



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년11월10일
(11) 등록번호 10-1796864
(24) 등록일자 2017년11월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H02K 55/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H02K 55/00 (2013.01)

Y02E 40/62 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0078673

(22) 출원일자 2016년06월23일

심사청구일자 2016년06월23일

(56) 선행기술조사문헌

KR101497825 B1*

KR1020100044393 A

KR1020120111505 A

KR1020100044396 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

기술이전 회망 : 기술양도

(73) 특허권자

창원대학교 산학협력단

경상남도 창원시 의창구 창원대학교 20(퇴촌동)

(72) 발명자

박민원

경상남도 김해시 덕정로12번길 24 (관동동)

유인근

경상남도 창원시 성산구 대암로 95-17 (대방동)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김종선, 이형석

전체 청구항 수 : 총 6 항

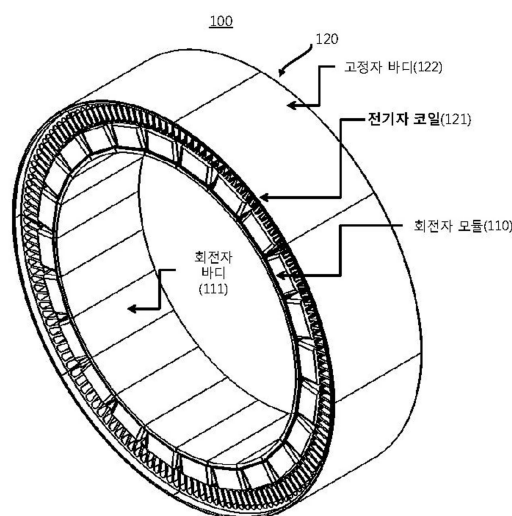
심사관 : 임영훈

(54) 발명의 명칭 계자코일의 모듈화를 이용한 모듈화된 초전도 발전 장치

(57) 요약

본 발명은 계자코일의 모듈화를 이용한 모듈화된 초전도 발전 장치에 관한 것으로서, 본 발명의 실시 예에 따른 초전도 발전 장치는, 권선된 초전도 계자코일이 서로 다른 초전도 계자코일로 모듈화되고, 상기 모듈화된 초전도 계자코일이 구조적으로 분리되는 복수의 회전자 모듈; 각 회전자 모듈이 내부에 개별적으로 수납되는 복수의 냉각 용기와, 각 냉각 용기의 내부에 수납된 각각의 회전자 모듈을 개별적으로 냉각시키는 냉동기로 이루어진 복수의 모듈 냉동부; 복수의 회전자 모듈이 각각 포함된 복수의 모듈 냉동부가 모듈별로 서로 구분되어 설치되고, 상기 복수의 모듈 냉동부를 회전시키는 회전자 바디; 상기 복수의 모듈 냉동부를 둘러싸도록 인접되는 전기자코일과, 상기 전기자코일이 감싸지도록 설치되는 고정자 바디로 이루어지는 고정자 모듈; 및 각 회전자 모듈의 초전도 계자코일에 각각 연결되어 전류를 개별적으로 공급하는 모듈 전원부를 포함한다.

대표도 - 도1a



(52) CPC특허분류

Y10S 505/878 (2013.01)

Y10S 505/899 (2013.01)

(72) 발명자

고병수

경상남도 창원시 마산회원구 석전동6길 9 (석전동)

성해진

경상남도 창원시 마산회원구 구암북18길 39 (구암동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415137303

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국에너지기술평가원

연구사업명 신재생에너지융합핵심기술개발(전력)

연구과제명 12MW급 부유식 해상풍력발전시스템 상용화를 위한 핵심기술개발

기 여 율 1/1

주관기관 울산대학교 산학협력단

연구기간 2016.02.01 ~ 2017.01.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

권선된 초전도 계자코일이 서로 다른 초전도 계자코일로 모듈화되고, 상기 모듈화된 초전도 계자코일이 구조적으로 분리되는 복수의 회전자 모듈;

각 회전자 모듈이 내부에 개별적으로 수납되는 복수의 냉각 용기와, 각 냉각 용기의 내부에 수납된 각각의 회전자 모듈을 개별적으로 냉각시키는 복수의 냉동기로 이루어진 복수의 모듈 냉동부;

복수의 회전자 모듈이 각각 포함된 복수의 모듈 냉동부가 모듈별로 서로 구분되어 설치되고, 상기 복수의 모듈 냉동부를 회전시키는 회전자 바디;

상기 복수의 모듈 냉동부를 둘러싸도록 인접되는 전기자코일과, 상기 전기자코일이 감싸지도록 설치되는 고정자 바디로 이루어지는 고정자 모듈; 및

각 회전자 모듈의 초전도 계자코일에 각각 연결되어 전류를 개별적으로 공급하는 모듈 전원부를 포함하고,

각 회전자 모듈에 냉각 용기 및 냉동기가 각각 설치되고, 상기 각각 설치된 냉동기는 모듈화된 회전자 모듈을 개별적으로 냉각시키고,

상기 모듈 전원부는 회전자계를 이용한 유도 전류를 발생시키는 플럭스 펌프 및 펌프 구동부를 상기 회전자 모듈마다 더 포함하고,

상기 펌프 구동부는 상기 고정자 모듈의 하단부와 내접하고 상기 플럭스 펌프와 맞물려 접하고, 상기 복수의 회전자 모듈이 회전 구동될 때 발생한 회전력을 이용하여 상기 플럭스 펌프를 회전시키고,

상기 플럭스 펌프는 고정자 모듈의 원형 하단부에 위치하고 회전자 모듈에 부착되고, 복수의 회전자 모듈이 회전 구동될 때 발생한 회전력에 따라 회전하고, 상기 플럭스 펌프의 회전에 따라 발생된 유도 전류를 회전자 모듈에 개별적으로 공급시키는 초전도 발전 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 복수의 모듈 냉동부는,

