



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년06월16일
(11) 등록번호 10-2123756
(24) 등록일자 2020년06월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01R 31/34 (2006.01) G01R 29/20 (2006.01)
G01R 31/72 (2020.01) G01R 33/12 (2006.01)
H01F 6/06 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G01R 31/346 (2013.01)
G01R 29/20 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0009749

(22) 출원일자 2019년01월25일

심사청구일자 2019년01월25일

(56) 선행기술조사문헌

KR101420732 B1*

KR101447856 B1*

KR1020180057326 A

JP평성09236583 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

창원대학교 산학협력단

경상남도 창원시 의창구 창원대학교 20(퇴촌동)

(72) 발명자

박민원

경상남도 김해시 덕정로12번길 24 (관동동)

유인근

경상남도 창원시 성산구 대암로77번길 12 (대방동)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김중선, 이형석

전체 청구항 수 : 총 8 항

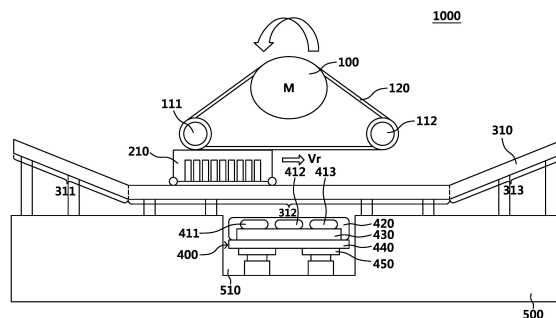
심사관 : 권민정

(54) 발명의 명칭 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치 및 이를 이용한 특성 평가 방법

(57) 요약

본 발명의 일실시예에 따른 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치는 상부에 이송벨트를 구동하는 이송모터모듈; 하부의 거치대; 상기 거치대의 상부면에 구비된 이송부; 상기 이송부에 거치되어 슬라이딩되는 전기자 모듈; 및 상기 거치대의 안착용 홈부에 장착된 피검체 모듈;을 포함한다.

대표도 - 도6



(52) CPC특허분류

G01R 31/72 (2020.01)

G01R 33/1238 (2018.01)

H01F 6/06 (2013.01)

(72) 발명자

성해진

경상남도 창원시 마산회원구 구암북18길 39 (구암동)

김창현

경상남도 창원시 성산구 대암로 64, 6동 501호 (남양동, 상남동성아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 R18XA03

부처명 한국전력공사

연구관리전문기관 한국전력공사

연구사업명 연구용역

연구과제명 10MW급 초전도풍력발전기 기반 부유식 해상풍력발전 플랫폼용 기초기술개발

기 여 율 1/1

주관기관 창원대학교 산학협력단

연구기간 2018.03.01 ~ 2021.02.28

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

하부의 거치대;

상기 거치대의 상부면에 구비되고, 양끝이 U자 형태로 중력을 통한 에너지를 이용하기 위해 소정의 경사각을 가지는 이송부;

상기 이송부에 거치되어 슬라이딩되는 전기자 모듈;

상기 거치대의 안착용 홈부에 장착된 피검체 모듈; 및

상기 이송부와 상기 전기자 모듈만큼 이격되어 상부에 이송벨트를 구동하는 이송모터모듈;

을 포함하는 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 이송부는

상기 거치대로부터 이격되어 U자 형태로 배치되고 상면에 가이드 레일을 구비한 이송 지지부; 및

상기 전기자 모듈의 하부에 장착되고, 상기 가이드 레일과 결합되는 바퀴;

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 이송 지지부는

소정의 경사각을 갖고 상기 전기자 모듈을 초기에 거치하는 제 1 구간;

상기 제 1 구간에 수평으로 연결되고 상기 거치대에 평행한 제 2 구간; 및

상기 제 1 구간에 대칭하고, 제동 경사각(θ)을 가지며 상기 제 2 구간에 경사지게 연결된 제 3 구간;

을 포함하는 것을 특징으로 하는 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 이송벨트는 상기 전기자 모듈의 상부면 요철과 맞물리는 요철 외부면을 갖는 것을 특징으로 하는 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치.

청구항 5

제 3 항에 있어서, 상기 제동 경사각(θ)은 상기 제 1 구간의 경사각보다 큰 각도를 갖는 것을 특징으로 하는 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치.

청구항 6

(A) 전기자 모듈을 이송지지부의 제 1 구간에 경사지게 거치된 대기 상태로 준비하는 단계;

(B) 상기 전기자 모듈을 상기 이송지지부의 제 2 구간을 따라 이송시키며 이송모터모듈에 의해 회동하는 이송벨트에 의해 정격 속도(V_r)로 가속하는 단계;

(C) 상기 전기자 모듈이 상기 제 2 구간의 아래에 구비된 피검체 모듈을 정격 속도(V_r)로 교차함에 따라 피검체 초전도 코일에서 발생된 전자기력 토크를 측정하여 정격출력에 대한 초전도 코일의 특성을 평가하는 단계; 및

(D) 상기 제 1 구간의 경사각보다 큰 각도를 갖는 상기 이송지지부의 제 3 구간에서 상기 전기자 모듈을 자동제동하는 단계;

를 포함하는 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치의 특성 평가 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서, 상기 (B) 단계는 상부에 구비된 두 개의 롤러와 함께 상기 이송모터모듈에 의해 회동하는 상기 이송벨트에 의해 정격 속도(V_r)로 가속되는 것을 특징으로 하는 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치의 특성 평가 방법.

청구항 8

삭제

청구항 9

제 6 항에 있어서, 상기 (C) 단계는 상기 이송지지부의 제 3 구간이 상기 제 1 구간의 경사각보다 큰 각도를 갖는 제동 경사각(θ)에 의해 자동제동하는 것을 특징으로 하는 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치의 특성 평가 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 초전도 코일의 특성 평가 장치 및 이를 이용한 특성 평가 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 장치 규모를 최소화한 U자형 특성 평가 장치 및 이를 이용한 특성 평가 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 초전도 모터는 기존의 회전자에 사용되는 구리선 대신에 전기저항이 제로인 초전도체를 사용하여 대전류 통전 및 고자장 발생이 가능하며, 고정자와 회전자에 사용되는 철심을 제거함으로써 무게, 부피 및 각종 손실을 대폭 줄인 고성능, 고효율의 첨단 모터를 말한다.

