



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0145881
(43) 공개일자 2023년10월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A63B 21/005 (2006.01) A63B 21/00 (2006.01)
H02K 7/06 (2014.01) H02K 7/10 (2014.01)
H02K 7/108 (2006.01) H02K 7/116 (2006.01)
(52) CPC특허분류
A63B 21/0053 (2013.01)
A63B 21/154 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0044830
(22) 출원일자 2022년04월11일
심사청구일자 2022년04월11일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
김재훈
경기도 수원시 장안구 경수대로976번길 22, 143-1701
천준영
경기도 시흥시 은계중앙로 115, 401-404
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김순웅

전체 청구항 수 : 총 5 항

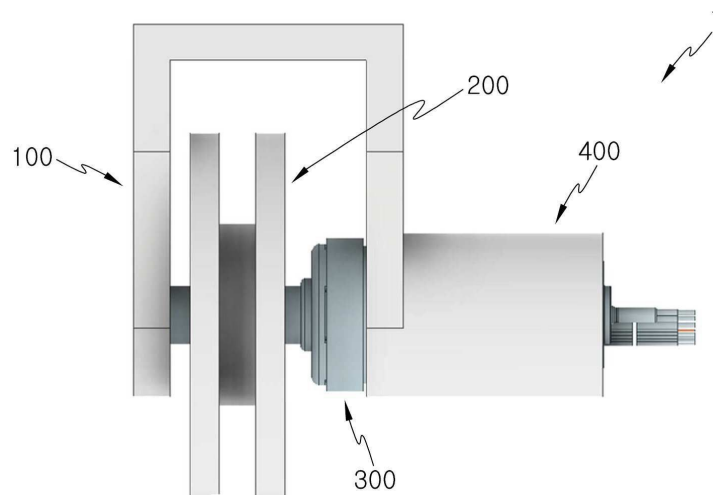
(54) 발명의 명칭 일방향 클러치를 활용한 모터 발전형 에너지 하베스팅 장치

(57) 요약

본 발명은 양방향 회전을 하는 근력운동기구에 적용되어 운동을 하면서 전기 에너지를 생산하고, 이와 같이 생산된 전기 에너지를 활용할 수 있도록 하는 일방향 클러치를 활용한 모터 발전형 에너지 하베스팅 장치에 관한 것이다.

이와 같은 목적을 해결하기 위해 본 발명은; 케이블 머신(10)에 설치되는 지지본체(100)와; 상기 케이블 머신(10)의 운동에너지를 일방향 클러치(210)를 이용해 단방향 회전 운동으로 변환하여 제공하는 도르래(200)와; 상기 도르래(200)의 회전 운동을 통해 특정 기어비로 회전하면서 회전을 제공하는 기어박스(300)와; 상기 기어박스(300)를 통해 제공되는 회전력으로 전기 에너지를 생산하는 발전부(400);를 포함하여 구성된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H02K 7/06 (2013.01)
H02K 7/1004 (2013.01)
H02K 7/108 (2013.01)
H02K 7/116 (2013.01)

(72) 발명자

송동현

경기도 수원시 장안구 경수대로976번길 22,
 116-1503

이충휘

경기도 수원시 장안구 금당로39번길 33, 104-1201

이현택

경기도 시흥시 수인로3312번길 16, 105-4001

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415171668
과제번호	P0012769
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술진흥원
연구사업명	산업혁신인재성장지원(R&D)
연구과제명	스마트건설기계전문인력양성
기 여 율	1/1
과제수행기관명	건설기계부품연구원
연구기간	2020.03.01 ~ 2025.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

케이블 머신(10)에 설치되는 지지본체(100)와;

상기 케이블 머신(10)의 운동에너지를 일방향 클러치(210)를 이용해 단방향 회전 운동으로 변환하여 제공하는 도르래(200)와;

상기 도르래(200)의 회전 운동을 통해 특정 기어비로 회전하면서 회전력을 제공하는 기어박스(300)와;

상기 기어박스(300)를 통해 제공되는 회전력으로 전기 에너지를 생산하는 발전부(400);를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 일방향 클러치를 활용한 모터 발전형 에너지 하베스팅 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 기어박스(300)는 도르래(200)의 회전 운동력을 전달시키는 기어박스축(310);

상기 기어박스축(310)에 연결되며, 내접기어로 마련된 플렉스스플라인(320);

