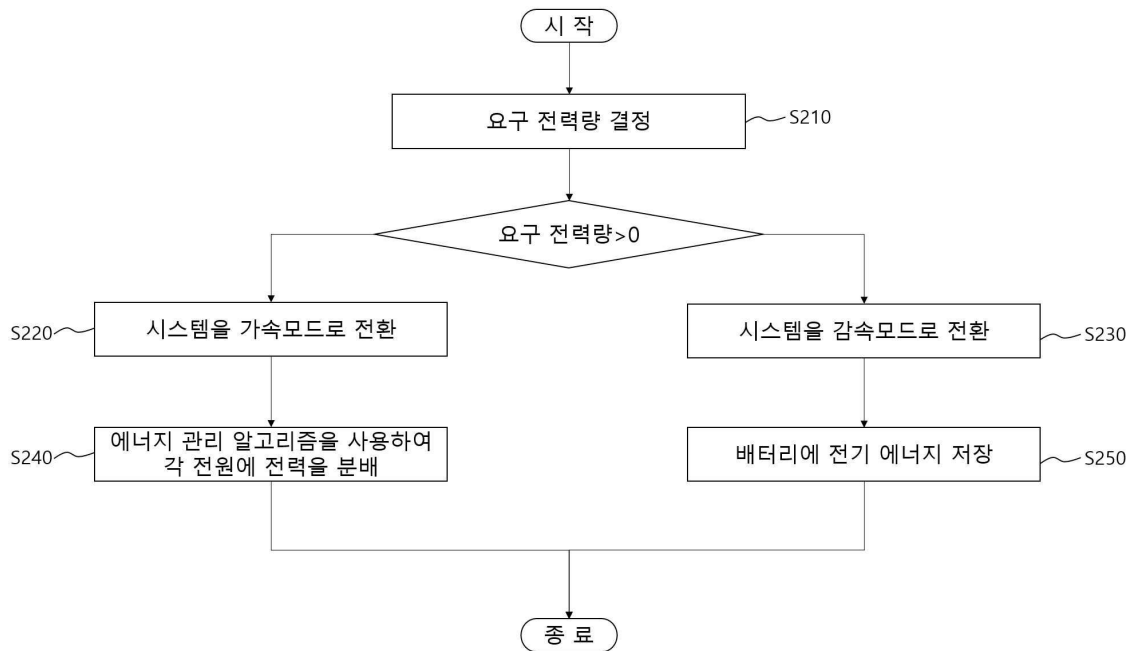
(57) 요약

본 발명은, 온라인 추정을 통한 듀얼 수소 트랩 시스템 관리 방법에 관한 것이다.

본 발명에 따르면, 온라인 추정을 통한 듀얼 수소 트랩 시스템 관리 방법은 듀얼 수소 트랩 시스템의 요구 전력량을 결정하는 단계; 상기 요구 전력량이 0보다 클 경우, 상기 시스템을 가속모드로 전환하는 단계; 상기 요구

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



전력량이 0보다 작을 경우, 상기 시스템을 감속모드로 전환하는 단계; 상기 시스템이 가속모드일 경우, 극값 탐색 제어와 확장 칼만 필터를 결합한 에너지 관리 알고리즘을 사용하여 각 전원에 전력을 분배하는 단계; 및 상기 시스템이 감속모드일 경우, 브레이크 시스템의 기계적 에너지를 발전기를 통해 전기 에너지로 변환하여 배터리에 저장하는 단계를 포함한다.

이와 같이 본 발명에 따르면, 개별 스택 성능 저하를 완화하고, 시스템 안정성을 향상시키며, 듀얼 수소 트랩 시스템 효율성을 개선하고, 수소 동력원에서 잠재적 에너지를 활용하는데 도움을 줄 수 있고, 연료 전지가 고효율 작동 영역에서 작동하도록 제어할 수 있어 연료 전지의 수명을 연장시킬 수 있다.