크라이오스탯으로 이루어진 냉각 용기의 내부를 진공 상태로 만들고 각각의 냉각 용기를 개별적으로 냉각시키는 초전도 발전 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 냉동기는,

상기 냉각 용기의 전면, 후면 또는 저면에 부착되는 초전도 발전 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 모듈 전원부는,

각 회전자 모듈의 초전도 계자코일에 각각 연결되어 전류를 개별적으로 공급하되, 모듈화된 초전도 계자코일마다 순차적으로 전류를 공급하는 초전도 발전 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 회전자 모듈은

상기 냉각 용기의 내부에서 초전도 계자코일의 상단부 또는 하단부를 지지하는 코일 지지부

를 더 포함하는 초전도 발전 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 회전자 모듈은

초전도 발전이 수행되는 상태에서 상기 모듈화된 초전도 계자코일 중에서 고장이 발생한 초전도 계자코일이 교체 가능하거나 고장 부위의 수리가 가능한 초전도 발전 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 계자코일의 모듈화를 이용한 모듈화된 초전도 발전 장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 권선된 초전도 계자코일이 서로 다른 초전도 계자코일로 모듈화되고, 그 모듈화된 초전도 계자코일이 구조적으로 분리되는 복수의 회전자 모듈에 대해서 모듈 냉동부 및 모듈 전원부를 각각 적용하여 개별 운전을 가능하게 함으로써, 초전도 발전 장치의 제작 전에 코일의 성능을 평가할 수 있고, 코일에서 문제가 발생할 때 모듈별로 용이하게 수리하거나 교체할 수 있는, 계자코일의 모듈화를 이용한 모듈화된 초전도 발전 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 극저온에서 전기적 저항이 없는 초전도체는, 종래의 상전도체(예컨대, 구리)와 비교하여 고 자장, 저 손실 그리고 소형화라는 이점을 가지고 다양한 분야에 응용이 시도되고 있다. 이러한 장점을 가진 초전도체는 전력기기 분야에 대한 응용에서도 지속적으로 연구되고 있다. 특히, 초전도체는 발전기나 모터, 케이블, DC 리액터, 한류기 등 많은 분야에 적용되고 있다.

[0003] 초전도 기술이 진보함에 따라 초전도 응용기기들은 점차 대용량화되고 있다. 이에 따라, 초전도 코일도 고자장 및 대전류화되고 있다.

[0004] 그러나 초전도 코일이 고자장 및 대전류화가 됨으로써, 코일에서 발생하는 힘 또는 외부의 힘에 대해서 취약하다는 단점을 가지고 있다. 그러므로 초전도 코일을 응용기기에 적용하기에 앞서 제작된 코일을 테스트할 수 있고, 초전도 코일이 응용기기에 적용된 후에도 운전 및 유지보수가 용이하게 할 수 있는, 초전도 응용기기의 신뢰성을 높일 수 있는 방법이 필요해지고 있다.

[0005] 이러한 초전도 코일의 안정성 및 신뢰성을 향상시키기 위하여, 초전도 코일을 모듈화할 필요성이 있다. 초전도 코일이 모듈화되는 경우, 각 코일에 전류를 공급하고 극저온 상태로 냉각시켜야 한다. 따라서 전원공급 장치 및 냉각 시스템을 효율적으로 모듈화된 초전도 코일에 적용할 방법이 필요한 상황이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 공개특허공보 제10-2010-0069082호(2010.06.24.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 실시 예들은 권선된 초전도 계자코일이 서로 다른 초전도 계자코일로 모듈화되고, 그 모듈화된 초전도 계자코일이 구조적으로 분리되는 복수의 회전자 모듈에 대해서 모듈 냉동부 및 모듈 전원부를 각각 적용하여 개별 운전을 가능하게 함으로써, 초전도 발전 시스템의 제작 전에 초전도 코일의 성능을 평가할 수 있고, 초전

도 코일에서 문제가 발생할 때 모듈별로 용이하게 수리하거나 교체할 수 있는, 계자코일의 모듈화를 이용한 모듈화된 초전도 발전 장치를 제공하고자 한다.

[0008] 이를 통해, 본 발명의 실시 예들은 초전도 발전 시스템의 제작에 앞서 초전도 코일을 테스트할 수 있고, 초전도 코일의 유지보수 및 교체가 용이하게 함으로써, 초전도 코일을 필요로 하는 초전도 기기의 신뢰도를 증가시킬 수 있는, 계자코일의 모듈화를 이용한 모듈화된 초전도 발전 장치를 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 제1 측면에 따르면, 권선된 초전도 계자코일이 서로 다른 초전도 계자코일로 모듈화되고, 상기 모듈화된 초전도 계자코일이 구조적으로 분리되는 복수의 회전자 모듈; 각 회전자 모듈이 내부에 개별적으로 수납되는 복수의 냉각 용기와, 각 냉각 용기의 내부에 수납된 각각의 회전자 모듈을 개별적으로 냉각시키는 냉동기로 이루어진 복수의 모듈 냉동부; 복수의 회전자 모듈이 각각 포함된 복수의 모듈 냉동부가 모듈별로 서로 구분되어 설치되고, 상기 복수의 모듈 냉동부를 회전시키는 회전자 바다; 상기 복수의 모듈 냉동부를 둘러싸도록 인접되는 전기자코일과, 상기 전기자코일이 감싸지도록 설치되는 고정자 바다로 이루어지는 고정자 모듈; 및 각 회전자 모듈의 초전도 계자코일에 각각 연결되어 전류를 개별적으로 공급하는 모듈 전원부를 포함하는 모듈화된 초전도 발전 장치가 제공될 수 있다.