상기 플렉스스플라인(320)에 동심원으로 내접기어로 마련된 서클러스플라인(330); 및

상기 플렉스스플라인(320) 및 서클러스플라인(330)의 안쪽에 기어 연결되어 특정 기어비로 회전하면서 발전부(400)에 회전력을 제공하는 유성기어열(340);을 더 포함한 일방향 클러치를 활용한 모터 발전형 에너지 하베스팅 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 유성기어열(340)은 발전부(400)의 구동축에 연결된 태양기어(341);

상기 태양기어(341)의 둘레에 연결된 다수의 유성기어(342);를 더 포함한 일방향 클러치를 활용한 모터 발전형 에너지 하베스팅 장치.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 플렉스스플라인(320)은 기어박스축(310)에 연결되는 외통부(321);

상기 외통부(321)의 안쪽에 마련된 기어부(322); 및

상기 외통부(321)와 기어부 사이에 탄성 지지되는 지지대(323);를 더 포함한 일방향 클러치를 활용한 모터 발전형 에너지 하베스팅 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 발전부(400)는 생산된 전기 에너지를 사용할 수 있는 전류와 전압으로 변환시켜 제공하는 ESS(420)를 더 포함한 일방향 클러치를 활용한 모터 발전형 에너지 하베스팅 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 양방향 회전을 하는 근력운동기구에 적용되어 운동을 하면서 전기 에너지를 생산하고, 이와 같이 생

산된 전기 에너지를 활용할 수 있도록 하는 일방향 클러치를 활용한 모터 발전형 에너지 하베스팅 장치에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 일반적으로, 에너지 하베스팅은 일상생활에서 버려지거나 소모되는 에너지를 모아 전력으로 재활용하는 기술로서, 자연 에너지를 전기 에너지로 변환하는 것뿐만 아니라 사람의 활동을 통해 주변에서 버려지는 에너지를 전기 에너지로 변환하여 사용할 수 있도록 한다.
- [0003] 이러한 에너지 하베스팅 중에 대표적인 실시 예로 피트니스 센터의 운동기구에 발전 시스템을 적용시켜 사람의 운동활동으로 버려지는 에너지를 전기 에너지로 변환하여 활용할 수 있다.
- [0004] 예를 들어, 한국등록특허공보 제10-0584234호를 살펴보면, 수직으로 장착되는 한 쌍의 가이드를 따라 와이어에 의해 상,하로 동작하게 되는 중량부재의 앞쪽 중앙에 중량부재의 수만큼의 솔레노이드 버튼과 중량부재의 홈에 삽입되는 버튼을 갖는 고정장치몸체가 설치되고, 와이어가 본체에 설치되는 도르래에 의해 안내되는 웨이트트레이닝 기구를 구성함에 있어서, 상기 도르래에 제너레이터가 더 설치되는 자가 발전기능을 갖는 웨이트트레이닝 기구가 제시되어 있다.
- [0005] 그러나 종래에는 케이블 머신과 같이 도르래 및 케이블을 이용해 중량체를 들어올려 근육운동을 수행하는 운동기구의 경우 양방향으로 도르래가 회전함으로 회전 방향에 따라 발전기의 전력을 변환시키기 위한 인버터 등의 부가 구성이 필요하여 구조가 복잡하고 전체 크기가 커지는 문제점이 있었다.
- [0006] 또한, 종래에는 케이블 머신의 도르래로부터 전달되는 회전력을 통해 전기 에너지를 생산하기 때문에 케이블 머신의 운동 과정에 따른 도르래의 특성상 회전력이 약해 발전기의 발전효율이 현저히 떨어지는 문제점이 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제10-0584234호(등록일:2016.09.05)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명은 종래의 문제점들을 해결하기 위한 것으로서, 에너지 하베스팅 장치에서 운동에너지를 전달하는 도르래에 일방향 클러치를 적용시켜 양방향 회전운동을 단방향 회전운동으로 변환하여 발전기를 구동되게 구성함으로써, 에너지 하베스팅 장치를 케이블 머신에 적용할 수 있게 하고, 회전 방향에 따라 발전기의 전력을 변환하기 위한 인버터 등의 부가 구성이 필요없도록 하여 구조를 단순화시키고 전체 크기를 줄이도록 하는데 그 목적이 있다.
- [0009] 또한, 본 발명은 에너지 하베스팅 장치의 도르래와 발전기 사이로 기어박스를 설치 구성함으로써, 기어박스의 기어비를 통해 도르래의 회전력을 향상되게 하여 발전기의 발전효율을 높이도록 하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0010] 이와 같은 목적을 해결하기 위해 본 발명은;
- [0011] 케이블 머신에 설치되는 지지본체와;
- [0012] 상기 케이블 머신의 운동에너지를 일방향 클러치를 이용해 단방향 회전 운동으로 변환하여 제공하는 도르래와;
- [0013] 상기 도르래의 회전 운동을 통해 특정 기어비로 회전하면서 회전력을 제공하는 기어박스와;
- [0014] 상기 기어박스를 통해 제공되는 회전력으로 전기 에너지를 생산하는 발전부;를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 일방향 클러치를 활용한 모터 발전형 에너지 하베스팅 장치를 제공한다.