(52) CPC특허분류

H01M 8/04298 (2013.01)

B60L 2200/26 (2013.01)

H01M 2250/20 (2013.01)

Y02E 60/50 (2020.08)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345341781
과제번호	2021RIS-003
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	지자체-대학협력기반지역혁신사업
연구과제명	수소건설기계 가상화시스템 및 응용기술개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	울산대학교
연구기간	2021.11.01 ~ 2025.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

듀얼 수소 트램 시스템의 요구 전력량을 결정하는 단계;

상기 요구 전력량이 0보다 클 경우, 상기 시스템을 가속모드로 전환하는 단계;

상기 요구 전력량이 0보다 작을 경우, 상기 시스템을 감속모드로 전환하는 단계;

상기 시스템이 가속모드일 경우, 극값 탐색 제어와 확장 칼만 필터를 결합한 에너지 관리 알고리즘을 사용하여 각 전원에 전력을 분배하는 단계; 및

상기 시스템이 감속모드일 경우, 브레이크 시스템의 기계적 에너지를 발전기를 통해 전기 에너지로 변환하여 배터리에 저장하는 단계를 포함하는 온라인 추정을 통한 듀얼 수소 트램 시스템 관리 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 극값 탐색 제어와 확장 칼만 필터를 결합한 에너지 관리 알고리즘은,

모든 매개변수의 초기값을 설정하는 단계;

샘플링 시간마다 상기 확장 칼만 필터 알고리즘의 전압 및 전류 신호를 입력하는 단계;

상기 입력된 전압 및 전류 신호를 이용하여 듀얼 수소 트램 시스템의 효율을 계산하는 단계; 및

연료 전지가 상기 계산된 효율을 내도록 하기 위한 매개변수를 업데이트하는 단계를 포함하는 온라인 추정을 통한 듀얼 수소 트램 시스템 관리 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 듀얼 수소 트램 시스템의 시스템 효율을 계산하는 단계는,

하기의 수학적식을 사용하여 듀얼 수소 트램 시스템의 시스템 효율을 계산하는 온라인 추정을 통한 듀얼 수소 트램 시스템 관리 방법:

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu = a \sin(\omega t + \phi_1) \cdot \left[\left(J_{\text{Constraint}} + \eta_{FC, \text{sys}} \right) \cdot L^{-1} \left(\frac{s}{s + \omega_h} \right) \right] \\ \xi = \mu \cdot L^{-1} \left(\frac{1}{s + \omega_l} \right) \\ P_{\text{dual fuel cell}} = b \sin(\omega t + \phi_2) + \xi \cdot L^{-1} \left(\frac{k}{s} \right) \\ P_{\text{required}} = P_{\text{dual fuel cell}} + P_{\text{battery}} \end{array} \right.$$

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 각 전원에 전력을 분배하는 단계는,

상기 극값 탐색 제어를 통해 필요한 전력을 배터리와 듀얼 수소 트램 시스템에 분배하는 온라인 추정을 통한 듀

열 수소 트랩 시스템 관리 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 온라인 추정을 통한 듀얼 수소 트랩 시스템 관리 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 연료 전지의 열화에 따라 달라지는 효율을 칼만 필터를 통해 업데이트해서 연료전지의 효율이 가장 좋은 작동점에서 동작하도록 제어하는 온라인 추정을 통한 듀얼 수소 트랩 시스템 관리 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 급속한 경제발전과 에너지 소비의 증가로 인해 화석연료 자원의 사용이 급증하였고, 그로 인해 화석연료의 고갈 및 환경오염 문제 등이 야기되고 있다.

[0003] 그러한 문제를 해결하기 위해 최근에는 인산형 연료전지(phosphoric acid fuel cells, PAFC), 용융탄산염 연료전(molten carbonate fuel cells, MCFC), 고체산화물 연료전지(solid oxide fuel cells, SOFC), 및 양성자 교환막 연료 전지(proton exchange membrane fuel cells, PEMFC)와 같은 친환경 에너지원에 대한 광범위한 연구가 진행되고 있다.