[0010] 상기 복수의 모듈 냉동부는, 크라이오스탯으로 이루어진 냉각 용기의 내부를 진공 상태로 만들고 각각의 냉각 용기를 개별적으로 냉각시킬 수 있다.

[0011] 상기 냉동기는, 상기 냉각 용기의 전면, 후면 또는 저면에 부착될 수 있다.

[0012] 상기 모듈 전원부는, 각 회전자 모듈의 초전도 계자코일에 각각 연결되어 전류를 개별적으로 공급하되, 모듈화된 초전도 계자코일마다 순차적으로 전류를 공급할 수 있다.

[0013] 상기 회전자 모듈은 상기 냉각 용기의 내부에서 초전도 계자코일의 상단부 또는 하단부를 지지하는 코일 지지부를 더 포함할 수 있다.

[0014] 상기 회전자 모듈은 초전도 발전이 수행되는 상태에서 상기 모듈화된 초전도 계자코일 중에서 고장이 발생한 초전도 계자코일이 교체 가능하거나 고장 부위의 수리가 가능할 수 있다.

발명의 효과

[0015] 본 발명의 실시 예들은 권선된 초전도 계자코일이 서로 다른 초전도 계자코일로 모듈화되고, 그 모듈화된 초전도 계자코일이 구조적으로 분리되는 복수의 회전자 모듈에 대해서 모듈 냉동부 및 모듈 전원부를 각각 적용하여 개별 운전을 가능하게 함으로써, 초전도 발전 시스템의 제작 전에 초전도 코일의 성능을 평가할 수 있고, 초전도 코일에서 문제가 발생할 때 모듈별로 용이하게 수리하거나 교체할 수 있다.

[0016] 본 발명의 실시 예들은 초전도 계자코일의 모듈화를 통해 초전도 계자코일의 인덕턴스를 감소시킴으로써, 시정수를 감소시키고 전류의 유도 속도를 증가시킬 수 있다.

[0017] 본 발명의 실시 예들은 초전도 계자코일을 모듈화하여 일반적인 냉각 용기에 비해 작은 냉각 용기에 수납함으로써, 초전도 계자코일이 수납되는 크라이오스탯의 내부를 용이하게 진공상태로 만들 수 있다.

[0018] 본 발명의 실시 예들은 모듈화된 초전도 계자코일에 각각 냉각시킴으로써, 냉각 속도 및 전체 시스템의 안정성을 향상시킬 수 있다.

[0019] 본 발명의 실시 예들은 초전도 코일을 모듈화함으로써, 초전도 응용기기를 용이하게 제작할 수 있다.

[0020] 본 발명의 실시 예들은 초전도 응용기기를 제작하기 전에 초전도 계자코일의 성능을 미리 테스트할 수 있다.

[0021] 본 발명의 실시 예들은 모듈화된 초전도 계자코일들을 개별적으로 운전함으로써, 어느 하나의 초전도 계자코일에 문제가 발생해도 다른 초전도 계자코일에 영향을 주지 않을 수 있다.

[0022] 본 발명의 실시 예들은 초전도 계자코일에 사고가 발생하면, 사고가 발생한 초전도 계자코일의 수리 및 교체가 용이할 수 있다.

[0023] 본 발명의 실시 예들은 초전도 시스템의 제작에 앞서 모듈화된 초전도 계자코일을 각각 테스트하고, 모듈화된 초전도 계자코일을 용이하게 유지보수하고 교체함으로써, 초전도 계자코일이 필요한 초전도 기기의 신뢰도를 증

가시킬 수 있다.

[0024] 본 발명의 실시 예들은 고장으로 인해 제거된 초전도 계자코일에 대해 재냉각 및 전원공급을 통해 문제점을 확인 후, 고장 부위 수리 또는 초전도 계자코일의 교체 후 다시 재 사용함으로써, 유지 보수 비용을 절감할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1a 및 도 1b는 본 명세서의 실시 예에 따른 계자코일의 모듈화를 이용한 모듈화된 초전도 발전 장치 및 모듈화된 복수의 회전자 모듈에 대한 사시도이다.

도 2a 내지 도 2c는 본 발명의 실시 예에 따른 초전도 발전 장치에서의 모듈화된 회전자 모듈에 대한 내부 구성도이다.

도 3a 내지 도 3c는 본 발명의 실시 예에 따른 초전도 발전 장치에서의 복수의 회전자 모듈, 모듈 전원부 및 모듈 냉동부에 대한 구조도이다.

도 4a 내지 도 4d는 본 발명의 실시 예에 따른 초전도 발전 장치에서 정상 동작 및 모듈 코일의 사고 상태 시의 출력 특성을 분석한 결과도이다.

도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 초전도 발전 장치에서 사고 시점 이전 및 이후의 출력 특성을 분석한 결과도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 설명한다. 본 발명에 따른 동작 및 작용을 이해하는 데 필요한 부분을 중심으로 상세히 설명한다. 본 발명의 실시 예를 설명하면서, 본 발명이 속하는 기술 분야에 익히 알려졌고 본 발명과 직접적으로 관련이 없는 기술 내용에 대해서는 설명을 생략한다. 이는 불필요한 설명을 생략함으로써 본 발명의 요지를 흐리지 않고 더욱 명확히 전달하기 위함이다.