발명의 효과

[0015] 이러한 본 발명에 따르면, 에너지 하베스팅 장치를 도르래를 통해 케이블 머신에 적용 가능하고, 회전 방향에 따라 발전기의 전력을 변환시키는 인버터가 필요없이 구조가 단순화되고 전체 크기가 줄어드는 효과가 있으며, 기어박스의 기어비를 통해 도르래를 통해 전달되는 회전력이 향상되어 발전효율이 높아지는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 일방향 클러치를 활용한 모터 발전형 에너지 하베스팅 장치의 전체 구성도.
 도 2 내지 도 3은 도 1의 요부 구성도.
 도 4는 도 1의 기어비에 대한 구성도.
 도 5는 도 1의 제어 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 본 발명에 따른 일방향 클러치를 활용한 모터 발전형 에너지 하베스팅 장치를 첨부된 도면을 참고로 하여 이하 상세히 기술되는 실시 예들에 의해 그 특징들을 이해할 수 있을 것이다.

[0018] 한편, 실시 예를 설명함에 있어 본 발명이 속하거나 속하지 아니한 기술분야에서 광범위하게 널리 알려져 사용되고 있는 구성요소에 대해서는 이에 대한 상세한 설명은 생략하도록 하며, 이는 불필요한 설명을 생략함과 더불어 이에 따른 본 발명의 요지를 더욱 명확하게 전달하기 위함이다.

[0020] 이하, 도 1 내지 도 5는 본 발명의 일방향 클러치를 활용한 모터 발전형 에너지 하베스팅 장치의 각 구성을 설명하기 위한 도면이다.

[0021] 이에 따른 에너지 하베스팅 장치(1)를 개략적으로 살펴보면, 케이블 머신(10)에 설치되는 지지본체(100); 케이블 머신(10)의 운동에너지를 단방향 회전운동으로 변환하여 제공하는 도르래(200); 도르래(200)의 회전 운동을 특정 기어비로 회전시켜 제공하는 기어박스(300); 기어박스(300)를 통해 제공되는 회전력으로 전기 에너지를 생산하는 발전부(400);로 구성된다.

[0022] 먼저, 상기 지지본체(100)는 케이블 머신(10)에 설치되는 것으로, 에너지 하베스팅 장치(1)의 하중을 지지하기 위한 것이다.

[0023] 상기 지지본체(100)는 도르래(200)가 축 결합되는 공간을 제공하고, 기어박스(300), 발전부(400)가 결합되어 고정된다.

[0024] 이때, 상기 지지본체(100)는 피트니스 센터에서 사용되는 케이블 머신(10)에 설치되며, 케이블 머신(10)은 케이블 크로스 오버 머신, 시티드 체스트 프레스, 레그 익스텐션 머신, 암컬 머신, 스쿼드 머신, 랫풀다운 머신 등 중량체를 도르래 및 케이블 등을 이용해 들어올리는 운동기구이다.

[0025] 그리고, 상기 도르래(200)는 상기 케이블 머신(10)의 운동에너지를 일방향 클러치(210)를 이용해 단방향 회전운동으로 변환하여 제공하기 위한 것이다.

[0026] 상기 도르래(200)는 케이블 머신(10)에 에너지 하베스팅 장치(1)를 적용시키기 위해 구비되며, 도르래(200)는 케이블 머신(10)을 사용하는 중에 근육운동을 통한 케이블의 병진 왕복운동을 회전운동으로 전환시킨다.