[0004] 이 중, PEMFC는 전기화학반응을 통해 연료의 화학적 에너지를 효율적으로 전기에너지로 변환한다는 점에서 가장 유망한 잠재력을 보여왔다.

[0005] PEMFC는 빠른 시동 시간, 최소 방출, 높은 에너지 밀도, 고효율 및 상대적으로 낮은 작동 온도와 같은 장점으로 인해 발전, 고정식, 자동차, 상업 및 항공 우주 분야에서 폭넓게 응용되고 있다.

[0006] 그러나, 철도 운송과 같은 고전력 애플리케이션에 사용될 경우 PEMFC의 크기가 커지고 길어져 가스 누출이 발생하고 작동 효율성이 저하될 수 있으며, 화학반응의 특성상 연료전지의 동적 반응이 느리기 때문에 급격한 전력 수요 변화 시 충분한 전력을 공급하기가 어렵다는 한계가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명에 따르면, 연료 전지의 열화에 따라 달라지는 효율을 칼만 필터를 통해 업데이트해서 연료전지의 효율이 가장 좋은 작동점에서 동작하도록 제어하는 온라인 추정을 통한 듀얼 수소 트랩 시스템 관리 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 이러한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 일 실시예에 따르면 온라인 추정을 통한 듀얼 수소 트랩 시스템 관리 방법은 듀얼 수소 트랩 시스템의 요구 전력량을 결정하는 단계; 상기 요구 전력량이 0보다 클 경우, 상기 시스템을 가속모드로 전환하는 단계; 상기 요구 전력량이 0보다 작을 경우, 상기 시스템을 감속모드로 전환하는 단계; 상기 시스템이 가속모드일 경우, 극값 탐색 제어와 확장 칼만 필터를 결합한 에너지 관리 알고리즘을 사용하여 각 전원에 전력을 분배하는 단계; 및 상기 시스템이 감속모드일 경우, 브레이크 시스템의 기계적 에너지를 발전기를 통해 전기 에너지로 변환하여 배터리에 저장하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0009] 이와 같이 본 발명에 따르면, 개별 스택 성능 저하를 완화하고, 시스템 안정성을 향상시키며, 듀얼 수소 트랩 시스템 효율성을 개선하고, 수소 동력원에서 잠재적 에너지를 활용하는데 도움을 줄 수 있고, 연료 전지가 고효율 작동 영역에서 작동하도록 제어할 수 있어 연료 전지의 수명을 연장시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 듀얼 수소 트랩 시스템의 구성을 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 온라인 추정을 통한 듀얼 수소 트랩 시스템 관리 방법의 흐름을 도시한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 온라인 추정의 흐름을 도시한 도면이다.