[0027] 또한, 본 발명의 구성 요소를 설명하는 데 있어서, 동일한 명칭의 구성 요소에 대하여 도면에 따라 다른 참조부호를 부여할 수도 있으며, 서로 다른 도면임에도 동일한 참조부호를 부여할 수도 있다. 그러나 이와 같은 경우라 하더라도 해당 구성 요소가 실시 예에 따라 서로 다른 기능을 갖는다는 것을 의미하거나, 서로 다른 실시 예에서 동일한 기능을 갖는다는 것을 의미하는 것은 아니며, 각각의 구성 요소의 기능은 해당 실시 예에서의 각각의 구성 요소에 대한 설명에 기초하여 판단하여야 할 것이다.

[0028] 도 1a 및 도 1b는 본 명세서의 실시 예에 따른 계자코일의 모듈화를 이용한 모듈화된 초전도 발전 장치 및 모듈화된 복수의 회전자 모듈에 대한 사시도이다.

[0029] 도 2a 내지 도 2c는 본 발명의 실시 예에 따른 초전도 발전 장치에서의 모듈화된 회전자 모듈에 대한 내부 구성도이다.

[0030] 도 1a 및 도 1b와 도 2a 내지 도 2c에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시 예에 따른 계자코일의 모듈화를 이용한 모듈화된 초전도 발전 장치(100)는 복수의 회전자 모듈(110), 고정자 모듈(120), 회전자 바디(111) 및 모듈 전원부(130) 및 모듈 냉동부(140)를 포함한다. 여기서, 모듈화된 초전도 발전부는 복수의 회전자 모듈(110) 및 회전자 바디(111)를 포함하는 것으로 지칭하기로 한다.

[0031] 이하, 도 1a 및 도 1b와 도 2a 내지 도 2c의 본 발명의 일 실시 예에 따른 계자코일의 모듈화를 이용한 모듈화된 초전도 발전 장치(100)의 각 구성요소들의 구체적인 구성 및 동작을 설명한다.

[0032] 초전도 발전 장치(100)는 고정자 모듈(120) 및 모듈화된 복수의 회전자 모듈(110)을 포함하고, 복수의 회전자 모듈(110)을 회전시켜 초전도 발전을 수행한다.

[0033] 복수의 회전자 모듈(110)에서는 권선된 초전도 계자코일(112)이 서로 다른 초전도 계자코일로 모듈화되어 있다. 그 모듈화된 초전도 계자코일(112)이 구조적으로 분리되어 있다.

[0034] 복수의 모듈 냉동부(140)는 각 회전자 모듈이 내부에 개별적으로 수납되는 복수의 냉각 용기(142)와, 각 냉각 용기의 내부에 수납된 각각의 회전자 모듈을 개별적으로 냉각시키는 냉동기(141)로 이루어진다.

[0035] 회전자는 회전자 계자코일을 각각 구비하는 복수의 회전자 모듈(110) 및 복수의 회전자 모듈(110)의 하단부를

둘러싸는 회전자 바디(111)를 포함하는 것으로 지칭할 수 있다.

- [0036] 회전자 바디(111)에는 복수의 회전자 모듈(110)이 각각 포함된 복수의 모듈 냉동부(140)가 모듈별로 서로 구분되어 설치되어 있다. 회전자 바디(111)는 복수의 회전자 모듈(110)이 각각 포함된 복수의 모듈 냉동부(140)를 회전시킨다.
- [0037] 회전자 바디(111)는 복수의 회전자 모듈(110)을 지지하고, 회전한다. 복수의 회전자 모듈(110)은 각 회전자 모듈(110)이 원형으로 서로 인접한다. 외측에 고정자 모듈(120)이 위치하고, 고정자 모듈(120)의 하단부에 서로 인접된 복수의 회전자 모듈(110)이 위치한다.
- [0038] 여기서, 고정자 모듈(120)은 전기자 코일(121) 및 전기자 코일(121)의 외측을 둘러싸는 고정자 바디(122)를 포함한다.
- [0039] 한편, 도 1a에 도시된 바와 같이, 초전도 발전 장치(100)에 대한 전면 형상을 살펴보면, 복수의 회전자 모듈(110)은 고정자 모듈(120)의 하단부에 인접해 있다.
- [0040] 또한, 복수의 회전자 모듈(110)에 부착된 모듈 전원부(130)도 고정자 바디(122)의 하단부에 인접해 있다. 따라서, 복수의 회전자 모듈(110)이 회전하면, 고정자 바디(122)의 하단부에 인접된 모듈 전원부(130)의 펌프 구동부(132)가 회전하게 된다.
- [0041] 초전도 발전 장치(100)에 대한 후면 형상을 살펴보면, 고정자 모듈(120)의 외부 하우징에 해당하는 고정자 바디(122)는 내부에 전기자 코일(121)을 포함하고 있다. 고정자 바디(122)는 외부에 전기차폐층이 형성될 수 있다.
- [0042] 한편, 도 2a 내지 도 2c에 도시된 바와 같이, 모듈화된 초전도 계자코일(112)은 극저온으로 냉각되어야 하고, 전류가 공급되어야 한다. 이를 위해, 본 발명의 실시 예에 따른 초전도 발전 장치(100)는 모듈화된 초전도 발전부의 각 초전도 계자코일(112)에 모듈 전원부(130)를 개별적으로 적용하고, 각 초전도 계자코일(112)을 개별적으로 냉각시킨다.
- [0043] 이를 위해, 도 2a 내지 도 2c에 도시된 바와 같이, 모듈화된 초전도 발전부는 모듈 전원부(130) 및 모듈 냉동부(140)와 각각 연결되어 있다.
- [0044] 초전도 발전부는 전기자 코일(121)을 구비한 고정자 모듈(120)과 인접하고, 모듈화된 초전도 계자코일(112)을 각각 구비하고 그 고정자 모듈(120)과 인접하는 복수의 회전자 모듈(110)로 이루어진다.
- [0045] 초전도 계자코일(112)의 모듈화와 관련하여, 본 발명의 실시 예에 따른 초전도 계자코일(112)의 모듈화는 초전도 계자코일(112)에 개별적인 전원 공급 동작 및 냉각 동작을 가능하게 한다.
- [0046] 초전도 계자코일(112)은 사용자가 제작하고자 하는 코일만큼 모듈화되어 권선된다. 그 권선된 각 초전도 계자코일(112)들은 극저온 냉각을 위한 진공 용기인 냉각 용기(예컨대, 크라이오스탯)(142)에 수납되고, 극저온으로 냉각된다.
- [0047] 그리고 초전도 발전 장치(100)는 초전도 계자코일(112)에 전류를 공급하기 위하여, 각 초전도 계자코일(112)에 모듈 전원부(130)를 연결함으로써, 모듈화된 초전도 계자코일(112)을 개별적으로 운전할 수 있게 한다. 초전도 발전 장치(100)는 초전도 계자코일(112)을 모듈화함으로써 전체 초전도 발전 시스템의 제작 이전에 각 코일의 성능 테스트를 수행하여 사전에 일어날 문제점을 해결할 수 있게 된다. 또한, 초전도 발전 장치(100)는 초전도 응용기기의 운전 시 초전도 계자코일(112)에서 문제가 발생할 경우, 각 초전도 계자코일(112)이 개별적으로 동작하기 때문에 전체 시스템에 끼치는 영향을 줄일 수 있다. 초전도 발전 장치(100)는 문제가 발생한 초전도 계자코일(112)이 구비된 특정 회전자 모듈(110)만을 쉽게 유지 보수하거나 교체할 수 있기 때문에 초전도 응용기기의 신뢰성을 향상시킬 수 있다.
- [0048] 모듈 전원부(130)는 회전자 모듈(110)에 개별적으로 전원을 공급한다. 모듈 전원부(130)는 회전자계를 이용한 유도 전류를 발생시키는 플럭스 펌프(131)를 회전자 모듈(110)마다 구비한다. 모듈 전원부(130)는 플럭스 펌프(131)의 회전에 따라 발생된 유도 전류를 회전자 모듈(110)에 개별적으로 공급시킨다.
- [0049] 여기서, 플럭스 펌프(131)를 포함하는 모듈 전원부(130)를 일례로 설명하지만 플럭스 펌프(131)를 포함하는 구성으로만 한정되지 않고, 회전자 모듈(110)에 개별적으로 전원을 공급할 수 있는 구성으로 이루어진다.
- [0050] 여기서, 플럭스 펌프(131)는 고정자 모듈(120)의 원형 하단부에 위치하고 회전자 모듈(110)에 부착되어 있다. 플럭스 펌프(131)는 복수의 회전자 모듈(110)이 회전 구동될 때 발생한 회전력에 따라 회전한다.

