



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년05월25일
(11) 등록번호 10-1739873
(24) 등록일자 2017년05월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H02N 11/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H02N 11/002 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0139720

(22) 출원일자 2015년10월05일

심사청구일자 2015년10월05일

(65) 공개번호 10-2017-0040577

(43) 공개일자 2017년04월13일

(56) 선행기술조사문헌

JP2013509535 A

KR1020090045699 A

KR1020150023141 A

(73) 특허권자

세종대학교산학협력단

서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)

(72) 발명자

박관웅

서울특별시 서초구 잠원로 88, 101-502 (잠원동, 신반포아파트)

박중혁

서울특별시 송파구 마천로61바길 2, B02호 (마천동)

(74) 대리인

유병욱, 한승범

전체 청구항 수 : 총 9 항

심사관 : 광인구

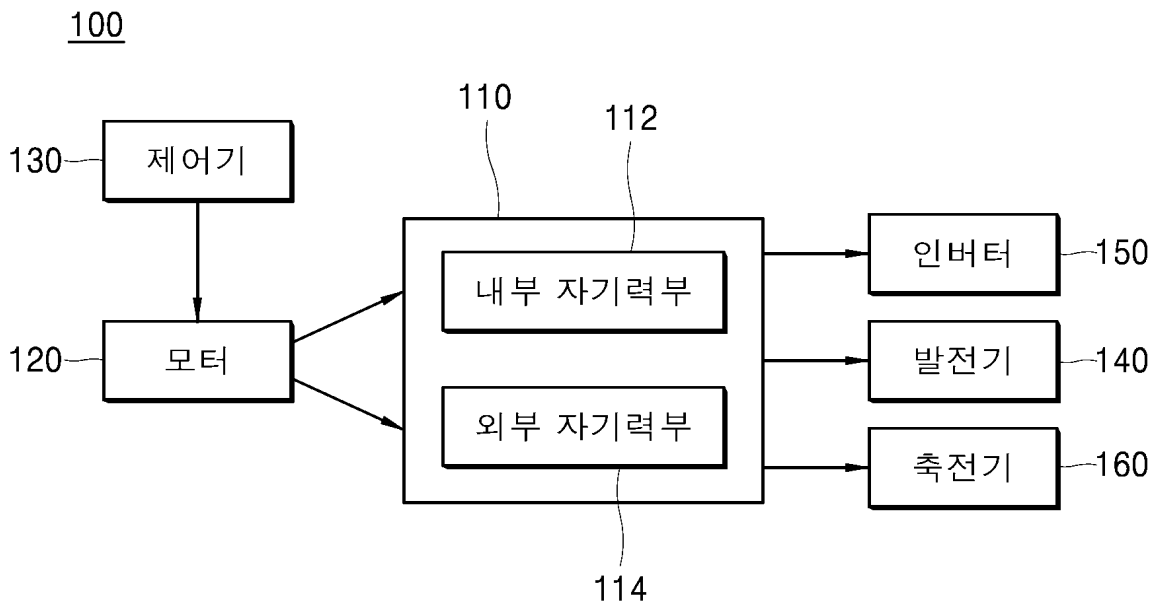
(54) 발명의 명칭 **할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치**

(57) 요약

본 발명에 따른 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치는 복수개의 자석이 할박 배열로 마련되는 내부 자기력부와, 상기 내부 자기력부의 외주면을 감싸도록 위치되며 복수개의 자석이 할박 배열로 마련되며 상기 내부 자기력부와 서로 다른 자기장 방향을 가지도록 배치되는 외부 자기력부를 포함하는 자기력부; 상기 자기력부

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



의 중심축과 연결되며, 상기 자기력부를 회전시키는 모터; 및 상기 모터의 구동을 제어하는 제어기;를 포함하고, 상기 내부 자기력부와 상기 외부 자기력부 중 적어도 하나가 회전되면 상기 내부 자기력부의 자기장과 상기 외부 자기력부로부터 발생된 자기장이 상호작용하고, 상기 내부 자기력부와 상기 외부 자기력부의 자기장의 위상차에 의해 정현파 토크가 발생되되, 상기 모터에 의해 회전되기 전의 상기 자기력부의 초기 위치는 상기 정현파 상의 불안정 평형점에 위치되며, 상기 제어기는 상기 자기력부가 초기 위치에서 안정 평형점을 거쳐 상기 정현파 상의 다른 불안정 평형점인 종료 위치로 이동이 반복되도록 상기 모터를 제어할 수 있다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345224813
부처명	교육부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	일반연구자지원사업
연구과제명	동력이 제한된 환경에 적용가능한 초고속 저속비동력 서보밸브 작동기의 설계 및 제어 알
고리증 개발	
기 여 율	1/1
주관기관	세종대학교 산학협력단
연구기간	2012.09.01 ~ 2015.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

복수개의 자석이 할박 배열로 마련되는 내부 자기력부와, 상기 내부 자기력부의 외주면을 감싸도록 위치되며 복수개의 자석이 할박 배열로 마련되며 상기 내부 자기력부와 서로 다른 자기장 방향을 가지도록 배치되는 외부 자기력부를 포함하는 자기력부;

상기 자기력부의 중심축과 연결되며, 상기 자기력부를 회전시키는 모터; 및

상기 모터의 구동을 제어하는 제어기;

를 포함하고,

상기 내부 자기력부 또는 상기 외부 자기력부 중 적어도 하나가 회전되면 상기 내부 자기력부의 자기장과 상기 외부 자기력부에서 발생된 자기장이 상호작용하고, 상기 내부 자기력부와 상기 외부 자기력부의 자기장의 위상차에 의해 정현과 토크가 발생되며,

상기 모터에 의해 회전되기 전의 상기 내부 자기력부의 초기 위치는 불안정 평형점에 위치되며,

상기 제어기는 상기 내부 자기력부가 상기 초기 위치에서 상기 정현과 상의 중간 위치인 안정 평형점을 거쳐 상기 정현과 상의 종료 위치인 다른 불안정 평형점으로 이동되는 것이 반복되도록 상기 모터를 제어하는 것을 특징으로 하는 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제어기는,

TPBVP 최적제어 알고리즘으로 상기 모터를 제어하여 상기 내부 자기력부를 상기 초기 위치로 위치시키는 것을 특징으로 하는 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제어기는,

상기 내부 자기력부가 상기 정현과 상의 초기 위치에 위치되면, TPBVP 최적제어 알고리즘으로 상기 모터를 제어하여 상기 내부 자기력부가 상기 초기 위치에서 상기 종료 위치까지 이동되도록 구동력을 인가하는 것을 특징으로 하는 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제어기는,