[0027] 한편, 상기 도르래(200)는 도 2에 도시한 바와 같이 지지본체(100)의 내측에서 제자리 회전하면서 기어박스(300)에 축 결합되기 위해 중앙에 축 결합 구멍이 형성되고, 도르래(200)의 축 결합 측에 일방향 클러치(210)가 구비된다.

[0028] 이때, 일방향 클러치(210)는 케이블 머신(10)의 특성상 도르래(200)가 양방향으로 번갈아가며 회전하는데, 이러한 일방향 클러치(210)는 도르래(200)의 특성을 변환시키기 위해 구비된 것으로 도르래(200)가 양방향으로 회전하는 중에 일방향 클러치(210)가 기어박스(300)에 단방향의 회전력만 전달되게 한다.

[0029] 이 경우 일방향 클러치(210)를 통해 기어박스(300)에 단방향의 회전력이 일정 간격으로 연속 전달됨으로 회전력이 점진적으로 증가하면서 발전 효율이 향상되게 된다.

[0030] 그리고, 상기 기어박스(300)는 회전 운동을 통해 특정 기어비로 회전하면서 회전력을 제공하기 위한 것이다.

- [0031] 상기 기어박스(300)는 도르래(200)을 통해 제공되는 회전력이 작아 발전부(400)의 발전 효율이 떨어짐에 따라 도르래(200)를 통해 제공되는 회전력을 기어비를 통해 가속시켜 높이면서 발전부(400)에 제공되게 한다.
- [0032] 한편, 상기 기어박스(300)는 도르래(200)의 회전 운동력을 전달시키는 기어박스축(310); 상기 기어박스축(310)에 연결되며, 내접기어로 마련된 플렉스스플라인(320); 상기 플렉스스플라인(320)에 동심원으로 내접기어로 마련된 서클러스플라인(330); 및 상기 플렉스스플라인(320) 및 서클러스플라인(330)의 안쪽에 기어 연결되어 특정 기어비로 회전하면서 발전부(400)에 회전력을 제공하는 유성기어열(340);을 더 포함한다.
- [0033] 도 3에 따르면, 상기 기어박스축(310)은 도르래(200)의 중앙 구멍에 축 결합되는 축 부분을 갖고, 기어박스축(310)의 축 부분 후단으로 플렉스스플라인(320)에 연결되는 제1끼움부(311)가 형성된다.
- [0034] 이때, 기어박스축(310)은 축부에 연직방향으로 작용하는 정하중에 의해 발생하는 굽힘 응력보다 도르래(200)에 의해 발생하는 비틀림 응력이 클 수 있어 기어박스축(310)의 설계에 있어 굽힘과 비틀림 중 비틀림 응력을 축 재료의 선정기준으로 하는 것이 바람직하고, 이에 따라 기어박스축(310)의 재질은 비틀림 강성이 큰 재질로 한다.
- [0035] 상기 플렉스스플라인(320)은 기어박스축(310)의 회전력을 유성기어열(340)에 전달되게 한다.
- [0036] 여기서, 상기 플렉스스플라인(320)은 기어박스축(310)에 연결되는 외통부(321); 상기 외통부(321)의 안쪽에 마련된 기어부(322); 및 상기 외통부(321)와 기어부(322) 사이에 탄성 지지되는 지지대(323);로 구성된다.
- [0037] 상기 외통부(321)는 기어박스축(310)에 연결되기 위한 부분으로 전단부 둘레에 제2끼움부(321a)가 형성되고, 상기 제2끼움부(321a)는 기어박스축(310)의 제1끼움부(311)에 끼움 구조로 연결되어 회전력을 전달되게 한다.
- [0038] 상기 기어부(322)는 외통부(321)의 안쪽에 동일 중심의 내접기어로 마련되며, 기어부(322)의 내측에는 유성기어열(340)이 연결된다.
- [0039] 상기 지지대(323)는 외통부(321)와 기어부(322) 사이로 하나 이상 등간격으로 마련되어 기어부(322)를 외통부(321)에 탄성 지지되게 하며, 지지대(323)를 통한 탄성 지지 기능으로 플렉스스플라인(320)이 유성기어열(340)과 연결되어 회전하면 하모닉 드라이브의 웨이브 제너레이터와 유사한 효과를 갖도록 한다.
- [0040] 상기 서클러스플라인(330)은 플렉스스플라인(320)과 동심원으로 발전부(400)의 선단에 마련되며, 서클러스플라인(330) 측으로 유성기어열(340)이 연결된 플렉스스플라인(320)이 삽입되면서 유성기어열(340)의 일부가 서클러스플라인(330)에 연결되게 된다.
- [0041] 상기 유성기어열(340)은 하모닉 드라이브에서 웨이브 제너레이터와 유사한 역할을 하는 것으로, 유성기어열(340)은 플렉스스플라인(320)의 내측에 연결되어 플렉스스플라인(320)을 통해 전달되는 회전력으로 회전 작동하고, 발전부(400)에 특정 기어비로 회전하면서 가속된 회전력을 제공하도록 한다.
- [0042] 여기서, 상기 유성기어열(340)은 발전부(400)의 구동축에 연결된 태양기어(341); 상기 태양기어(341)의 둘레에 연결된 다수의 유성기어(342);로 구성된다.
- [0043] 상기 태양기어(341)는 발전부(400)의 발전기(410)에 연결되는 부분으로 기어박스(300)의 기어비를 통해 가속된 회전력이 최종적으로 발전기(410)에 전달되게 한다.
- [0044] 상기 다수의 유성기어(342)는 태양기어(341)의 둘레에 등간격으로 연결되는데, 다수의 유성기어(342)는 별도 프레임에 의해 서로 연결되어 있고, 다수의 유성기어(342) 외측은 플렉스스플라인(320)의 안쪽 기어부(322)에 연결되어 플렉스스플라인(320)을 통해 전달되는 회전력을 통해 태양기어(341)를 중심으로 회전 작동한다.
- [0045] 이 경우 기어박스(300)는 도르래(200)를 통해 전달되는 회전력이 플렉스스플라인(320)과 서클러스플라인(330)에 의해 1차로 가속되고, 유성기어열(340)을 통해 2차로 가속되어 유성기어열(340)의 태양기어(341)에 연결된 발전기(410)에 높은 회전력을 제공하게 된다.
- [0046] 또한, 상기 기어박스(300)는 상기 플렉스스플라인(320) 및 서클러스플라인(330)의 기어 이의 수는 각각 20 및 19로 하며, 상기 태양기어(341) 및 유성기어(342)의 기어 이의 수는 각각 6 및 7로 설정하고, 상기 각각 설정된 기어 이의 수를 통해 86.7의 기어비를 갖도록 한다.
- [0047] 도 4에 의하면, 상기과 같은 기어비는 플렉스스플라인(320)의 피치원 지름을 30mm로 하였을때, 플렉스스플라인의 모듈은 1.5로 설정하였고, $P = M \times Z$ 에 따라 플렉스스플라인(320)의 기어 이의 수를 20으로, 서클러스플라인(330)의 기어 이의 수를 19로 결정하였다.