[0003] 지금까지 개발된 초전도 모터에 사용되는 초전도 계자코일은 테이프 형상을 하고 있는 초전도 선재가 권선된 레이스트랙형 또는 팬케이크코일 형태로 권선되어 형성되며, 원하는 자장 및 세기를 얻기 위해 상기와 같은 코일 여러 개를 적층하여 한국의 초전도 계자코일을 이루고 2극(pole), 4극, 12극, 24극 또는 그 이상으로 결선된다.

[0004] 현재, 초전도 모터 또는 발전기는 초전도체를 응용한 전력기기 분야 중 대표적이고 활발한 연구 개발이 진행되고 있는 분야이다. 기술이 진보함에 따라 초전도 모터들은 점차적으로 대용량화 되어가고 있으며, 이에 따라 초전도 코일 또한 고자장 및 대전류화 되어가고 있다.

[0005] 도 1은 초전도 코일을 포함한 초전도 회전기를 나타낸 것이다.

[0006] 도 1의 (a)는 전력 기기에 이용되는 초전도 회전기를 전체적으로 도시한 사시도이며, (b)는 초전도 회전기 중 점선부분을 확대하여 나타낸 것이다. 초전도 회전기는 회전축을 중심으로 일정 반경을 가지는 회전자(Rotor body), 회전자의 외측면에 소정 간격으로 배치되는 복수의 초전도 코일(HTS coil), 회전자의 외측면에서 각각의 초전도 코일을 수용하는 크라이오스탯(Cryostat), 회전 몸체와 소정의 거리(air gap)로 이격된 반경을 가지는 고정자(Stator body), 고정자의 내측면에 소정 간격으로 삽입되어 배열되는 복수의 전기자 코일(Armature

Coil), 고정자의 외측면을 둘러싸는 자기차폐층(Magnetic shield)을 포함한다.

- [0007] 도시된 것과 같은 초전도 회전기는 고자장 및 대전류화가 됨으로써 코일에서 발생하는 힘 또는 외부의 힘에 대해서 초전도 코일이 취약하고, 대용량 회전기의 경우 기존의 회전기 설계가 적용되기 어려운 문제가 있다.
- [0008] 또한 일반 상전도 발전기와 비교하여 연구되어진 기간 및 축적된 기술도가 상대적으로 낮아, 연구 개발기간이 더디며, 특히 고가의 초전도체를 이용한 비용적 리스크와 아직 최적화되지 않은 설계 제작 과정 등의 이유로 연구된 초전도 발전기의 제작을 쉽게 하지 못하는 실정이다.
- [0009] 따라서, 대용량 초전도 회전기에 적용하기 전에, 설계단계에서 모터 및 발전기의 설계 결과 및 초전도 코일의 성능을 평가하기 위한 장치의 필요성이 대두되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0010] (특허문헌 0001) 등록특허 제10-1420732호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명은 초전도 회전기의 전체 시스템을 제작하기 전에 설계된 초전도 코일의 성능 평가 장치를 U자형으로 최소화하여 구현하는데 그 목적이 있다.
- [0012] 본 발명의 다른 목적은 초전도 회전기의 전체 시스템을 제작하기 전에 설계된 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치를 이용한 특성 평가 방법을 제공하는 데 있다.
- [0013] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0014] 상술한 과제를 해결하기 위하여, 본 발명의 일실시예에 따른 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치는 상부에 이송벨트를 구동하는 이송모터모듈; 하부의 거치대; 상기 거치대의 상부면에 구비된 이송부; 상기 이송부에 거치되어 슬라이딩되는 전기자 모듈; 및 상기 거치대의 안착용 홈부에 장착된 피검체 모듈;을 포함한다.
- [0015] 본 발명의 일실시예에 따른 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치에서 상기 이송부는 상기 거치대로부터 이격되어 U자 형태로 배치되고 상면에 가이드 레일을 구비한 이송 지지부; 및 상기 전기자 모듈의 하부에 장착되고, 상기 가이드 레일과 결합되는 바퀴;를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 본 발명의 일실시예에 따른 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치에서 상기 이송 지지부는 소정의 경사각을 갖고 상기 전기자 모듈을 초기에 거치하는 제 1 구간; 상기 제 1 구간에 수평으로 연결되고 상기 거치대에 평행한 제 2 구간; 및 상기 제 1 구간에 대칭하고, 제동 경사각(θ)을 가지며 상기 제 2 구간에 경사지게 연결된 제 3 구간;을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0017] 본 발명의 일실시예에 따른 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치에서 상기 이송벨트는 상기 전기자 모듈의 상부면 요철과 맞물리는 요철 외부면을 갖는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 본 발명의 일실시예에 따른 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치에서 상기 제동 경사각(θ)은 상기 제 1 구간의 경사각보다 큰 각도를 갖는 것을 특징으로 한다.
- [0019] 또는, 본 발명의 다른 실시예에 따른 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치의 특성 평가 방법은 (A) 전기자 모듈을 이송지지부의 제 1 구간에 경사지게 거치된 대기 상태로 준비하는 단계; (B) 상기 전기자 모듈을 상기 이송지지부의 제 2 구간을 따라 이송시키며 이송모터모듈에 의해 회동하는 이송벨트에 의해 정격 속도(V_r)로 가속하는 단계; 및 (C) 상기 이송지지부의 제 3 구간에서 상기 전기자 모듈을 자동제동하는 단계;를 포함한다.
- [0020] 본 발명의 다른 실시예에 따른 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치의 특성 평가 방법에서 상기 (B) 단계는 상

부에 구비된 두 개의 풀러와 함께 상기 이송모터모듈에 의해 회동하는 상기 이송벨트에 의해 정격 속도(V_r)로 가속되는 것을 특징으로 한다.

[0021] 본 발명의 다른 실시예에 따른 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치의 특성 평가 방법에서 상기 (B) 단계는 상기 전기자 모듈이 상기 제 2 구간의 아래에 구비된 피검체 모듈을 정격 속도(V_r)로 교차함에 따라 피검체 초전도 코일에서 발생된 전자기력 토크를 측정하는 것을 특징으로 한다.