상기 자기력부가 상기 초기 위치에서 상기 종료 위치까지 완전히 이동되지 않을 경우에 LQ 제어 알고리즘으로 상기 모터를 제어하여 상기 자기력부를 상기 종료 위치로 견인하는 것을 특징으로 하는 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 모터는 상기 자기력부의 중심축의 일단부에 연결되고, 상기 자기력부의 중심축의 타단부에는 에너지를 생성하기 위한 발전기가 연결되는 것을 특징으로 하는 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 발전기에 의해 발생된 교류 전력을 직류 전력으로 변환시키는 인버터를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 인버터에 의해 변환된 전력을 저장하는 축전지가 마련되는 것을 특징으로 하는 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 내부 자기력부 및 상기 외부 자기력부 사이에는 공극이 형성되는 것을 특징으로 하는 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 내부 자기력부와 상기 외부 자기력부에 마련되는 복수개의 자석들은 회토류 영구 자석으로 형성되는 것을 특징으로 하는 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 복수개의 자석들이 할박 배열되고, 복수개의 자석들에 의해 발생하는 자기장의 상호작용에 의하여 미소량의 초기 기동 토크만으로 자기력부를 회전시키기 위해 필요한 에너지를 얻을 수 있는 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 에너지 발생 장치들은 에너지의 주공급원이 물체를 회전시키는데에 사용되고, 회전자(rotor)와 고정자(stator)가 협동하여 에너지를 발생시키는 발전기의 형태의 전기 기계이다. 발전기 형태의 전기 기계에는 자체적으로 추진되는 장치, 펌프, 전기 모터 및 발전기 등이 있다. 이때 전기 모터 및 발전기들은 미리 설정된 특정 속도와 전력 조건에서 작동된다. 그러나, 전기 모터 및 발전기의 회전 속도 및 전력 출력이 증가함에 따라 전기 모터 및 발전기의 입력 에너지가 출력 에너지로 변환되는 에너지 변환 효율은 매우 낮다. 참고로, 발전기는 터빈(Turbine)이나 원동기 운전에 필요한 입력 에너지 대비 발전기의 출력에너지 비율인 에너지 변환 효율이 35% 수준이다.

[0003] 상술한 발전기는 원통형의 스테이터(stator)와 로터(rotor)를 포함한다. 즉, 발전기는 고정자인 스테이터와 회

전자인 로터가 마련되며, 로터가 회전하여 기전력을 유도하는 방식으로 형성된다. 이때, 발전기의 전기자 코일에 전류가 흐르게 되어 로터의 회전 내지 운동을 방해하는 역기전력이 발생하고, 발생한 역기전력에 의해 로터의 회전 속도를 감소시키는 문제점이 있다.

[0004] 참고로, 이와 같은 발전기의 구조적 특징으로 인하여 기인되는 역기전력에 의한 에너지 손실을 최소화하기 위하여 입력 에너지에 대한 출력 에너지의 변환 효율을 향상시키기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0005] 따라서, 본 출원인은, 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해서 본 발명을 제안하게 되었으며, 이와 관련된 선행 기술문헌으로는, 대한민국 공개특허공보 제10-2009-0045699호(공개일: 2009. 05. 08.)가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 전기 기계의 초기 구동을 위하여 필요한 에너지를 미소량의 초기 기동 토크만으로 발생시킬 수 있는 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치를 제공한다.

[0007] 또한, 본 발명은 미소량의 초기 기동 토크만으로 자기력부를 초기에 회전시키기 위해 필요한 에너지를 얻을 수 있는 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치를 제공한다.

[0008] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기한 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치는, 복수개의 자석이 할박 배열로 마련되는 내부 자기력부와, 상기 내부 자기력부의 외주면을 감싸도록 위치되며 복수개의 자석이 할박 배열로 마련되며 상기 내부 자기력부와 서로 다른 자기장 방향을 가지도록 배치되는 외부 자기력부를 포함하는 자기력부; 상기 자기력부의 중심축과 연결되며, 상기 자기력부를 회전시키는 모터; 및 상기 모터의 구동을 제어하는 제어기;를 포함하고, 상기 내부 자기력부 또는 상기 외부 자기력부 중 적어도 하나가 회전되면 상기 내부 자기력부의 자기장과 상기 외부 자기력부에서 발생한 자기장이 상호작용하고, 상기 내부 자기력부와 상기 외부 자기력부의 자기장의 위상차에 의해 정현파 토크가 발생되며, 상기 모터에 의해 회전되기 전의 상기 내부 자기력부의 초기 위치는 불안정 평형점에 위치되며, 상기 제어기는 상기 내부 자기력부가 상기 초기 위치에서 상기 정현파 상의 중간 위치인 안정 평형점을 거쳐 상기 정현파 상의 종료 위치인 다른 불안정 평형점으로 이동되는 것이 반복되도록 상기 모터를 제어할 수 있다.

[0010] 상기 제어기는, TPBVP 최적제어 알고리즘으로 상기 모터를 제어하여 상기 내부 자기력부를 상기 초기 위치로 위치시킬 수 있다.

[0011] 상기 제어기는, 상기 내부 자기력부가 상기 정현파 상의 초기 위치에 위치되면, TPBVP 최적제어 알고리즘으로 상기 모터를 제어하여 상기 내부 자기력부가 상기 초기 위치에서 상기 종료 위치까지 이동되도록 구동력을 인가할 수 있다.

[0012] 상기 제어기는, 상기 자기력부가 상기 초기 위치에서 상기 종료 위치까지 완전히 이동되지 않을 경우에 LQ 제어 알고리즘으로 상기 모터를 제어하여 상기 자기력부를 상기 종료 위치로 견인할 수 있다.

[0013] 상기 모터는 상기 자기력부의 중심축의 일단부에 연결되고, 상기 자기력부의 중심축의 타단부에는 에너지를 생성하기 위한 발전기가 연결될 수 있다.

[0014] 상기 발전기에 의해 발생한 교류 전력을 직류 전력으로 변환시키는 인버터를 더 포함할 수 있다.

[0015] 상기 인버터에 의해 변환된 전력을 저장하는 축전지가 마련될 수 있다.

[0016] 상기 내부 자기력부 및 상기 외부 자기력부 사이에는 공극이 형성될 수 있다.

[0017] 상기 내부 자기력부와 상기 외부 자기력부에 마련되는 복수개의 자석들은 희토류 영구 자석으로 형성될 수 있다.

발명의 효과

[0018] 삭제

[0019] 본 발명의 일 실시예에 따른 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치는 미소량의 초기 기동 토크만으로 자기력부를 초기에 회전시키기 위해 필요한 에너지를 얻을 수 있으므로 수동 발전기에 적용할 수 있다.