- [0048] 이때, 유성기어열(340)의 태양기어(341)와 유성기어(342)의 기어 이의 수도 각각 6 및 7로 결정하여 이를 통해 결정된 최종 기어비가 86.7이 되게 하였다.

[0049] 예컨대 본 발명은 도르래(200)를 통해 케이블 머신(10)에 적용이 가능하고, 기어박스(300)를 통해 전체적인 크기를 줄이면서 무게를 감소시켜 케이블 머신(10)에 대한 설치를 용이하게 하며, 기어박스(300)를 통해 토크 밀도와 출력 밀도를 높게 유지시킬 수 있어 발전 효율이 향상되고, 백래시를 최소화하여 뛰어난 반복성을 제공하며, 소음을 줄일 수 있게 된다.

[0050] 그리고, 상기 발전부(400)는 상기 기어박스(300)를 통해 제공되는 회전력으로 전기 에너지를 생산하기 위한 것이다.

[0051] 상기 발전부(400)는 기어박스(300)의 후단부로 서클러스플라인(330)이 구비된 측에 별도의 통체로 보호되면서 구비되고, 발전부(400)는 기어박스(300)의 태양기어(341)에 연결되면서 회전력이 전달되고, 전달되는 회전력으로 전기 에너지를 생산되게 한다.

[0052] 또한, 상기 발전부(400)는 기어박스(300)에 연결되어 회전력이 전달되고, 전달되는 회전력을 이용해 전기 에너지를 생산하는 발전기(410);를 더 포함한다.