[0022] 본 발명의 다른 실시예에 따른 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치의 특성 평가 방법에서 상기 (C) 단계는 상기 이송지지부의 제 3 구간이 상기 제 1 구간의 경사각보다 큰 각도를 갖는 제동 경사각(θ)에 의해 자동제동하는 것을 특징으로 한다.

[0024] 본 발명의 특징 및 이점들은 첨부도면에 의거한 다음의 상세한 설명으로 더욱 명백해질 것이다.

[0025] 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이고, 사전적인 의미로 해석되어서는 아니 되며, 발명자가 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합되는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

발명의 효과

[0027] 본 발명의 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치에 따르면, 이송모터 및 체인을 이용하여 전기자를 이송시킴으로써 전기자의 이동구간을 감소시켜 장치 규모를 최소화 할 수 있다.

[0028] 본 발명의 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치에 따르면, 피검체 초전도 코일의 성능 검사, 손상여부 및 파라미터를 파악할 수 있다.

[0029] 본 발명의 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치에 따르면, 전기자 토크 및 발전기 2 Pole에 해당하는 출력 파형을 통해 발전기 설계 결과를 검증할 수 있다.

[0030] 또한, 본 발명의 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치에 따르면 전체 시스템을 만들지 않고도 설계된 초전도 코일 각각에 대한 설계의 검증이 가능하게 되며, 이로 인한 제작 시간 및 개발 비용을 감축할 수 있다.

[0031] 따라서, 본 발명에서는 설계된 초전도 모터 또는 발전기의 전체 시스템을 제작하기 전에, 설계된 모터의 부분 모듈과 실제 초전도 모터가 운전되는 환경을 모의하는 장치를 이용하여, 설계된 초전도 모터의 설계 검증 및 특성 파라미터를 확보할 수 있는 U자형 특성 평가장치를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은 초전도 코일을 포함한 초전도 회전기를 나타낸 것이다.

도 2는 본 발명의 실시예들에 따른 피검체 초전도 코일 및 전기자 모듈 간의 구조를 설명하기 위한 개념도이다.

도 3은 본 발명의 실시예들에 따른 피검체 초전도 코일 및 전기자 모듈 간의 동작을 설명하기 위한 개념도이다.

도 4는 본 발명의 실시예들에 따른 U자형 특성 평가 장치의 피검체 모듈을 구체적으로 도시한 것이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 초전도 코일의 특성 평가 장치의 작동 초기 상태를 도시한 것이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치의 작동 중간 상태를 도시한 것이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치의 전기자 형상 및 모터 벨트를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033] 이하, 도면을 참조하여 본 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용을 실시 예에 기초하여 설명한다. 이들 실시 예는 당업자가 본 발명을 실시할 수 있기에 충분하도록 상세히 설명된다. 본 발명의 다양한 실시 예는 서로 다르지만 상호 배타적일 필요는 없음이 이해되어야 한다. 예를 들어, 여기에 기재되어 있는 특정 형상, 구조 및 특성은 일 실시 예에 관련하여 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 다른 실시 예로 구현될 수 있다. 또한, 각각의 개시된 실시 예 내의 개별 구성요소의 위치 또는 배치는 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 변경될 수 있음이 이해되어야 한다. 따라서, 후술하는 상세한 설명은 한정적인 의미로서 취하려는 것이 아니며, 본 발명의 범위는 적절하게 설명된다면 그 청구항들이 주장하는 것과 균등한 모든 범위와 더불어 첨부된 청

구함에 의해서만 한정된다. 도면에서 유사한 참조부호는 여러 측면에 걸쳐서 동일하거나 유사한 기능을 지칭한다.

- [0034] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있는 것이다. 또한, 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백히 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.
- [0035] 본 명세서에서 초전도 회전기의 초전도 코일이 아닌 테스트용으로 설계가 확보된 초전도 코일은 피검체 초전도 코일이라고 지칭한다.
- [0036] 이하, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있도록 하기 위하여, 본 발명의 바람직한 실시 예들에 관하여 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.
- [0037] 도 2는 본 발명의 실시예들에 따른 피검체 초전도 코일 및 전기자 모듈 간의 구조를 설명하기 위한 개념도이고, 도 3은 본 발명의 실시예들에 따른 피검체 초전도 코일 및 전기자 모듈 간의 동작을 설명하기 위한 개념도이다.
- [0038] 본 발명에서는 도 1에 도시된 것과 같은 초전도 회전기의 전체 시스템을 제작하기 전에, 설계된 초전도 코일의 부분 모듈과 실제 초전도 회전기가 운전되는 환경을 모의하는 U자형 특성 평가 장치를 이용하여, 설계된 초전도 모터의 성능 검증 및 특성 파라미터를 확보할 수 있다.
- [0039] 도 2를 참고하면, 초전도 회전기에 사용되는 초전도 코일을 테스트용으로 설계한 피검체 초전도 코일을 나타낸 것이다.
- [0040] 피검체 초전도 코일(410)은 일 실시예로 설계 결과가 확보된 초전도 회전기의 3 Pole에 해당하는 초전도 코일이다. 피검체 초전도 코일(410)은 일 예로 레이스 트랙 형상으로 구현될 수 있으나 형상이 이에 한정되는 것은 아니고, 초전도 회전기에 수용되는 실제 형상이면 다른 형태로도 구현 가능하다. 피검체 초전도 코일(410)은 3 Pole로 구현하기 위하여 3개의 레이스 트랙 형상 초전도 코일을 포함할 수 있고, 성능 평가 조건에 따라 1 Pole 또는 2 Pole 등으로도 구현 가능하다.
- [0041] 본 발명의 특성 평가 장치는 피검체 초전도 코일(410)의 성능을 확인하기 위해 교차하는 전기자 모듈(210)을 포함할 수 있다. 테스트용 전기자 모듈(210)은 도 1에 도시된 초전도 회전기의 전기자 형태와 유사하다.
- [0042] 전기자 모듈(210)은 고정자(211), 전기자 코일(213) 및 자기차폐층(215)을 포함한다. 전기자 코일(213)은 피검체 초전도 코일과 대면하는 고정자의 일면에 소정의 등간격으로 삽입 배열되며, 자기차폐층(215)은 피검체 초전도 코일과 대면하지 않는 고정자의 타면을 둘러싸도록 형성된다.
- [0043] 도 3에 도시된 바와 같은 3 Pole에 해당하는 초전도 코일은 설계 결과가 확보된 초전도 회전기의 1 Pole에 해당하는 제1 초전도 코일 및 상기 제1 초전도 코일의 양측에 이웃하여 위치하고 설계결과가 확보된 초전도 회전기의 2 Pole에 해당하는 두 개의 제2 초전도 코일을 포함한다.
- [0044] 전기자 모듈(210)은 피검체 초전도 코일(410)로부터 소정거리만큼 이격되어, 피검체 초전도 코일(410)들의 일면과 평행한 방향으로 정격 속도로 교차하며 이동한다. 이때 정격 속도는 실제 초전도 회전기가 운전되는 환경에서의 속도로서 설정된 것이다.
- [0045] 따라서 전기자 모듈(210)이 정격 속도로 피검체 초전도 코일 위로 움직이면, 제1 초전도 코일에서는 제1 방향으로 N극의 전자기력 토크가, 제2 초전도 코일에서는 제2 방향으로 S극의 전자기력 토크가 발생한다.
- [0046] 본 발명의 U자형 성능 평가 장치는 전기자 모듈(210)이 피검체 초전도 코일(410)과 교차하면서 발생하는 전자기력 토크를 감지하여, 피검체 초전도 코일(410)의 손상 유무를 가시적으로 판단할 수 있다.
- [0047] 도 4는 본 발명의 실시예들에 따른 U자형 수평형 특성 평가 장치의 피검체 모듈을 구체적으로 도시한 것이다.
- [0048] 도 4를 참고하면, 피검체 모듈(400)은 피검체 초전도 코일(410), 크라이오스탯(420), 냉각 플레이트(431), 절연 플레이트(432) 및 피검체 지지부(440)를 포함한다.
- [0049] 피검체 초전도 코일(410)은 성능 평가 환경에 따라 적어도 하나 이상의 초전도 코일을 포함할 수 있다. 도 4에 도시된 실시예에서는 3 Pole 성능 평가를 위해 3개의 초전도 코일(411,412,413)을 포함하고, 각 초전도 코일(411,412,413)은 소정 간격으로 이격되어 일 평면상에 배열된다.
- [0050] 냉각 플레이트(431)는 피검체 초전도 코일을 냉각하기 위한 것으로 피검체 초전도 코일(411,412,413) 하단에 배