[0020] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치는, 자기력부 및 발전기로부터 발생된 에너지(또는 전력)를 인버터 및 축전지를 이용하여 에너지를 변환하거나 또는 저장할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치의 개략적인 구성도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치의 개략적인 구성을 나타낸 사시도이다.

도 3은 도 2에 도시한 에너지 발생 장치의 단면을 나타낸 도면이다.

도 4는 도 2에 도시한 자기력부 및 자기력부의 자기장 방향을 나타낸 도면이다.

도 5는 도 1에 도시한 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치의 자기력부의 위치 에너지에 대한 변위의 특성을 나타낸 그래프이다.

도 6은 도 1에 도시한 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치에 의해 발생된 정현파의 에너지에 대한 변위의 특성을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 이하, 첨부된 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예들에 대하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예들에 한정되지 않는다.

[0023] 도면들은 개략적이고 축적에 맞게 도시되지 않았다는 것을 일러둔다. 도면에 있는 부분들의 상대적인 치수 및 비율은 도면에서의 명확성 및 편의를 위해 그 크기에 있어 과장되거나 감소되어 도시되었으며 임의의 치수는 단지 예시적인 것이지 한정적인 것은 아니다. 그리고 둘 이상의 도면에 나타나는 동일한 구조물, 요소 또는 부품에는 동일한 참조 부호가 유사한 특징을 나타내기 위해 사용된다.

[0024] 본 발명의 실시예는 본 발명의 이상적인 실시예들을 구체적으로 나타낸다. 그 결과, 도면의 다양한 변형이 예상된다. 따라서 실시예는 도시한 영역의 특정 형태에 국한되지 않으며, 예를 들면 제조에 의한 형태의 변형도 포함한다.

[0025] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치(100)를 설명한다.

[0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치의 개략적인 구성도, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치의 개략적인 구성을 나타낸 사시도, 도 3은 도 2에 도시한 에너지 발생 장치의 단면을 나타낸 도면, 도 4는 도 2에 도시한 자기력부 및 자기력부의 자기장 방향을 나타낸 도면, 도 5는 도 1에 도시한 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치의 자기력부의 위치 에너지에 대한 변위의 특성을 나타낸 그래프 및 도 6은 도 1에 도시한 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치에 의해 발생된 정현파의 에너지에 대한 변위의 특성을 나타낸 그래프이다.

[0027] 도 1 내지 도 4에 도시한 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치(100)는, 복수개의 자석이 할박 배열(Halbach Array)로 마련되는 내부 자기력부(112)와, 내부 자기력부(112)와 서로 다른 자기장 방향을 가지도록 복수개의 자석이 할박(Halbach) 배열로 마련되는 외부 자기력부(114)를 포함하는 자기력부(110), 자기력부(110)를 회전시키는 모터(120), 및 모터(120)의 구동을 제어하는 제어기(130)를 포함할 수 있다.

[0028] 도 1 내지 도 4를 참조하면, 자기력부(110)는 내부 자기력부(112)와 외부 자기력부(114)를 포함할 수 있다. 내부 자기력부(112)는 복수개의 자석이 할박 배열의 형태로 마련될 수 있다. 이때, 내부 자기력부(112)의 할박 배

열의 형태로 마련되는 복수개의 자석들은 강한 자성을 갖는 희토류 영구자석으로 형성될 수 있다. 구체적으로, 내부 자기력부(112)는 중심축을 가지는 원형으로 마련되며, 링 형태로 형성될 수 있다. 내부 자기력부(112)가 원형의 링 형태로 형성됨에 따라 내부 자기력부(112)를 구성하는 복수개의 자석들도 원형으로 마련될 수 있다. 여기서, 할박(Halbach) 배열이란 자석의 일면은 영구자석의 자기장 분포가 중첩되어 강화된 자기장이 형성되고, 자석의 다른 일면은 영구자석의 자기장 분포의 상쇄효과로 인하여 자기장이 거의 '0'에 가깝도록 형성되는 특수한 영구자석 배열을 의미한다.

[0029] 외부 자기력부(114)는 내부 자기력부(112)의 외주면을 감싸도록 위치되며, 복수개의 자석이 할박 배열의 형태로 마련될 수 있다. 이때, 외부 자기력부(114)의 할박 배열의 형태로 마련되는 복수개의 자석들은 강한 자성을 갖는 희토류 영구자석으로 마련될 수 있다.

[0030] 여기서, 외부 자기력부(114)의 복수개의 자석들은 내부 자기력부(112)의 복수개의 자석들의 자기장 방향과 서로 다른 방향을 가지도록 배치하여야 한다. 예를 들어, 내부 자기력부(112)에 형성되는 복수개의 자석의 자화방향이 반시계방향으로 배열된다면, 외부 자기력부(114)에 형성되는 복수개의 자석은 자화방향이 시계방향으로 진행되도록 배열되어야 한다. 도 4에 도시한 바와 같이, 내부 자기력부(112) 및 외부 자기력부(114)를 구성하는 영구자석들이 서로 다른 자화방향을 가지도록 배치할 수 있다.

[0031] 이에 따라 복수개의 영구 자석들이 할박 배열로 형성된 내부 자기력부(112)와 외부 자기력부(114)가 회전되면 내부 자기력부(112)와 외부 자기력부(114) 사이에 인력 또는 반발토크(력)가 발생된다. 이때, 본 발명의 일 실시예에 따른 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치(100)는 내부 자기력부(112)와 외부 자기력부(114) 사이에 발생하는 반발토크를 이용하여 내부 자기력부(112) 또는 외부 자기력부(114)를 회전시킴으로써 에너지를 발생시킬 수 있다.

[0032] 한편, 내부 자기력부(112) 및 외부 자기력부(114)의 복수개의 영구자석들을 할박 배열의 형태로 형성하여 연속적인 자기장 변환이 가능하도록 제작하는 것은 매우 어렵다. 따라서, 내부 자기력부(112) 또는 외부 자기력부(114)의 유한한 개수의 구성격자 형태의 영구자석으로 분리하여 제작하는 것이 바람직하다. 이때, 내부 자기력부(112) 및 외부 자기력부(114)의 할박 배열을 형성하는 영구자석의 개수가 많아지게 되면, 내부 자기력부(112)와 외부 자기력부(114)의 자기장에 의해 발생하는 정현파(토크 파형)가 완벽한 정현파형에 가까워질 수 있다. 여기서, 정현파(Sinusoidal wave)는, 교류 전력에 의한 가장 기본적인 형태의 파형을 말한다. 즉, 할박 배열로 형성되는 내부 자기력부(112) 및 외부 자기력부(114)의 영구자석의 개수를 무한정 늘리는 것은 어렵기 때문에, 할박 배열을 형성하는 영구자석의 개수와 자화방향을 각도는 본 발명의 일 실시예에 따른 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치(100)를 실시하기 위한 분야 및 목적에 따라 달라질 수 있다.