- [0051] 플럭스 펌프(131)의 회전 구동에 대한 예시로서, 모듈 전원부(130)는 플럭스 펌프(131)와 플럭스 펌프(131)를 회전시키는 펌프 구동부(132)를 더 포함할 수 있다.
- [0052] 펌프 구동부(132)는 고정자 모듈(120)의 하단부와 내접하고 플럭스 펌프(131)와 맞물려 접하고 있다. 펌프 구동부(132)는 복수의 회전자 모듈(110)이 회전 구동될 때 발생한 회전력을 이용하여 플럭스 펌프(131)를 회전시킨다.
- [0053] 한편, 도 2a 내지 도 2c에 도시된 바와 같이, 모듈 냉동부(140)는 냉각 용기(142)의 전면, 후면 또는 저면에 부착될 수 있다.
- [0054] 모듈 냉동부(140)는 냉각 용기(142) 및 냉동기(141)를 포함한다. 여기서, 모듈 냉동부(140)는 초전도 계자코일(112)을 극저온으로 유지하는 크라이오스탯(cryostat)으로 구현될 수 있다.
- [0055] 여기서, 냉각 용기(142)는 회전자 모듈(110)을 내부에 수납하는 단열 용기이다. 그리고 냉각 용기(142)는 밀폐된 용기로서, 내부에 회전자 모듈(110)이 수납된 채로 진공 상태를 유지할 수 있다.
- [0056] 모듈 냉동부(140)는 구비된 진공펌프를 이용하여 냉각시키기 전 냉각 용기(142)의 내부를 진공 상태로 만든다. 그리고 냉동기(141)는 냉매를 이용하여 극저온 상태로 냉각시키되, 모듈화된 회전자 모듈(110)을 개별적으로 냉각시킬 수 있다.
- [0057] 각 초전도 계자코일(112)의 모듈화를 통해 냉각 용기(142)의 내부 공간이 축소됨으로써, 모듈 냉동부(140)는 냉각 용기(142)의 내부를 진공상태로 용이하게 만들 수 있다. 또한, 각 회전자 모듈(110)에 냉각 용기(142) 및 냉동기(141)가 각각 설치됨으로써, 모듈 냉동부(140)는 냉각 속도를 향상시킬 수 있다. 이를 통해, 모듈 냉동부(140)는 초전도 계자코일(112)들의 개별적인 냉각 운전을 통해 전체 초전도 발전 장치(100)의 안정성을 향상시킬 수 있다.
- [0058] 또한, 모듈 냉동부(140)는 모듈화된 회전자 계자코일이 제작되고, 초전도 응용기기(도면에 미도시)에 설치되기 전, 냉각 용기(142)의 내부를 미리 진공 상태로 만들어 놓을 수 있다. 그러면, 진공 상태의 회전자 모듈(110)을 사용자가 설치하고자 하는 초전도 응용기기에 설치하면, 본 발명의 실시 예에 따른 회전자 모듈(110)은 진공 상태의 회전자 모듈(110)이 바로 동작할 수 있는 장점이 있다.
- [0059] 냉동기(141)의 용량을 살펴보면, 초전도 계자코일(112)과 구조적으로 분리된 플럭스 펌프(131)를 초전도 발전 장치(100)에 적용됨으로써, 전도 및 전류리드로 인한 발열량이 제거된다. 따라서 모듈 냉동부(140)의 냉동기(141)는 종래의 냉동기에 비해 상대적으로 작은 용량의 냉동기가 이용될 수 있다.
- [0060] 회전자 모듈(110)은 냉각 용기(142)의 내부에서 초전도 계자코일(112)의 상단부 및 하단부를 지지하는 코일 지지부(도면 미도시)를 더 포함할 수 있다.
- [0061] 도 3a 내지 도 3c는 본 발명의 실시 예에 따른 초전도 발전 장치에서의 복수의 회전자 모듈 및 모듈 냉동부에 대한 구조도이다.
- [0062] 도 3a 내지 도 3c에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시 예에 따른 회전자 모듈(110)이 복수 개로 각각 모듈화되어 있으며, 서로 인접하여 연결되어 있다.
- [0063] 회전자 바디(111)는 상부에 위치하는 복수의 회전자 모듈(110)을 지지하고 회전하게 된다.
- [0064] 여기서, 복수의 회전자 모듈(110) 및 회전자 바디(111)는 도 1a 및 도 1b에 도시된 바와 같이, 원형으로 서로 이어질 수 있다.
- [0065] 도 3a 내지 도 3c에 도시된 바와 같이, 복수의 모듈 냉동부(140)는 복수의 냉각 용기(142)의 전면, 후면 또는 저면에 각각 부착되고, 개별적으로 복수의 냉각 용기(142) 내부에 수납된 초전도 계자코일(112)을 냉각시킬 수 있다.
- [0066] 도 4a 내지 도 4d는 본 발명의 실시 예에 따른 초전도 발전 장치에서 정상 동작 및 모듈 코일의 사고 상태 시의 출력 특성을 분석한 결과도이다.
- [0067] 도 4a 및 도 4b에 도시된 바와 같이, 초전도 발전 장치(100)에서 복수의 회전자 모듈(110)에서는 권선된 초전도 계자코일(112)이 모두 정상 동작시의 출력 특성을 분석한 결과가 나타나 있다.
- [0068] 첫 번째 케이스로, 정상 동작의 경우인 케이스 1(Case 1: 24 pole)에서는 24 폴(pole)이 모두 정상적으로 동작