치된다. 구체적으로 도시하지는 않았으나 냉매가 공급되는 구조가 더 포함될 수 있다.

- [0051] 크라이오스탯(420)은 피검체 초전도 코일(410)을 진공상태로 수용하면서 별도의 냉각 시스템을 이용하여 극저온으로 피검체 초전도 코일을 냉각시킨다.
- [0052] 절연 플레이트(432)는 크라이오스탯(420)과 냉각 플레이트(431) 사이에 위치하여, 외부로부터의 열 전달을 차단한다.
- [0053] 피검체 지지부(440)는 피검체 모듈부(400)를 피검체 안착용 홈부(510)의 하면으로부터 소정의 높이에서 지지한다.
- [0055] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치의 작동 초기 상태를 도시한 것이다. 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치의 작동 중간 상태를 도시한 것이다. 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치의 전기자 형상 및 모터 벨트를 도시한 것이다.
- [0056] 먼저 도 5를 참고하여 본 발명의 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치(1000)의 구조를 설명하면, 상부에 두 개의 롤러(111, 112)와 함께 이송벨트(120)를 구동하는 이송모터모듈(100), 하부의 거치대(500), 거치대(500)의 상부면에 구비된 이송부, 이송부에 거치되어 슬라이딩되는 전기자 모듈(210) 및 거치대(500)의 안착용 홈부(510)에 장착된 피검체 모듈(400)을 포함한다.
- [0057] 구체적으로, 이송모터모듈(100)은 거치대(500)로부터 이격하여 상부에 구비되고, 이송부에 평행하게 배열된 두 개의 롤러(111, 112)와 함께 이송벨트(120)를 회동하도록 동작한다.
- [0058] 이송벨트(120)는 도 7에 도시된 바와 같이 외부면에 다수의 요철을 갖는 벨트 형태로서, 이러한 요철 외부면이 전기자 모듈(210)의 상부면 요철과 맞물려 전기자 모듈(210)을 이송시킬 수 있다.
- [0059] 이러한 두 개의 롤러(111, 112)와 함께 이송벨트(120)를 구동하는 이송모터모듈(100)의 동작에 의해 초전도 회전기의 각속도와 반지름에 기초하여 설정되는 선속도, 즉 정격 속도(V_r)로 전기자 모듈(210)을 이송하도록 이송벨트(120)를 감아 회동한다.
- [0060] 거치대(500)는 이송부 및 피검체 모듈(400)을 거치하기 위한 것으로, 거치대 상판 중간에 피검체 안착용 홈부(510)를 포함한다.
- [0061] 피검체 안착용 홈부(510)는 거치대(500) 상판에 소정의 깊이로 오목하게 형성되는 구조로, 예컨대 거치대 상판 중앙에 형성된다. 이때, 피검체 안착용 홈부(510)는 피검체 모듈(400)을 수용하기 위한 공간으로, 피검체 모듈의 면적보다 넓고 피검체 모듈의 높이보다 깊게 형성될 수 있다.
- [0062] 이송부는 전기자 모듈(210)이 거치대(500) 상에서 안정적으로 이송되도록, 이송지지부(310) 및 바퀴(320)를 포함한다.
- [0063] 이송지지부(310)는 상면에 가이드 레일을 포함하고, 하면은 거치대 상판으로부터 경사각도 또는 높이를 갖고 이격되어 배치될 수 있다. 이때, 이송지지부(310)는 소정의 경사각을 갖고 전기자 모듈(210)을 초기에 거치하는 제 1 구간(311), 제 1 구간(311)에 수평으로 연결되고 거치대(500)에 평행한 제 2 구간(312) 및 제동 경사각(θ)을 갖고 제 2 구간(312)에 경사지게 연결된 제 3 구간(313)을 포함하여 전체적으로 U자 형태로 구비된다.
- [0064] 이러한 이송지지부(310)의 제 2 구간(312)은 피검체 초전도 코일과 전기자 모듈(210) 간에 전자기력 토크가 발생하는 설정 범위 내의 높이로 이격되어 평행하게 배치될 수 있다. 이러한 제 2 구간(312)에서 도 6에 도시된 바와 같이 전기자 모듈(210)이 이송벨트(120)에 의해 가속되어 정격 속도(V_r)로 이송된다.
- [0065] 제 3 구간(313)은 제 1 구간(311)의 경사각보다 큰 각도의 제동 경사각(θ)을 갖고 경사지게 구비되어, 전기자 모듈(210)이 제 2 구간(312)을 거친 후에 제 3 구간(313)에서 중력과 제동 경사각(θ)에 의해 스스로 제동된다.
- [0066] 이때, 제동 경사각(θ)은 전기자 모듈(210)의 초기 속도(V_o), 정격 속도(V_r) 및 제 3 구간(313)의 길이(L)에 따라 설정될 수 있다.
- [0067] 즉, 도 5에 도시된 바와 같이 전기자 모듈(210)이 제 1 구간(311)을 통과하는 초기 속도(V_o)의 운동에너지와 제 2 구간(312)을 통과하는 정격 속도(V_r)의 운동에너지의 합이 제 3 구간(313)에서 전기자 모듈(210)이 제동된 상