[0033] 자기력부(110)는 회전자(Rotor) 또는 고정자(Stator)로 마련될 수 있다. 다시 말해서, 내부 자기력부(112) 또는 외부 자기력부(114) 중 어느 하나는 고정자이거나 회전자로 마련될 수 있다. 만약, 내부 자기력부(112)가 고정자(stator)라면 외부 자기력부(114)는 회전자(rotor)로, 외부 자기력부(114)가 고정자(stator)라면 내부 자기력부(112)는 회전자(rotor)로 형성될 수 있다. 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치(100)는 내부 자기력부(112)가 회전자로, 외부 자기력부(114)가 고정자로 형성되어 내부 자기력부(112)가 외부 자기력부(114)의 안에서 자유롭게 회전할 수 있다.

[0034] 이와 같은 내부 자기력부(112) 및 외부 자기력부(114)는 동일한 중심축(M)을 갖도록 형성될 수 있다. 이에 따라, 동일한 중심축(M)을 가지는 내부 자기력부(112) 또는 외부 자기력부(114)는 후술할 모터(120)의 구동에 의하여 시계 방향 또는 반시계 방향으로 동일하게 회전할 수 있다.

[0035] 또한, 내부 자기력부(112)와 외부 자기력부(114) 사이에는 공극(L)이 형성될 수 있다. 이러한 내부 자기력부(112)와 외부 자기력부(114) 사이의 공극은 내부 자기력부(112)와 외부 자기력부(114) 사이의 반발토크 값이 최대화 되는 간격으로 형성하되, 자기력부(110)의 크기를 고려하여 형성해야 한다. 내부 자기력부(112)와 외부 자기력부(114) 사이에 형성되는 공극은 내부 자기력부(112)와 외부 자기력부(114) 사이의 자기장에 의한 반발토크가 최대가 되도록 하기 위한 것이다. 즉, 내부 자기력부(112) 및 외부 자기력부(114) 사이에 반발토크가 최대가 되도록 적정 크기의 공극(L)을 형성하고, 서로 반대 방향으로 자기장이 형성되는 자화방향을 가진 내부 자기력부(112) 또는 외부 자기력부(114)를 회전시키면, 내부 자기력부(112)로부터 발생된 자기장과 외부 자기력부(114)로부터 발생된 자기장이 상호작용하게 되고 내부 자기력부(112)의 자기장과 외부 자기력부(114)의 자기장의 위상차에 의해 정현파의 반발토크가 발생될 수 있다.

[0036] 모터(120)는 자기력부(110)의 중심축과 연결되어 자기력부(110)를 회전시킬 수 있다. 구체적으로, 모터(120)는

자기력부(110), 즉 내부 자기력부(112) 또는 외부 자기력부(114)의 중심축(M)에 연결될 수 있다. 외부에서 입력된 전력을 받아 회전하는 모터(120)에 의하여 내부 자기력부(112) 또는 외부 자기력부(114)는 회전할 수 있다. 이때, 모터(120)는 통상적으로 사용되는 형태의 모터일 수 있으나 자기력부(110)의 회전시 저항요소로 작용하지 않도록 코깅토크가 작은 모터가 바람직하다. 여기서, 모터(120)는 내부 자기력부(112) 또는 외부 자기력부(114) 중 적어도 하나를 지속적으로 회전시키기 위한 것은 아니며, 내부 자기력부(112) 또는 외부 자기력부(114) 중 적어도 하나는 할박 배열에 의한 자기장 특성에 기인하여 발생하는 토크(힘)에 의해서 회전하는 것이다. 후술하는 바와 같이, 모터(120)는 내부 자기력부(112) 또는 외부 자기력부(114)의 회전운동을 보조하기 위한 수단이다.

[0037] 만약, 모터(120)가 자기력부(110)의 중심축(M)의 일단부에 마련되면, 자기력부(110)의 중심축(M)의 타단부에는 발전기(140)가 마련될 수 있다. 즉, 모터(120)가 내부 자기력부(112)의 일단부에 연결되면, 발전기(140)는 내부 자기력부(112)의 타단부에 연결될 수 있다.

[0038] 발전기(140)는 자기력부(110)에 의해 발생하는 반발 토크에 의한 회전력이 동력으로 사용될 수 있다. 다시 말해서, 발전기(140)는 모터(120)에 입력된 구동 토크에 의한 내부 자기력부(112) 또는 외부 자기력부(114)의 회전 토크에 의하여 구동될 수 있다. 상기한 바와 같이, 자기력부(110)를 회전시키는 구동 토크는 미소량의 토크이나, 내부 자기력부(112) 및 외부 자기력부(114) 사이의 반발토크에 의하여 많은 양의 토크가 발생될 수 있다. 이와 같은 발전기(140)는 통상적으로 사용되는 발전기일 수 있으나, 본 발명의 일 실시예에 따른 발전기(140)는 교류 발전기일 수 있다. 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치(100)에 발전기(140)가 마련됨에 따라 수동발전에도 적용할 수 있다.

[0039] 본 발명의 일 실시예에 따른 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치(100)는 인버터(Inverter, 150)를 더 포함할 수 있다. 인버터(150)는 입력된 교류 전력을 직류 전력으로 변환시킬 수 있다. 구체적으로, 인버터(150)는 발전기(140)와 맞물리며, 발전기(140)에 의해 발생된 전력을 입력받아 교류 전력에서 직류 전력으로 변환시킬 수 있다.

[0040] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치(100)는 축전지(160)를 더 포함할 수 있다. 축전지(160)는 인버터(150)에 의해 변환된 직류 전력을 저장할 수 있다. 즉, 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치(100)에 축전지가 마련됨으로써 저장된 전력을 필요할 때마다 편리하게 사용할 수 있다.

[0041] 제어기(130)는 모터(120)의 구동을 제어할 수 있다. 다시 말해서, 제어기(130)는 내부 자기력부(112) 또는 외부 자기력부(114)를 구동하기 위한 모터(120)를 제어할 수 있다. 구체적으로, 제어기(130)는 자기력부(110)가 초기 위치(A)인 불안정 평형점에서 반발토크의 정현파 상의 중간 위치(B)인 안정 평형점을 거쳐 다른 불안정 평형점인 종료 위치(A')로의 반복적으로 이동하도록 모터(120)를 제어할 수 있다. 여기서, 중간 위치(B)는 반발토크의 정현파 상의 '0'점이 되는 위치를 의미한다. 즉, 반발토크의 정현파 상의 위치에너지가 최저인 위치를 의미한다.