하고 있는 출력 특성이 나타나고 있다.

- [0069] 도 4c 및 도 4d에 도시된 바와 같이, 초전도 발전 장치(100)에서 복수의 회전자 모듈(110)에서는 권선된 초전도 계자코일(112) 중에서 일부 코일이 고장 상태인 경우의 출력 특성을 분석한 결과가 나타나 있다.
- [0070] 두 번째 케이스로, 1개의 폴이 사고 상태인 케이스 2(Case 2: 23 pole)에서는 1개의 폴(pole)이 고장 상태이고, 23 폴(pole)이 정상적으로 동작하고 있는 출력 특성이 나타나고 있다.
- [0071] 세 번째 케이스로, 2개의 폴이 사고 상태인 케이스 3(Case 3: 22 pole)에서는 2개의 폴(pole)이 고장 상태이고, 22 폴(pole)이 정상적으로 동작하고 있는 출력 특성이 나타나고 있다.
- [0072] 이와 같이, 초전도 계자코일(112)이 구조적으로 분리되어 있어서 초전도 계자코일(112)이 고장 상태이더라도 다른 초전도 계자코일에 고장 영향을 미치지 못한다. 따라서, 모듈화된 초전도 계자코일(112)로 이루어진 회전자 모듈(110)은 초전도 발전 장치(100)의 신뢰성 및 안정성을 향상시킬 수 있다.
- [0073] 도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 초전도 발전 장치에서 사고 시점 이전 및 이후의 출력 특성을 분석한 결과도이다.
- [0074] 도 5에 도시된 바와 같이, 고장이 발생한 사고 시점(Fault occurred) 이전의 출력(토크) 특성은 12 MN·m으로 유지된다. 구체적으로, 초전도 발전 장치(100)는 0초에서부터 토크 특성(MN·m)이 점차 증가하다가 12 MN·m 정도로 일정한 토크 특성을 유지한다. 여기서, 초전도 발전 장치(100)는 정상 상태의 24 폴(steady state (24 pole))을 유지하고 있다.
- [0075] 반면, 1개의 폴의 고장이 발생한 사고 시점 이후, 초전도 발전 장치(100)의 토크 특성(23 pole_torque)은 12 MN·m에서 11 MN·m으로 감소된다.
- [0076] 4개의 폴의 고장이 발생한 사고 시점 이후, 초전도 발전 장치(100)의 토크 특성(20 pole_torque)은 12 MN·m에서 8.3 MN·m으로 감소된다.
- [0077] 이와 같이, 일부의 초전도 계자코일(112)에서 고장 발생 시, 고장난 초전도 계자코일 수에 비례하여 출력은 감소한다.
- [0078] 하지만, 일부의 초전도 계자코일(112)에서 고장이 발생하더라도, 초전도 발전 장치(100)는 계속 발전할 수 있다. 여기서, 사고 상태 시의 출력(토크) 특성이 일부 낮아지더라도, 초전도 발전 장치(100)의 발전 기능이 수행되지 못할 만큼의 출력 특성에 큰 문제를 야기하지 않는다.
- [0079] 한편, 초전도 발전 장치(100)의 운전 신뢰성 및 안정성 향상에 대해서 살펴보기로 한다.
- [0080] 일반적인 초전도 발전기의 경우, 각 코일들이 직렬로 연결되어 하나의 전원공급장치 및 슬립링, 브러시, 전류리드를 통해 코일에 전류가 공급이 된다. 이러한 전류 공급방식을 사용할 때, 만약 하나의 초전도 코일에 문제가 발생하여 고장이 나는 경우, 직렬로 연결되어 있는 구조로 인하여 모든 코일에 전류 공급이 불가능해지는 상황이 일어나게 된다. 이러한 초전도 발전기는 출력을 내지 못하게 된다.
- [0081] 반면, 본 발명의 실시 예에 따른 초전도 발전 장치(100)는 각 초전도 계자코일(112)을 모듈화하고, 플렉스캠프를 통해 각 모듈 코일에 전류를 공급한다. 그러면, 하나의 초전도 계자코일(112)이 문제가 발생하여도, 나머지 다른 코일에는 계속 전류가 공급된다. 이때, 고장난 계자코일 수에 비례하여 초전도 발전 장치(100)의 출력(토크)은 줄어들게 되지만, 지속적으로 발전할 수 있게 된다.
- [0082] 따라서 일반적인 초전도 발전기의 전류 공급방식을 사용하게 되면, 초전도 코일에 문제가 발생하였을 때, 냉각 시스템을 포함한 전체 발전시스템의 가동을 멈추어야 한다. 이후, 초전도 코일을 수리하여 다시 코일 냉각 및 발전을 시작해야 한다.
- [0083] 하지만, 본 발명의 실시 예에 따른 초전도 발전 장치(100)는 각 코일이 개별적으로 전류가 공급되는 모듈화된 초전도 계자코일(112)을 포함한다. 이러한 초전도 발전 장치(100)에서는 초전도 계자코일(112)에 문제가 발생하여도, 지속적인 발전이 수행될 수 있다. 이후, 수리 시 문제가 발생한 초전도 계자코일만 제거하여 다른 모듈화된 초전도 계자코일로 교체 후 빨리 정상 동작할 수 있게 만들 수 있다.
- [0084] 이와 같이, 고장으로 인해 제거된 초전도 계자코일은 재냉각 및 전원공급을 통해 문제점을 확인 후, 고장 부위 수리 또는 초전도 계자코일의 교체 후 다시 재사용할 수 있다. 따라서 본 발명의 실시 예에 따른 초전도 발전 장치(100)에서는 유지 보수 비용을 절감할 수 있다.