태의 위치에너지가 된다.

[0068] 이를 아래의 [수학식 1]로 나타낼 수 있다.

수학식 1

$$\frac{1}{2} m V_o^2 + \frac{1}{2} m V_r^2 = 9.8mH$$

[0069]

(m은 전기자 모듈(210)의 질량, V_o 는 초기 속도, V_r 은 정격 속도, H는 제동된 상태의 높이)

[0070]

[0072] 이때, 정격 속도(V_r)는 이송모터모듈(100)의 모터에 의해 발생한 회전속도이므로 모터의 회전반경(r)과 각속도(w)에 의해 $V_r = rw$ 이고, 전기자 모듈(210)이 제동된 상태의 높이(H)는 제 3 구간(313)의 길이(L)와 제동 경사각(θ)에 의해 $L \sin \theta$ 로 나타낼 수 있으므로, 아래의 [수학식 2]로 변환된다.

수학식 2

$$\frac{1}{2} m V_o^2 + \frac{1}{2} m (rw)^2 = 9.8m(L \sin \theta)$$

[0073]

[0075] 이를 제동 경사각(θ)에 관한 식으로 정리하면, 아래의 [수학식 3]으로 정리할 수 있다.

수학식 3

$$\theta = \sin^{-1} \left(\frac{1}{19.6} \left(\frac{V_o^2}{L} + \frac{r^2 w^2}{L} \right) \right)$$

[0076]

[0078] 따라서, 제 3 구간(313)은 [수학식 3]의 제동 경사각(θ) 이상으로 경사지게 구비되어, 전기자 모듈(210)이 제 3 구간(313)에서 정지되도록 하는 것이 바람직하다.

[0079]

[0079] 바퀴(320)는 전기자 모듈(210)의 하부에 장착되어, 이송지지부(310)의 가이드 레일과 맞물릴 수 있다. 일 실시예로 가이드 레일은 바퀴(320)를 상하로 감싸는 형태로 구현될 수도 있고, 다른 실시예로 전기자 모듈(210)이 이탈하지 않도록 바퀴(320)와 가이드 레일이 각각 톱니 모양으로 서로 맞물리는 형태로 구현될 수도 있다.

[0080]

[0080] 도시하지는 않았으나 다른 실시예로 이송부는 전기자 모듈 지지부를 더 포함할 수 있다. 전기자 모듈 지지부는 전기자 모듈(210)을 바퀴에 고정적으로 지지하기 위한 것으로, 다양한 형태로 구현가능하다. 일 예로 전기자 모듈 양측단을 고정하는 구조일 수도 있고, 다른 예로 전기자 모듈 하면에 위치하여 고정하되 전기자가 위치한 부분은 일정면적 뚫려있는 프레임 형태의 구조일 수도 있다.

[0081]

[0081] 피검체 모듈(400)은 피검체 초전도 코일(411,412,413), 크라이오스탯(420), 냉각 플레이트(430), 절연 플레이트(440) 및 피검체 지지부(450)를 포함한다.

[0082]

[0082] 피검체 초전도 코일(411,412,413)은 도 4에서 설명한 바와 같이 적어도 하나의 초전도 코일을 포함한다. 초전도 코일 사이는 초전도 발전기의 회전자와 동일한 간격으로 배치될 수 있다. 도시된 바와 같은 3 Pole에 해당하는 초전도 코일은 설계 결과가 확보된 초전도 회전기의 1 Pole에 해당하는 제 1 초전도 코일 및 제 1 초전도 코일의 양측에 이웃하여 위치하고 설계결과가 확보된 초전도 회전기의 2 Pole에 해당하는 두 개의 제 2 초전도 코일을 포함한다.

[0083]

[0083] 일 실시예에 따라 제 2 초전도 코일은 제 1 초전도 코일과 동일 평면상에 배치될 수도 있고, 다른 실시예에 따

라 전체 초전도 발전기의 회전자와 동일한 각도의 곡면상에 동일한 간격으로 배치될 수도 있다.