[0042] 아래에서는 제어기(130)의 제어 알고리즘에 대하여 상세하게 설명한다.

[0043] 제어기(130)는 별도의 제어 알고리즘으로 모터(120)를 제어할 수 있다. 구체적으로, 제어기(130)는 모터(120)를 제어하여 내부 자기력부(112)와 외부 자기력부(114)의 자기장의 극성이 동일하여 반발토크가 작용하는 초기 위치(A)인 불안정 평형점에 자기력부(110) 즉, 내부 자기력부(112) 또는 외부 자기력부(114)를 위치시킬 수 있다. 즉, 제어기(130)는 TPBVP(Two Point Boundary Value Problem) 최적제어 알고리즘으로 모터(120)를 제어하여 자기력부(110)를 초기 위치(A)로 위치시킬 수 있다. 이때, TPBVP 최적제어 알고리즘은 에너지를 최소화하는 제어 방식을 말한다. 구체적으로, TPBVP 최적제어 알고리즘은 제한조건을 만족하면서 동시에 에너지를 최소화 하는 제어 입력을 계산하는 방식이다. 이러한 제어 방식을 가지는 제어기(130)의 설계는 아래의 수학식들에 의하여 구현할 수 있다.

수학식 1

$$J\ddot{\theta} + b * \operatorname{sgn}(\dot{\theta})|\dot{\theta}| + c * \tanh(\dot{\theta}) - T_0 \sin \theta = \tau$$

$$\begin{aligned} x_1 &= \theta & \dot{x}_1 &= \dot{\theta} = x_2 \\ x_2 &= \dot{\theta} & \dot{x}_2 &= \ddot{\theta} = \frac{1}{J}(-d \operatorname{sgn}(\dot{\theta})|\dot{\theta}| - c \tanh(\dot{\theta}) + T_0 \sin \theta + \tau) \\ & & &= \frac{1}{J}(-d \operatorname{sgn}(x_2)|x_2| - c \tanh(x_2) + T_0 \sin x_1 + \tau) \end{aligned}$$

$t=0 \sim T$; 1바퀴 도는 시간

[0044]

[0045]

[수학식 1]은 Halbach 배열의 방정식을 의미하며, J는 할박 배열을 가지는 내부 자기력부 자체의 관성과 내부 자기력부와 동심축으로 연결된 외부 자기력부의 관성의 합, b는 내부 자기력부가 회전을 할 때, 점성에 기인한 마찰 저항의 계수, c는 쿨롱 마찰의 계수, To는 내부 자기력부와 외부 자기력부의 상대변위에 따라 발생하는 반발토크의 계수, τ 는 내부 자기력부에 들어가는 입력 토크이다.

수학식 2

$$\begin{aligned} H &= \frac{1}{2} \dot{x}^2 + \left[\lambda_1 \quad \lambda_2 \right] \begin{bmatrix} x_2 \\ \frac{1}{J}(-d \operatorname{sgn}(x_2)|x_2| - c \tanh(x_2) + T_0 \sin x_1 + \tau) \end{bmatrix} \\ &= \frac{1}{2} \dot{x}^2 + \lambda_1 x_2 + \frac{\lambda_2}{J}(-d \operatorname{sgn}(x_2)|x_2| - c \tanh(x_2) + T_0 \sin x_1 + \tau) \end{aligned}$$

[0046]

[0047]

[수학식 2]는 운동에너지와 위치에너지를 의미하는 해밀토니아 연산이며, H는 해밀토니아 연산, τ 는 내부 자기력부에 들어가는 입력 토크, J는 할박 배열을 가지는 내부 자기력부 자체의 관성과 내부 자기력부와 동심축으로 연결된 외부 자기력부의 관성의 합이다.

수학식 3

$$\frac{\delta H}{\delta \tau} = \tau + \frac{\lambda_2}{J} = 0 \Rightarrow \tau = -\frac{\lambda_2}{J}$$

$$X = \begin{bmatrix} \theta \\ \dot{\theta} \\ \lambda_1 \\ \lambda_2 \end{bmatrix} \quad \dot{X} = \begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = \frac{1}{J}(-d \operatorname{sgn}(x_2)|x_2| - c \tanh(x_2) + T_0 \sin x_1 + \tau) \\ \dot{\lambda}_3 = -\frac{x_4}{J} T_0 \cos x_1 \\ \dot{\lambda}_4 = -\lambda_3 + \frac{x_4 d}{J} + \frac{x_4 c}{J} \operatorname{sech}^2 x_2 \end{cases}$$

[0048]

[0049]

[수학식 3]은 Stationary condition(정상 상태)를 의미하며, H는 해밀토니아 연산, τ 는 내부 자기력부에 들어가는 입력 토크, J는 할박 배열을 가지는 내부 자기력부 자체의 관성과 내부 자기력부와 동심축으로 연결된 외부 자기력부의 관성의 합이다.