[0053] 상기 발전기(410)는 기어박스(300)의 유성기어열(340)에 마련된 태양기어(341)에 구동축이 연결되면서 기어박스(300)의 회전력이 전달되어 전기 에너지를 생산한다.

[0054] 또한, 상기 발전부(400)는 생산된 전기 에너지를 사용할 수 있는 전류와 전압으로 변환시켜 제공하는 ESS(420);를 더 포함한다.

[0055] ESS(420)는 Energy Storage System으로 생산된 전기 에너지를 적절한 전류와 전압으로 변환시켜 통상의 전자제품에서 전기 에너지를 간편하게 사용할 수 있도록 한다.

[0056] 여기서, 상기 ESS(420)는 생산된 전기 에너지를 변환하는 컨버터(430); 상기 컨버터(430)로부터 변환된 전기 에너지를 저장하는 배터리(440); 및 상기 배터리(440)에 저장된 전기 에너지를 사용하는 전자제품에서 요구하는 정격 전압 및 전류로 제공하는 가변저항(450);으로 구성된다.

[0057] 상기 컨버터(430)는 발전기(410)를 통해 생산된 전기 에너지가 전압이 일정하지 않음으로 불규칙한 전압을 안정적인 전압 상태로 변환해 배터리(440)에 저장될 수 있게 한다.

[0058] 상기 배터리(440)는 컨버터(430)를 통해 안정적으로 변환된 전기 에너지가 저장되며, 저장된 전기 에너지를 출력하여 사용하도록 한다.

[0059] 이때, 배터리(440)는 저장된 전기 에너지의 출력을 제어하기 위한 PCS(441)가 필요하며, PCS(441)는 Power Conversion System으로 생산된 전기 에너지를 저장할 경우에 출력을 제어하기 위한 통합 시스템이다.

[0060] 상기 가변저항(450)은 배터리(440)에 저장된 전기 에너지를 다양한 전자제품에서 사용하기 위해 각각의 전자제품마다 요구하는 정격 전원에 맞춰 변환하여 제공하게 하며, 배터리(440)에 저장된 전기 에너지를 다양한 전자제품에서 사용할 수 있도록 가변저항기가 포함된 가변저항(450)을 이용하여 승압 또는 강압을 통해 다양하게 활용할 수 있도록 하였다.

[0062] 이상 설명한 바와 같이, 본 발명은 특정의 바람직한 실시 예를 예시한 설명과 도면으로 표현 하였으나, 여기서 사용하는 용어들은 본 발명을 용이하게 설명하기 위함으로 이 용어들에 대한 의미 한정이나, 특허청구범위에 기재된 범위를 제한하기 위함이 아니며,

[0063] 본 발명은 상기한 실시 예에 따른 특허청구범위에 의해 나타난 발명의 사상 및 영역을 벗어나지 않는 범위 내에서 당해 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자의 수준에서 발명을 용이하게 실시하기 위해 다양하게 변경 및 개조, 수정 등이 가능할 수 있음을 누구나 쉽게 알 수 있을 것이다.