도 4는 듀얼 수소 연료 전지 각각의 효율 맵의 예를 도시한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 극값 탐색 제어와 확장 칼만 필터의 결합을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0011] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이 과정에서 도면에 도시된 선들의 두께나 구성요소의 크기 등은 설명의 명료성과 편의상 과장되게 도시되어 있을 수 있다.
- [0012] 또한 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 이러한 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0013] 도 1은 듀얼 수소 트랩 시스템의 구성을 설명하기 위한 도면이다.
- [0014] 도 1을 참조하면, 듀얼 수소 트랩 시스템(100)은 2개의 연료 전지 스택(110), 배터리(120), 3개의 DC/DC 컨버터(130-1, 130-2), DC/AC 인버터(140) 및 전기 모터/발전기(150)를 포함한다.
- [0015] 이 때, 2개의 연료 전지 스택(110)을 DC 버스에 연결하기 위해 2개의 단방향 DC/DC 컨버터(130-1)가 사용되며, 이를 통해 연료 전지에서 전압을 높일 수 있다.
- [0016] 또한, 배터리(120)는 양방향 DC/DC 컨버터(130-2)를 통해 DC 버스에 연결되어 배터리와 DC 버스 간의 충전 및 방전 작업을 수행한다.
- [0017] 이 때, DC 버스에서 공급된 DC 전류는 DC/AC 인버터(140)를 사용하여 3상전압으로 변환된 후 전기 모터/발전기(150)에 전압을 공급한다.
- [0018] 전기 모터/발전기(150)는 트랩의 가속 중에 시스템을 구동할 수 있게 하고, 감속 중에 에너지를 재생할 수 있게 한다.
- [0019] 이하, 도 2 내지 도 5를 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 온라인 추정을 통한 듀얼 수소 트랩 시스템 관리 방법에 대해 구체적으로 설명한다.
- [0020] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 온라인 추정을 통한 듀얼 수소 트랩 시스템 관리 방법의 흐름을 도시한 도면이고, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 온라인 추정의 흐름을 도시한 도면이고, 도 4는 듀얼 수소 연료 전지 각각의 효율 맵의 예를 도시한 도면이고, 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 극값 탐색 제어와 확장 칼만 필터의 결합을 설명하기 위한 도면이다.

$$P_{req}$$

- [0021] 도 2에 도시된 바와 같이, 먼저, 시스템의 요구 전력량(P_{req})을 결정한다(S210).
- [0022] 시스템의 요구 전력량이 0보다 클 경우, 시스템을 가속모드로 전환한다(S220).
- [0023] 반면, 시스템의 요구 전력량이 0보다 작을 경우, 시스템을 감속모드로 전환한다(S230).
- [0024] 시스템이 가속모드일 때, 극값 탐색 제어와 확장 칼만 필터를 결합한 에너지 관리 알고리즘을 사용하여 각 전원 에 전력을 분배한다(S240).
- [0025] 확장 칼만 필터를 사용한 매개변수 온라인 추정은, 도 3에 도시된 바와 같이, 먼저, 모든 매개변수의 초기값을 설정한다(S241).
- [0026] 다음으로, 샘플링 시간마다 확장 칼만 필터 알고리즘의 전압 및 전류 신호를 입력한다(S242).
- [0027] 이 때, 확장 칼만 필터의 구조는 하기의 수학식 1과 같이 계산된다.

수학식 1

$$\begin{cases} x(k+1) = f(k, x(k)) + v(k) \\ y(k) = h(k, x(k)) + n(k) \end{cases}$$

$$\begin{cases} F(k+1|k) = \frac{\partial f(k, x)}{\partial x} \Big|_{x=x(k)} \\ H(k) = \frac{\partial h(k, x)}{\partial x} \Big|_{x=x(k)} \\ \hat{x}(k) = f(k, \hat{x}(k-1)) \\ P(k) = F(k|k-1)P(k-1)F^T(k|k-1) + Q(k-1) \\ G(k) = P(k)H^T(k) [H(k)P(k)H^T(k) + R(k)]^{-1} \\ \hat{x}(k) = \hat{x}(k) + G(k)y(k) - h(k, \hat{x}(k)) \\ P(k) = (I - G(k)H(k))P(k) \end{cases}$$

[0028]

[0029] 이 때, $x(k)$ 는 시스템의 관찰되지 않은 상태 벡터이고, $f(k, x(k))$ 는 비선형 전이 행렬 함수이고, k 는 이산 시간이고, $y(k)$ 는 관찰된 측정 신호이고, $h(k, x(k))$ 는 비선형 측정 행렬 함수이고, $v(k)$ 는 프로세스 노이즈이며, $n(k)$ 는 관찰된 노이즈이다.

[0030] 또한, $F(k+1|k)$ 는 시간 k 에서 시간 $k+1$ 까지의 상태 벡터를 취하는 전이 행렬이고, $H(k)$ 는 측정 행렬이고, $G(k)$ 는 칼만 게인이고, $Q(k)$ 는 프로세스 잡음 공분산 행렬이고, $R(k)$ 는 측정 잡음 공분산이고, $P(k)$ 는 오류 공분산 행렬이며, I 는 단위 행렬이다.