- [0050] 제어기(130)는 상기와 같은 수학적식에 의해 구현된 TPBVP 최적제어 알고리즘으로 자기력부(110)의 초기 위치(A)를 불안정 평형점에 위치시킬 수 있다. 자기력부(110)의 초기 위치(A)를 불안정 평형점에 위치되도록 하는 것은 불안정 평형점의 불안정한 위치 에너지를 이용한 스위칭 제어를 구현하기 위함이다. 여기서, 불안정 위치 에너지를 이용한 스위칭 제어는 진자의 불안정 평형점, 즉 자기력부(110)가 초기 위치(A)로부터 1바퀴 스위칭(Switching) 하기 위해 필요한 최적의 토크를 TPBVP 최적제어 알고리즘을 통하여 얻을 수 있다.
- [0051] 도 5에 도시한 바와 같이, 위치 에너지를 이용한 스위칭 제어가 시작되면, 자기력부(110)가 TPBVP 최적제어 알고리즘에 의하여 정현과 상의 불안정 평형점에 위치되고 최대 위치 에너지를 가지게 된다. 여기서, 자기력부(110)가 초기 위치(A)에 위치되면, 제어기(130)는 TPBVP 최적제어 알고리즘으로 모터(120)를 제어하여 자기력부(110)를 회전시킬 수 있다. 이에 따라, 자기력부(110)는 최대 위치 에너지를 가지는 초기 위치(A)인 불안정 평형점에서 최저 위치 에너지를 가지는 중간 위치(B)인 안정 평형점을 지나, 다시 최대 위치 에너지를 가지는 종료 위치(A')인 다른 불안정 평형점으로 이동될 수 있다.
- [0052] 상기와 같은 제어기(130)의 TPBVP 최적제어 알고리즘에 의해 자기력부(110)의 회전자인 내부 자기력부(112)가 정현과 상의 불안정 평형점에 위치되고, 자유 회전이 가능한 회전자인 내부 자기력부(112)에 모터(120)로부터 회전력이 인가되도록 할 수 있다.
- [0053] 또한, 제어기(130)는 내부 자기력부(112)가 초기 위치(A)인 불안정 평형점으로 이동된 후에 TPBVP 최적제어 알고리즘에 의하여 내부 자기력부(112)를 구동시키기 위하여 모터(120)에 구동 토크가 인가되도록 제어할 수 있다. 이때, 내부 자기력부(112)에 가해지는 구동 토크는 미소량의 토크를 의미한다. 내부 자기력부(112)가 불안정 평형점의 위치를 벗어날 수 있을 정도의 토크량이면 가능하다. 즉, 모터(120)에 입력되는 토크량은 내부 자기력부(112)가 초기 위치(A)인 불안정 평형점을 벗어나도록 회전할 수 있을 정도의 미소 토크량이면 충분하므로, 굳이 큰 구동 토크를 입력할 필요가 없다. 이에 따라, 모터(120)를 구동시키기 위한 에너지를 최소화 할 수 있고, 더불어 내부 자기력부(112)를 구동하기 위해 필요한 에너지의 양도 최소화할 수 있다.
- [0054] 미소량의 토크가 인가된 내부 자기력부(112)의 회전 사이클의 주기는 본 발명의 일 실시예에 따른 할박 배열의 에너지 발생장치(100)를 적용하는 분야에 따라 달라질 수 있다. 여기서, 내부 자기력부(112)의 회전 사이클 1주기는 미소량의 토크가 인가된 내부 자기력부(112)가 초기 위치(A)인 불안정 평형점에서 중간 위치(B)인 안정 평형점을 거쳐 종료 위치(A')인 다른 불안정 평형점으로 이동되는 것을 의미한다. 또한, 내부 자기력부(112)가 초기 위치(A)에서 종료 위치(A')까지 회전하는데 360도의 회전이 필요한 경우, 각종 마찰요소에 의해 실질적으로 내부 자기력부(112)가 초기에 가해진 미소량의 구동 토크만으로는 온전히 360도 회전하는 것은 불가능하다. 이에 따라, 내부 자기력부(112)가 완전한 360도를 회전하기 전에 내부 자기력부(112)의 속도가 '0'이 되는 지점이 존재할 수 밖에 없다. 만약, 내부 자기력부(112)에 아무런 토크를 가하지 않게 되면 내부 자기력부(112)와 외부 자기력부(114) 사이에 발생하는 불안정 반발토크에 의하여 초기 위치(A)인 불안정 평형점에서 종료 위치(A')인 다른 불안정 평형점으로 위치되지 못하고 중간 위치(B)인 안정 평형점으로 후퇴하게 된다. 이때 제어기(130)는 선형 제어 알고리즘인 LQ 제어 (Linear Quadratic Gaussian Control) 알고리즘으로 모터(120)를 제어하여 내부 자기력부(112)를 스위칭 종료 지점인 (A')로 위치시킬 수 있다. 여기서, 제어기(130)의 LQ 제어 알고리즘은 선형 제어를 이용한 에너지 제어방식을 의미한다. 구체적으로, LQ 제어 알고리즘을 가지는 제어기(130)의 제어방식은 아래에서 설명한다.
- [0055] 시스템의 구동 초기 안정 평형점에 정렬되어 있는 내부 자기력부(112)와 외부 자기력부(114)를 분리시켜 내부 자기력부(112)를 안정 평형점(B)에서 종료 위치(A')인 불안정 평형점으로 회전 기동시키기 위하여 스윙업의 에너지 제어 방식을 적용할 수 있다. 즉, 할박 배열의 내부 자기력부(112)의 포텐셜(Potential) 에너지가 '0'이 되도록 하는 제어 신호를 생성한다. 상기에서 설명한 스윙업 제어에 대해 *Astrom*은 시스템의 에너지를 리아프노프 함수로 선정하여 제어기(130)를 하기와 같은 수학적식을 이용하여 설계할 수 있다.

수학적식 4

$$E = \frac{1}{2} J \dot{\theta}^2 + T_0 (\cos \theta - 1)$$

[0056]

[0057] [수학적식 4]는 할박 배열의 에너지 방정식, 즉 운동에너지와 위치에너지를 합을 의미하며, J는 할박 배열을 가지

는 내부 자기력부 자체의 관성과 내부 자기력부와 동심축으로 연결된 외부 자기력부의 관성의 합, T_0 는 내부 자기력부와 외부 자기력부의 상대변위에 따라 발생하는 반발토크의 계수, τ 는 내부 자기력부에 들어가는 입력 토크이다.

수학식 5

$$u = -k * \text{sign}((E - E_0)(-\dot{\theta})(\cos\theta - 1))$$

[0058]

[0059]

[수학식 5]에서 제어 신호 u 는 초기 위치에 대한 각도와 각속도, 에너지 차이에 의해 제어 입력의 방향을 결정, 제어 입력의 크기는 상수 k 로 결정된다.

[0060]

상기와 같은 수학식에 의하여 입력된 토크에 의해 내부 자기력부(112)가 불안정 평형점 근처에 오면 선형 제어 방식의 LQ 제어 알고리즘으로 전환하여 자기력부(110)를 초기 위치(A)인 불안정 평형점에 유지할 수 있도록 한다. 이와 같은 LQ 제어 알고리즘을 적용하기 위한 상태 방정식은 하기와 같다. 이때, 할박 배열의 모델을 평형점 근처의 미소 변위에 대해 선형화 하였으며, 쿨롱 마찰은 무시한다.

수학식 6

$$J\ddot{\theta} + b\dot{\theta} - T_0\theta = \tau$$

$$\ddot{\theta} = \frac{\tau}{J} - \frac{b}{J}\dot{\theta} + \frac{T_0}{J}\theta$$

$$\begin{bmatrix} \dot{\theta} \\ \ddot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ \frac{T_0}{J} & -\frac{b}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{J} \end{bmatrix} \tau$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ \frac{T_0}{J} & -\frac{b}{J} \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{J} \end{bmatrix}$$

[0061]

[0062]

(위치오차 각도에 가중치 50, 입력크기에 가중치 1을 선정함)

$$Q = \begin{bmatrix} 50 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad R = 1$$

[0063]

[0064]

[수학식 6]은 시스템방정식을 의미하며, Q 는 자기력부의 위치 오차에 대한 가중치, R 은 입력 토크에 대한 가중치이다.