- [0084] 일 실시예에 따를 경우, 제 1 초전도 코일(412) 및 제 2 초전도 코일(411, 413)은 전기자 모듈(210)과 직접적으로 채교하여 각각 동일한 자속을 발생시킨다.
- [0085] 또는, 다른 실시예에 따를 경우 제 1 초전도 코일(412)은 전기자 모듈(210)과 직접적으로 채교하여 자속을 발생시키고, 제 2 초전도 코일(411, 413)은 제 1 초전도 코일(412)에서 발생하는 자장이 설계값과 동일한 크기의 자장을 발생할 수 있도록 자장의 크기를 보완해주는 역할을 수행할 수 있다.
- [0086] 크라이오스탯(420)은 내부에 진공환경을 구성하여 대류 및 복사에 의한 열 전달을 차단하여 냉각 손실을 최소화하기 위해 밀폐된 구조로 구비될 수 있다. 전도냉각의 효율을 최대한 끌어올리기 위하여 진공 용기 내부의 진공도를 10^{-5} torr 이하로 유지하는 것이 바람직하며, MLI(Multi layer insulation)를 이용하여 내부의 대류 및 복사에 의한 열전달을 차단하는 것이 바람직하다.
- [0087] 냉각 플레이트(430)는 피검체 초전도 코일(410)을 냉각시키기 위한 것이다. 이때, 냉각 플레이트(430)는 별도의 냉각 시스템으로부터 저온의 냉매를 공급받아, 내부에 설치된 냉매 배관을 따라 순환시키고 다시 냉각 시스템으로 유입시켜 재충족되게 하며, 다시 냉각 플레이트로 재유입되게 한다.
- [0088] 절연 플레이트(440)는 극저온으로 냉각된 냉각플레이트(430)가 피검체 초전도 코일 외에 크라이오스탯(420)을 냉각시키는 것을 방지하기 위해, 냉각 플레이트(430)와 크라이오스탯(420) 사이에 위치할 수 있다.
- [0089] 피검체 모듈 지지부(450)는 피검체 모듈부를 피검체 안착용 홈부(510)에 안정적으로 지지하기 위한 것으로, 피검체 안착용 홈부(510)의 저면으로부터 소정의 높이에 피검체 모듈(400)이 위치할 수 있도록 하는 지지플레이트 및 지지기둥부 등을 포함한다. 이러한 피검체 모듈 지지부(450)는 피검체 초전도 코일과 전기자 모듈이 설계된 초전도 회전기의 공극만큼 이격되어 있도록 지지한다.
- [0090] 이때, 지지기둥부는 일 실시예에 따라 고정된 높이의 기둥 구조로 구현될 수도 있고, 다른 실시예에 따라 피검체 초전도 코일과 전기자 모듈간 이격 거리 조절을 위해 높이 조절이 가능한 구조로 구현될 수도 있다.
- [0092] 구동 방법
- [0093] 도 5 내지 도 7을 참고하여 본 발명의 실시예에 따른 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치의 구동을 설명하면 다음과 같다.
- [0094] 구동 초기 상태에는 도 5에서처럼 전기자 모듈(210)이 이송지지부(310)의 제 1 구간(311)에 경사지게 거치된 대기 상태로 준비된다. 이때, 전기자 모듈(210)은 제 1 구간(311)의 경사진 형태에 의해 아래로 슬라이딩되어 초기 속도(V_0)로 제 1 구간(311)을 통과한다.
- [0095] 초기 속도(V_0)로 제 1 구간(311)을 통과한 전기자 모듈(210)은 도 6에서처럼 제 2 구간(312)을 슬라이딩하면서 상부에 구비된 두 개의 롤러(111, 112)와 함께 이송모터모듈(100)에 의해 회동하는 이송벨트(120)에 의해 정격 속도(V_r)로 가속되어 이송된다.
- [0096] 이때, 전기자 모듈(210)의 정격 속도(V_r)는 설계된 초전도 회전기의 각속도와 반지름에 기초하여 설정되는 선속도에 해당하고, 이를 위해 이송모터모듈(100)은 설계된 초전도 회전자의 정격 속도(V_r)에 대응하는 소정의 각각속도로 구동되고 이송벨트(120)로 전달하여, 전기자 모듈(210)이 피검체 안착용 홈부(510)의 위를 지나갈 때 정격 속도(V_r)로 이송되도록 한다.
- [0097] 전기자 모듈(210)이 피검체 모듈(400)을 정격 속도(V_r)로 교차하면, 피검체 초전도 코일에서 발생된 전자기력 토크를 측정하여, 피검체 초전도 코일(411, 412, 413)의 성능, 손상여부 및 파라미터를 파악할 수 있다.
- [0098] 이어서, 정격 속도(V_r)로 제 2 구간(312)을 통과한 전기자 모듈(210)은 제 3 구간(313)으로 진입하면서 제동 경사각(θ) 이상으로 경사진 형태에 의해 제 3 구간(313)에서 속도가 줄고 정지되는 제동상태가 될 수 있다.
- [0099] 이에 따라 전기자 모듈(210)을 제동시키기 위한 별도의 장치를 구비할 필요가 없고, 제동시키기 위해 전기자 모듈(210)을 손상시킬 염려도 없다.
- [0100] 그러므로 본 발명의 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치에 따르면, 이송모터 및 이송벨트를 이용하여 전기자를

이송시킴으로써 전기자 모듈(210)의 이동구간을 감소시켜 장치 규모를 최소화 할 수 있다.

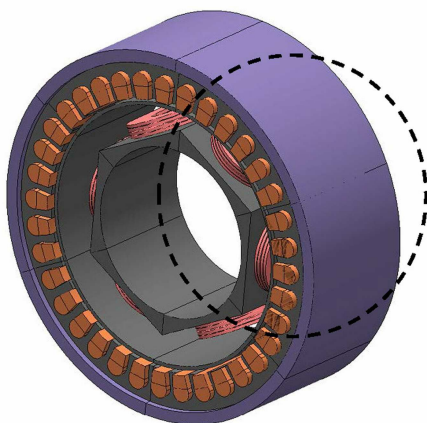
- [0101] 본 발명의 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치에 따르면, 전기자 토크 및 발전기 2 Pole에 해당하는 출력 파형을 통해 발전기 설계 결과를 검증할 수 있다.
- [0102] 또한, 본 발명의 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치에 따르면 전체 시스템을 만들지 않고도 설계된 초전도 코일 각각에 대한 설계의 검증이 가능하게 되며, 이로 인한 제작 시간 및 개발 비용을 감축할 수 있다.
- [0103] 따라서, 본 발명에서는 설계된 초전도 모터 또는 발전기의 전체 시스템을 제작하기 전에, 설계된 모터의 부분 모듈과 실제 초전도 모터가 운전되는 환경을 모의하는 장치를 이용하여, 설계된 초전도 모터의 설계 검증 및 특성 파라미터를 확보할 수 있는 U자형 특성 평가장치를 제공할 수 있다.
- [0105] 본 발명의 기술사상은 상기 바람직한 실시예에 따라 구체적으로 기술되었으나, 전술한 실시예들은 그 설명을 위한 것이며, 그 제한을 위한 것이 아님을 주의하여야 한다.
- [0106] 또한, 본 발명의 기술분야의 통상의 전문가라면 본 발명의 기술사상의 범위 내에서 다양한 실시가 가능함을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