부호의 설명

- [0064] 1; 에너지 하베스팅 시스템 100; 지지본체
200; 도르래 210; 일방향 클러치

300; 기어박스

310; 기어박스축

320; 플렉스스플라인

330; 서큘러스플라인

340; 유성기어열

400; 발전부

410; 발전기

420; ESS

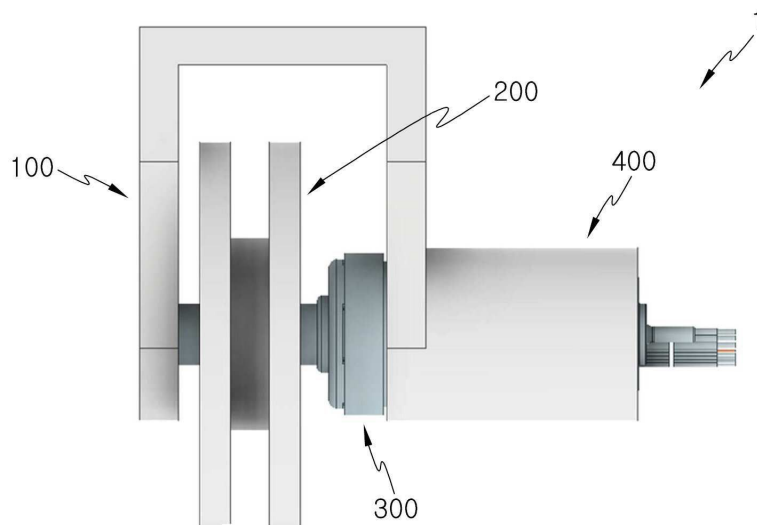
430; 컨버터

440; 배터리

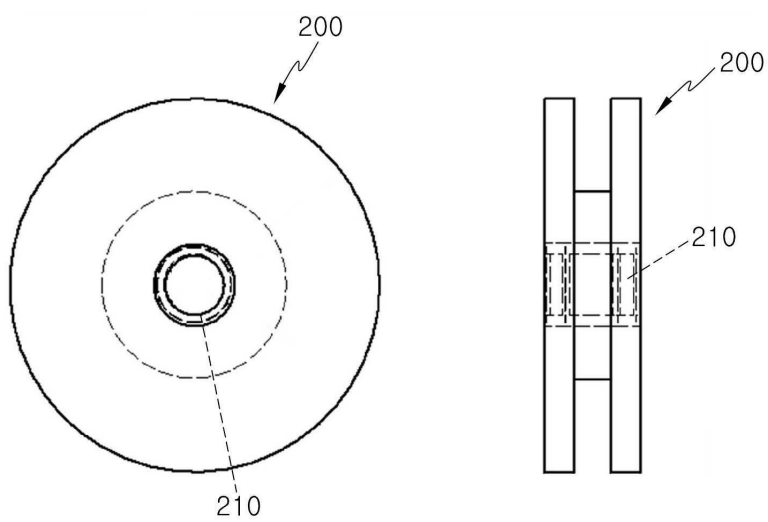
450; 가변저항

도면

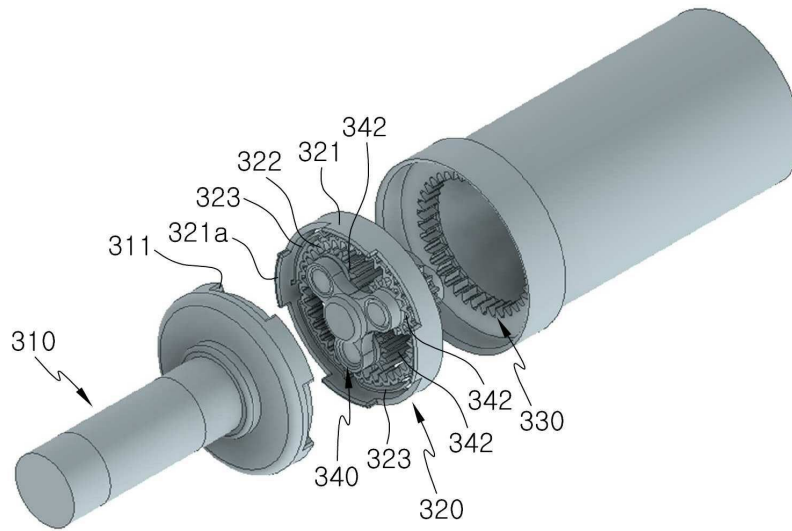
도면1



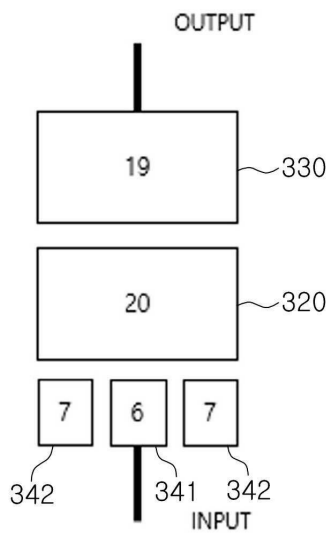
도면2



도면3



도면4



N_C : 서큘러 스플라인의 톱니수

N_f : 플렉스 스플라인의 톱니수

$$\text{감속비 } i_H = \frac{N_f - N_c}{N_f} = \frac{V_0}{V_1}$$

N_s : 태양기어의 톱니수

N_i : 내접기어의 톱니수

$$\text{감속비 } i_p = \frac{N_s}{N_f + N_s} = \frac{V_2}{V_3}$$

$$\therefore \text{최종 감속비} = \frac{1}{4.33} \cdot \frac{1}{20} = \frac{1}{86.7}$$

도면5