[0065]

제어기(130)의 LQ 제어 알고리즘에 의한 값은 아래와 같은 매트랩(matlab)의 명령어를 통해 도출해 낼 수 있다.

[0066]

$$K = \text{lqr}(A, B, Q, R)$$

[0067]

즉, 내부 자기력부(112)의 회전 속도가 '0'이 되는 순간, 제어기(130)는 모터(120)를 이용하여 내부 자기력부(112)를 초기 위치(A)인 불안정 평형점으로 이동되도록 LQ 제어 알고리즘에 의하여 모터(120)를 제어함으로써 내부 자기력부(112)에 토크를 인가한다. 이와 같은 제어기(130)의 제어에 의하여 내부 자기력부(112)는 회전 사이클이 무한히 반복될 수 있다.

[0068]

상기에서 설명한 바와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치(100)는, 미소량의 초기 구동 토크만으로도 자기력부(110)를 초기에 구동시킬 수 있는 에너지가 발생될 수 있다.

[0069]

또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치(100)는 미소량의 초기 구동 토크만으

로 내부 자기력부(112)를 회전시키기 위해 필요한 에너지를 얻을 수 있으므로 수동 발전기에 적용할 수 있다.

[0070] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치(100)는, 자기력부(110) 및 발전기(140)로부터 발생된 에너지(또는 전력)를 인버터(150) 및 축전지(160)를 이용하여 에너지를 변환하거나 또는 저장할 수 있다.

[0071] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야의 당업자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적 특징을 변경하지 않고 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

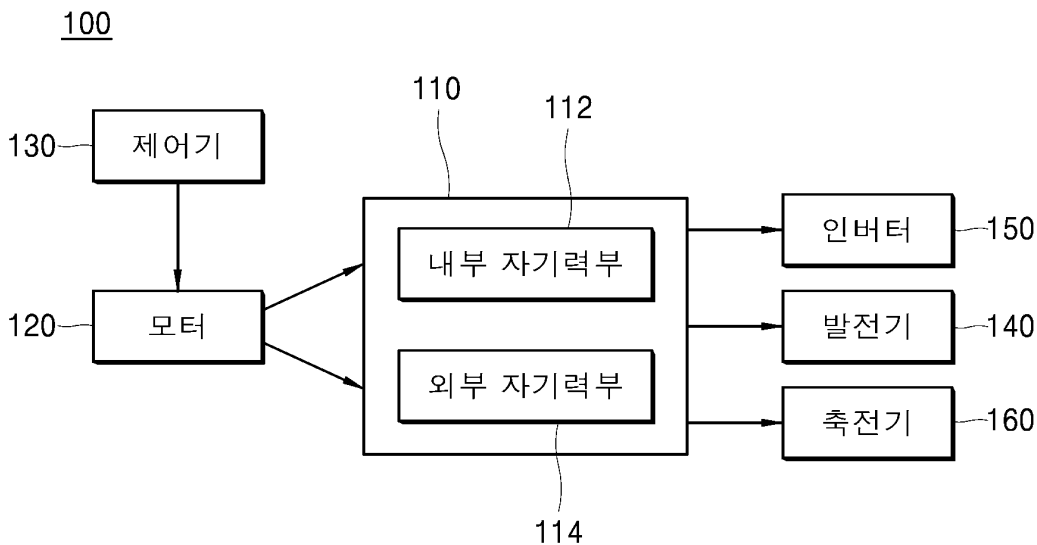
[0072] 그러므로 이상에서 기술한 실시예는 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적인 것이 아닌 것으로서 이해되어야 하고, 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명을 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 등가개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

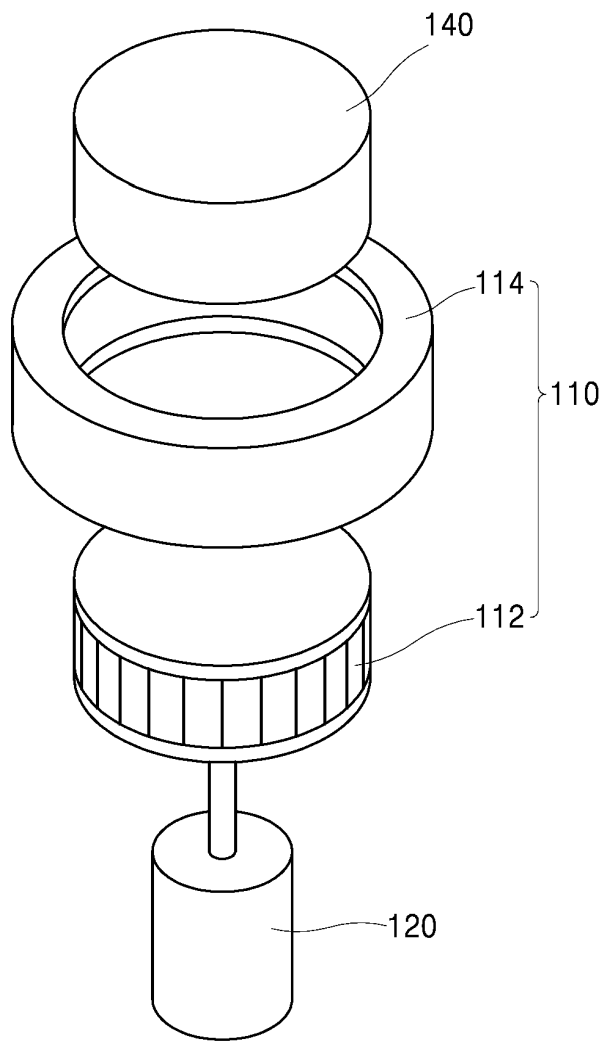
[0073] 100: 할박 배열을 이용한 에너지 발생 장치
 110: 자기력부
 112: 내부 자기력부
 114: 외부 자기력부
 120: 모터
 130: 제어기
 140: 발전기
 150: 인버터
 160: 축전지
 A: 초기위치(불안정 평형점)
 B: 중간 위치(안정 평형점)
 A': 종료위치(불안정 평형점)
 M: 중심축
 L: 공극