[0031] 다음으로, 듀얼 수소 트램 시스템의 시스템 효율을 하기의 수학식 2를 통해 계산한다(S243).

수학식 2

$$\eta_{FC,sys} = \frac{2FV_{FC}I_{FC}}{N_{FC}I_{FC}\Delta H_{H2}} \left(1 - \frac{P_{aux}}{P_{stack}} \right) \eta_{DC/DC}$$

[0032]

[0033] 이 때, 도 4에 도시된 바와 같이 매개변수는 각각의 연료 전지(PEMFC 1, PEMFC 2)가 계산된 수치 효율을 내도록 하기 위한 최소값(P_{1min} , P_{2min}) 및 최대값(P_{1max} , P_{2max})을 포함한다.

[0034] 또한, 극값 탐색 제어를 통해 도 5에 도시된 바와 같이, 필요한 전력($P_{required}$)을 배터리와 듀얼 수소 트램 시스템에 분배하며, 하기의 수학식 3에 의해 계산된다.

수학식 3

$$\begin{cases} \mu = a \sin(\omega t + \phi_1) \cdot \left[(J_{\text{Constraint}} + \eta_{FC,sys}) \cdot L^{-1} \left(\frac{s}{s + \omega_h} \right) \right] \\ \xi = \mu \cdot L^{-1} \left(\frac{1}{s + \omega_l} \right) \\ P_{dual\ fuel\ cell} = b \sin(\omega t + \phi_2) + \xi \cdot L^{-1} \left(\frac{k}{s} \right) \\ P_{\text{required}} = P_{dual\ fuel\ cell} + P_{\text{battery}} \end{cases}$$

이 때, P_{required} 는 연료 전지의 요구 전력량이고, P_{dual} 는 듀얼 수소 연료 전지의 전력이며, P_{battery} 는 배터리 전력이다.

또한, μ 는 복조(Demodulation) 출력이고, ξ 는 저역 통과 필터의 출력이고, L^{-1} 은 역 라플라스 변환을 나타내며, $\cdot$ 는 컨볼루션 연산을 나타내며, $\eta_{FC,sys}$ 는 확장 칼만 필터를 이용하여 듀얼 수소 트램 시스템의 효율을 추정한 것이다.

또한, 배터리의 SOC를 허용 범위 내로 보장하기 위해 페널티 함수는 하기의 수학식 4와 같이 계산된다.

수학식 4

$$J_{\text{Constraint}} = - \left[K \cdot \max \left\{ \frac{SOC_{\min} - SOC}{SOC_{\min}}, 0, \frac{SOC - SOC_{\max}}{SOC_{\max}} \right\} \right]^2$$

이 때, $J_{\text{Constraint}}$ 는 페널티 함수이고, K는 고정 계인이며, SOC는 배터리의 충전 상태이다.

또한, 배터리 SOC가 원하는 범위를 초과하면 페널티 기능의 신호는 듀얼 수소 트램 시스템의 기준 출력을 조정하게 된다.