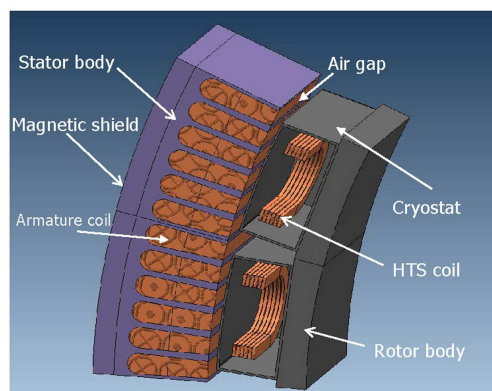
- | | | |
|--------|---------------------------------|---------------|
| [0108] | 1000 : 초전도 코일의 U자형 특성 평가 장치 | 100 : 이송모터 모듈 |
| | 210 : 전기자 모듈 | 310 : 이송지지부 |
| | 320 : 바퀴 | 400 : 피검체 모듈 |
| | 410, 411, 412, 413 : 피검체 초전도 코일 | 420 : 크라이오스탯 |
| | 431 : 냉각 플레이트 | 432 : 절연 플레이트 |
| | 440 : 피검체 모듈 지지 플레이트 | |
| | 450 : 피검체 모듈 지지부 | 500 : 거치대 |
| | 510 : 피검체 모듈 안착용 홈부 | |

도면

도면1

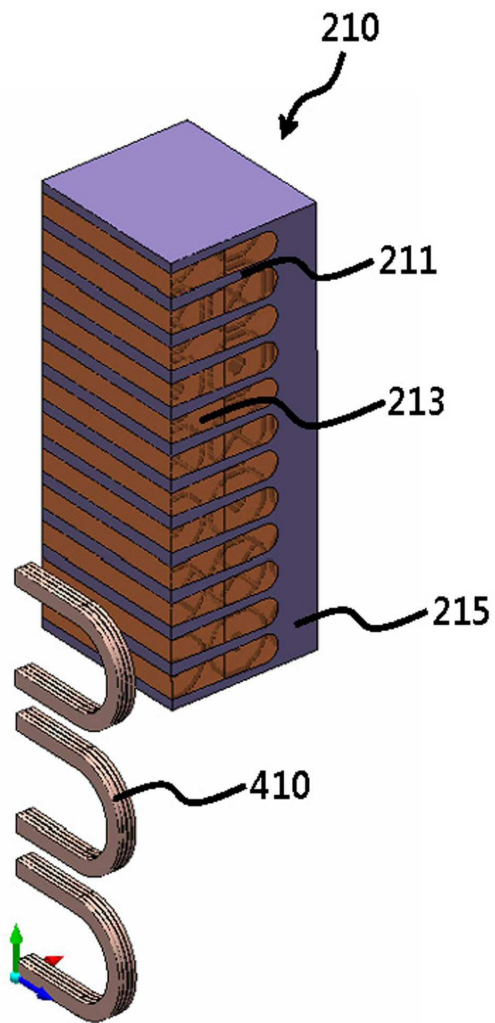


(a)

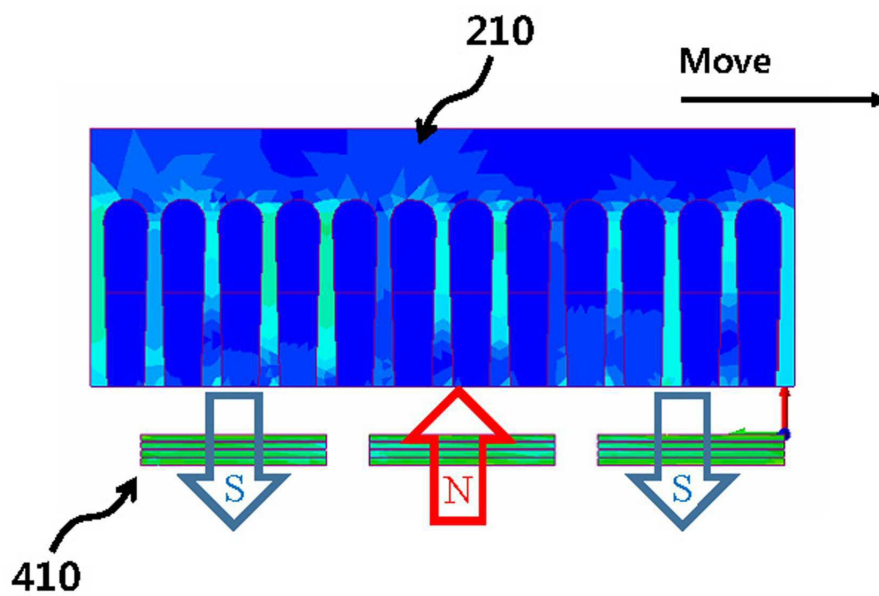


(b)