도면

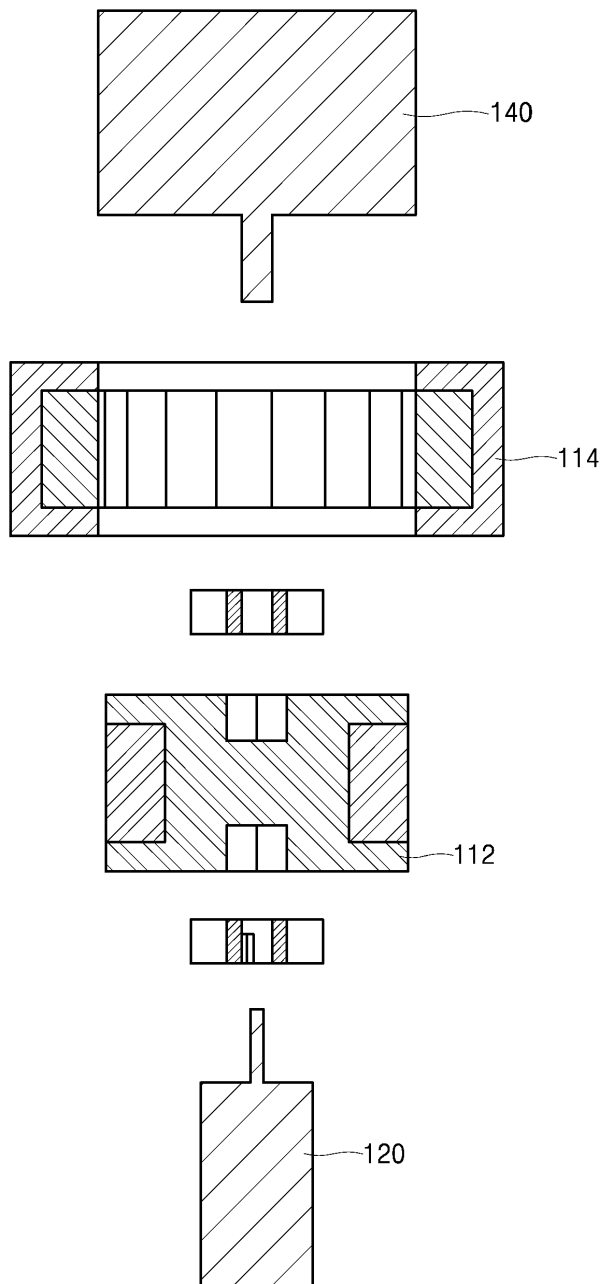
도면1



도면2

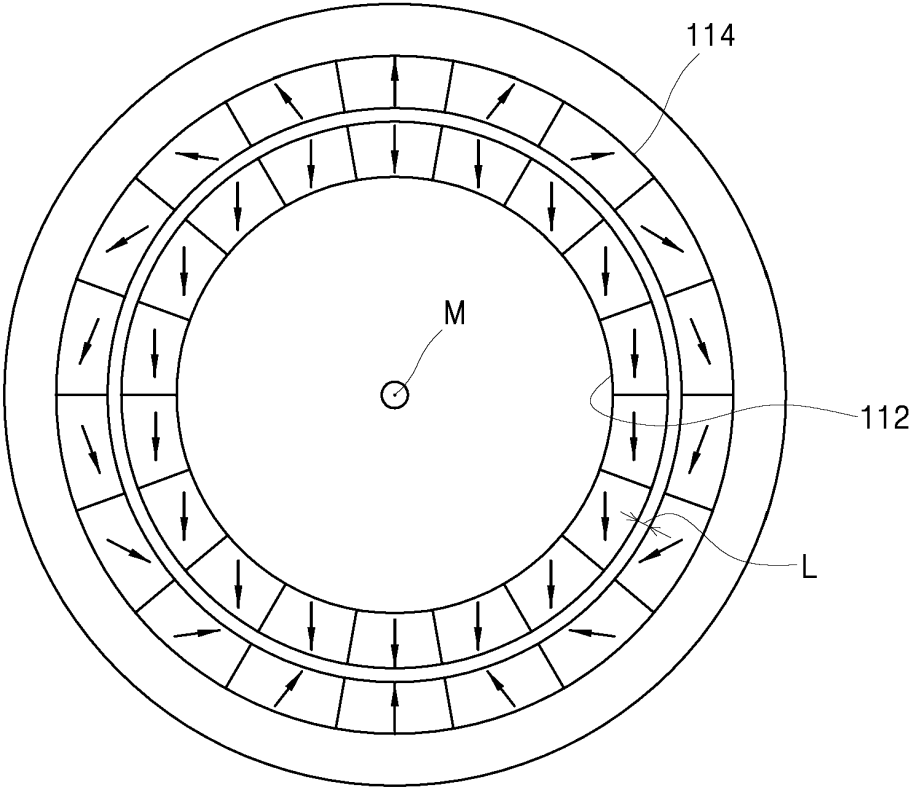


도면3

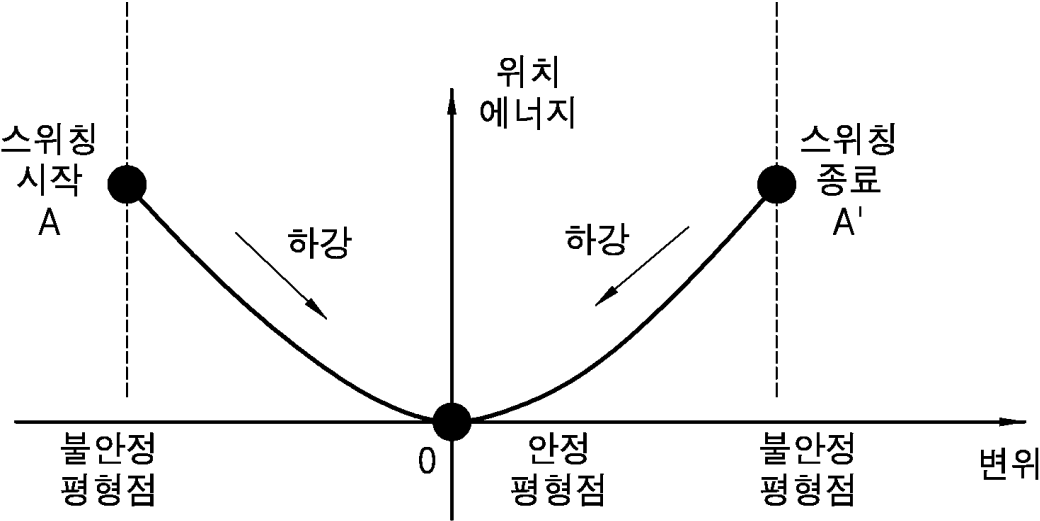


도면4

110



도면5



도면6