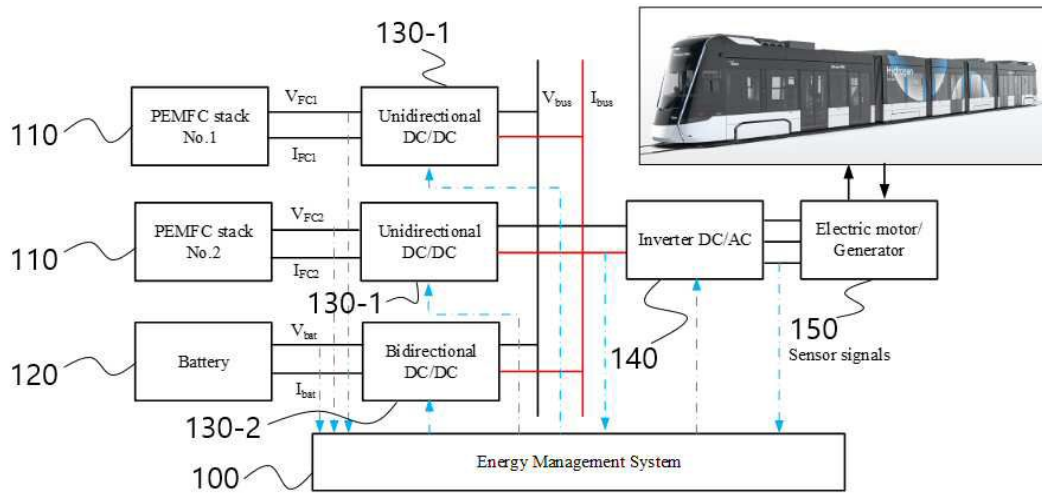
반면, 시스템이 감속 모드일 경우, 브레이크 시스템의 기계적 에너지를 발전기를 통해 전기 에너지로 변환하여 배터리에 저장한다(S250).

이와 같이 본 발명에 따르면, 개별 스택 성능 저하를 완화하고, 시스템 안정성을 향상시키며, 듀얼 수소 트램 시스템 효율성을 개선하고, 수소 동력원에서 잠재적 에너지를 활용하는데 도움을 줄 수 있고, 연료 전지가 고효율 작동 영역에서 작동하도록 제어할 수 있어 연료 전지의 수명을 연장시킬 수 있다.

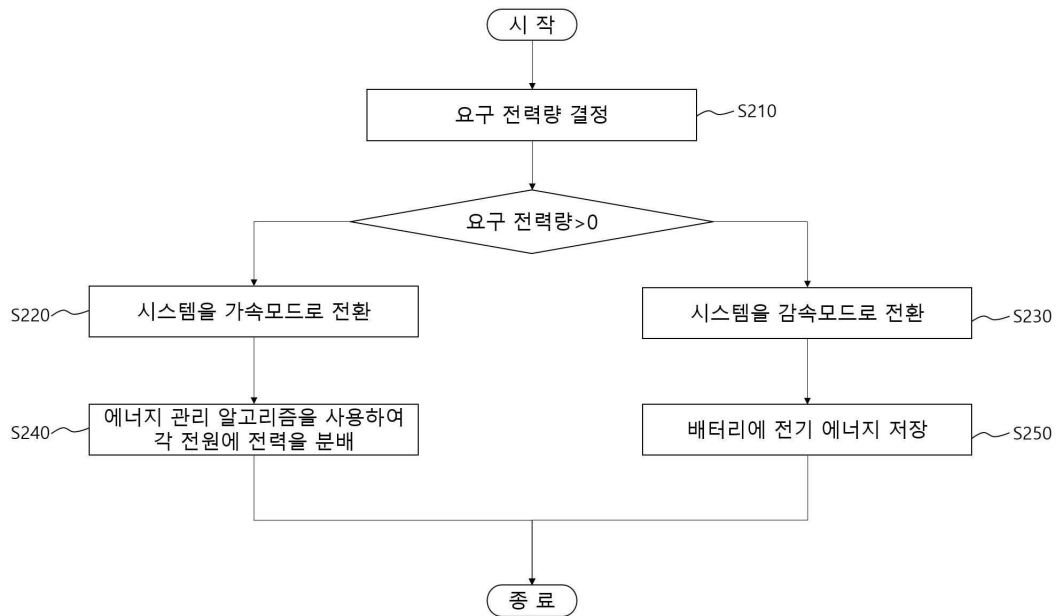
본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 하여 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 아래의 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