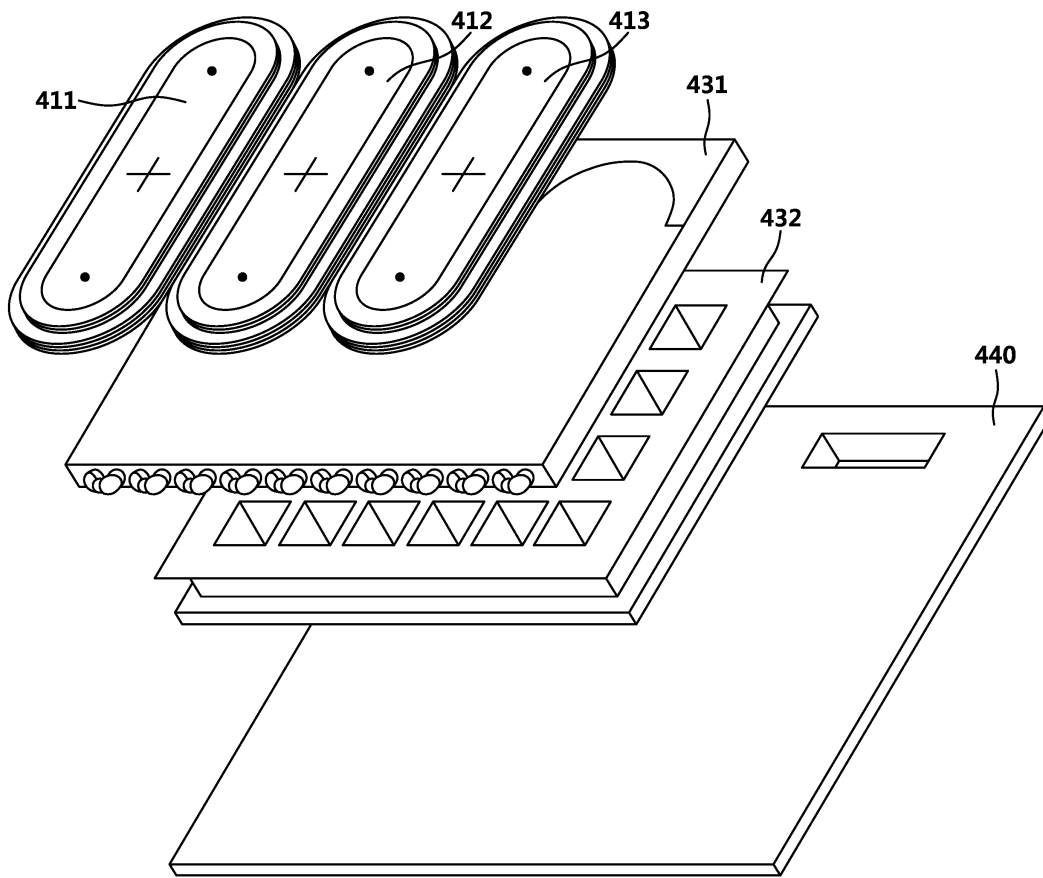
도면2



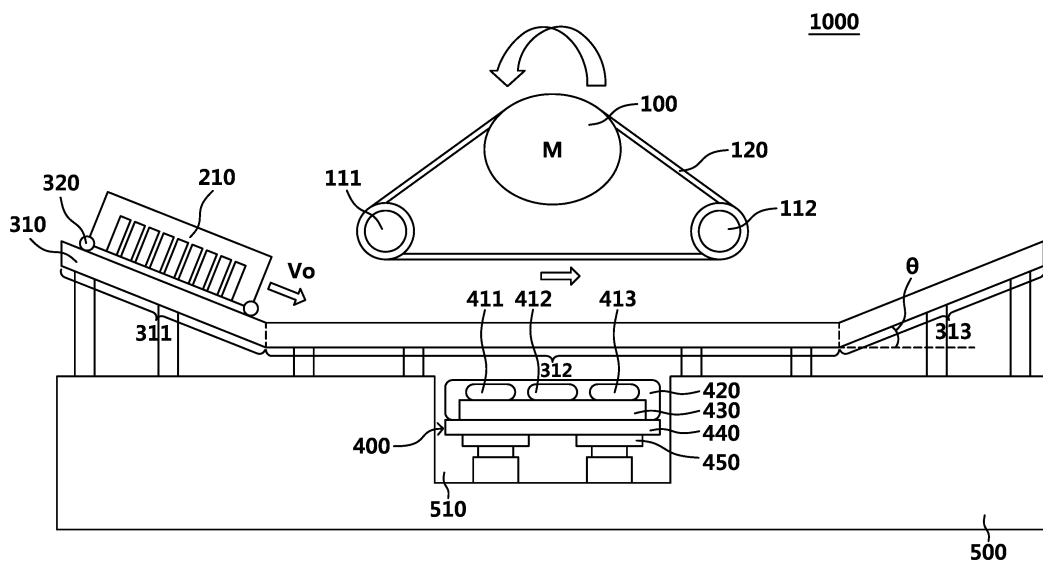
도면3



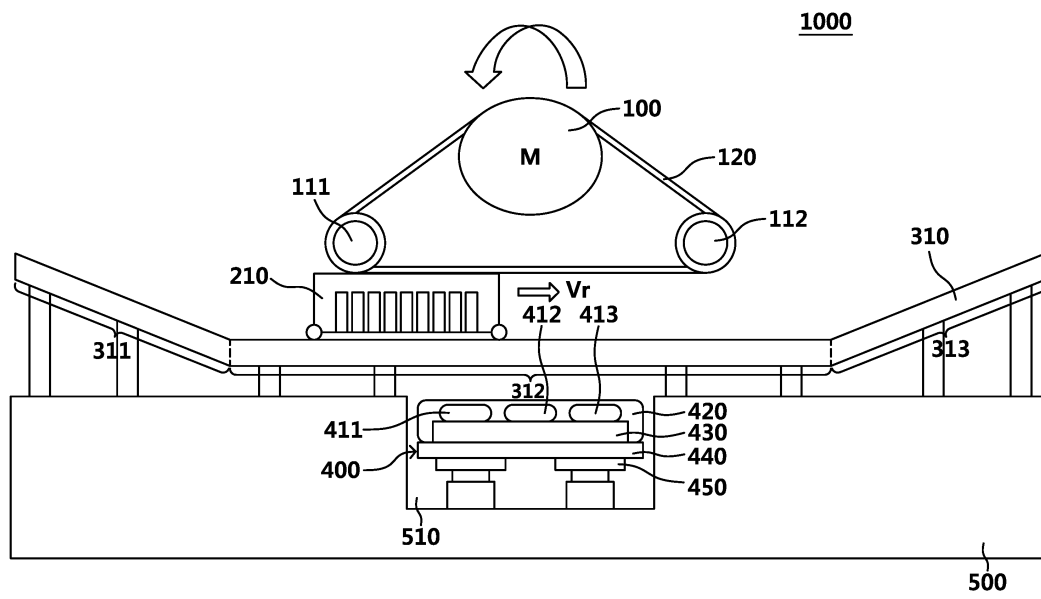
도면4



도면5



도면6



도면7