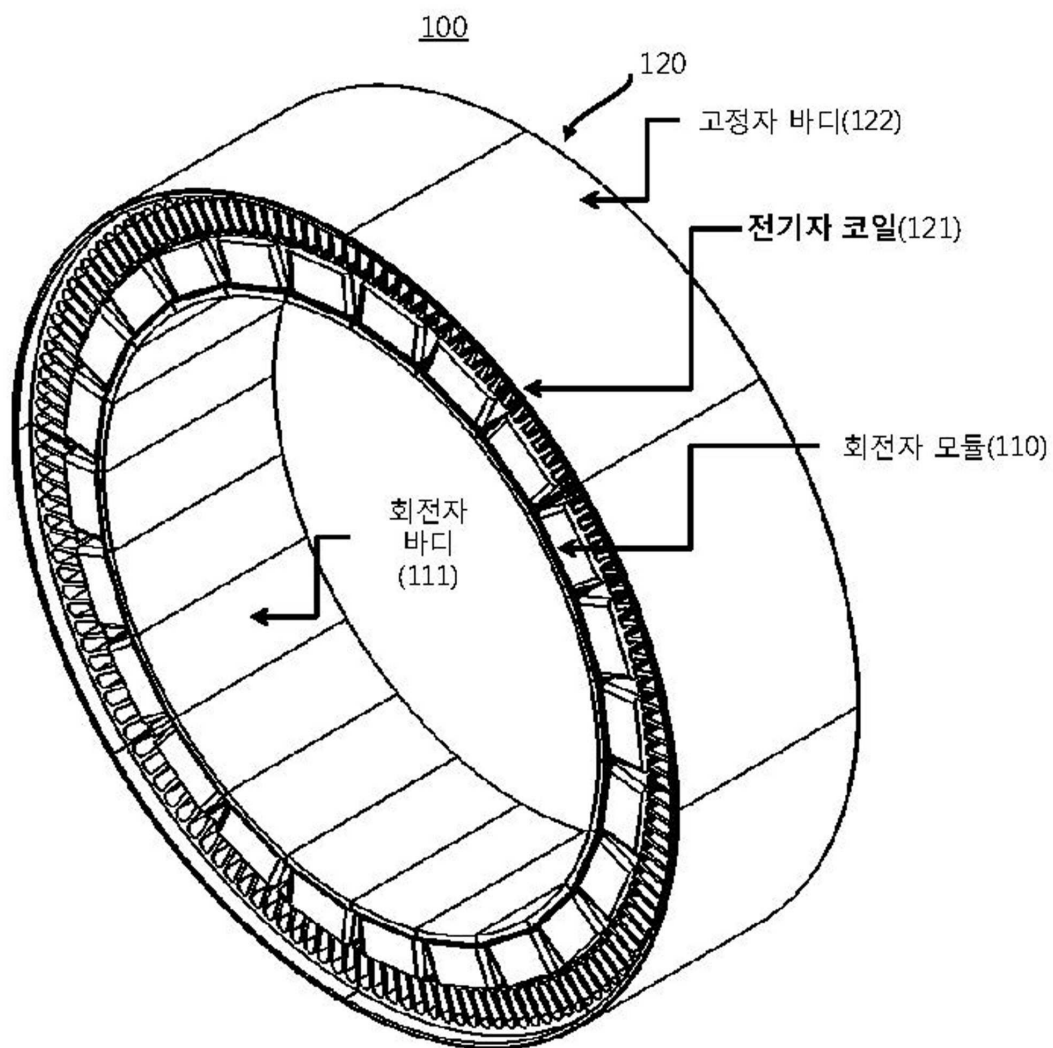
[0085] 이상에서 설명한 실시 예들은 그 일 예로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시 예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시 예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