도면

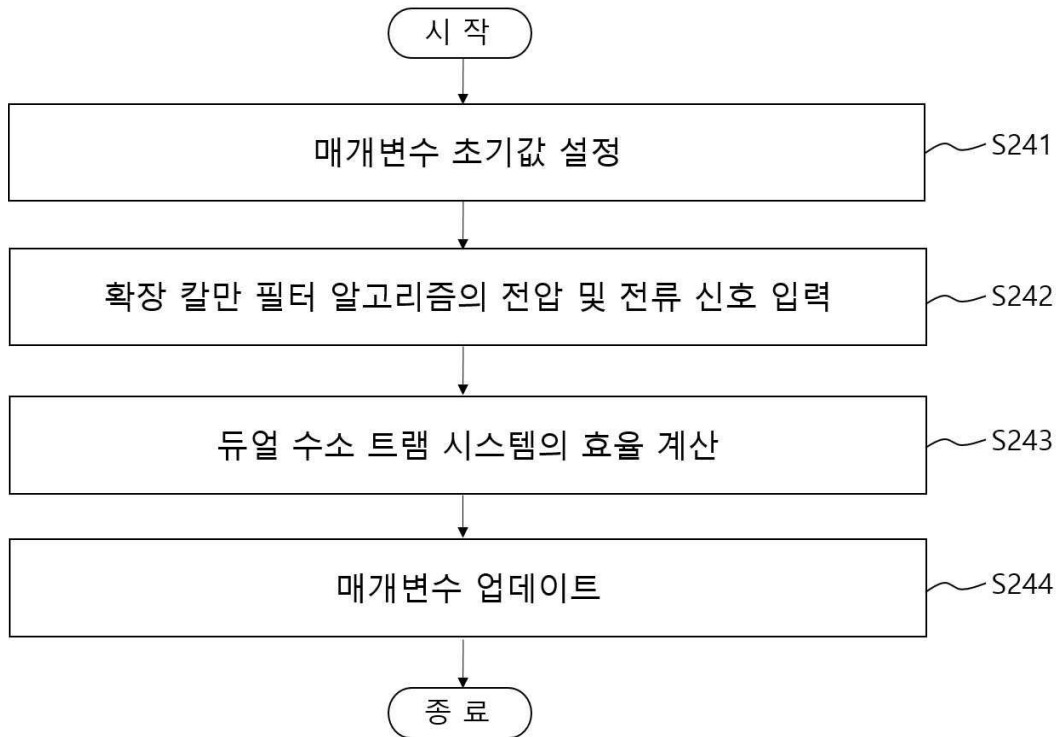
도면1



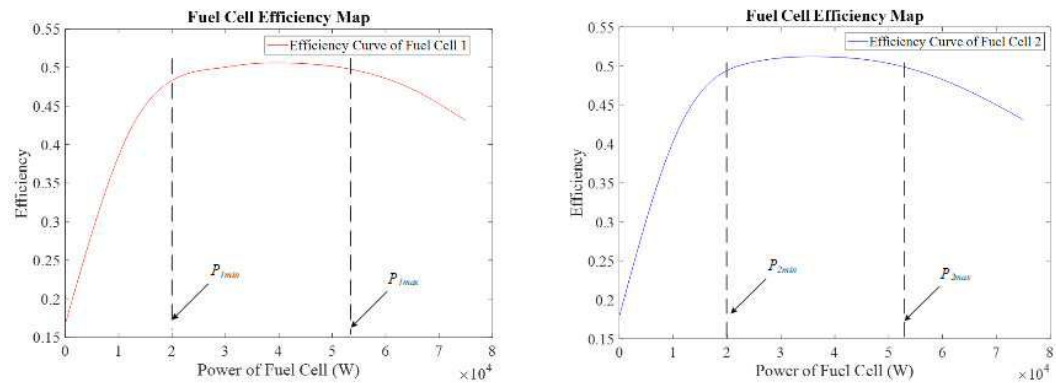
도면2



도면3



도면4



도면5