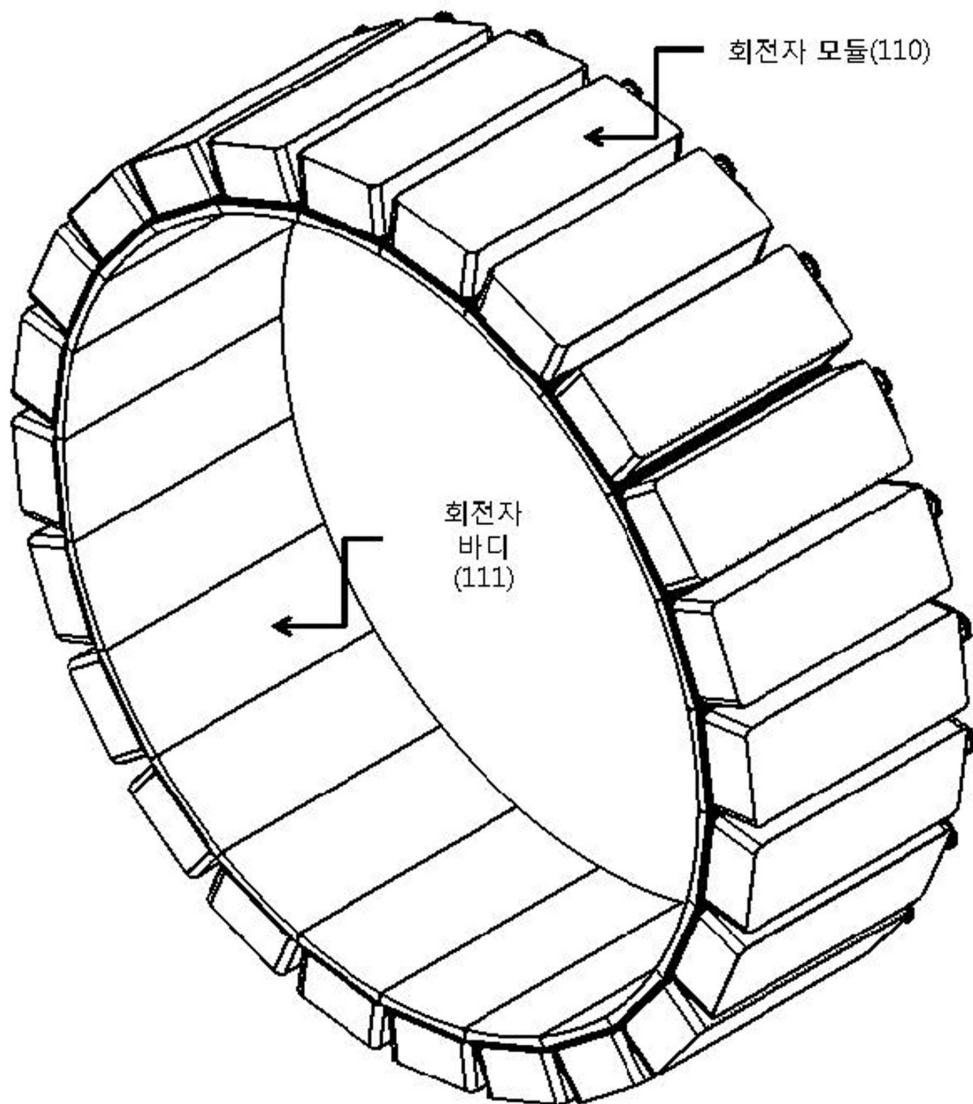
[0086] 100: 초전도 발전 장치
 110: 회전자 모듈
 111: 회전자 바디
 112: 초전도 계자코일
 120: 고정자 모듈
 121: 전기자 코일
 122: 고정자 바디
 130: 모듈 전원부
 131: 플럭스 펌프
 132: 펌프 구동부
 140: 모듈 냉동부
 141: 냉동기
 142: 냉각 용기

도면

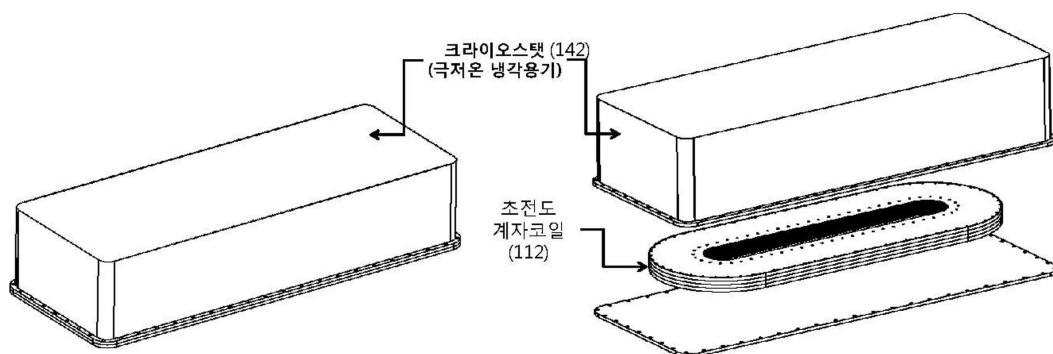
도면1a



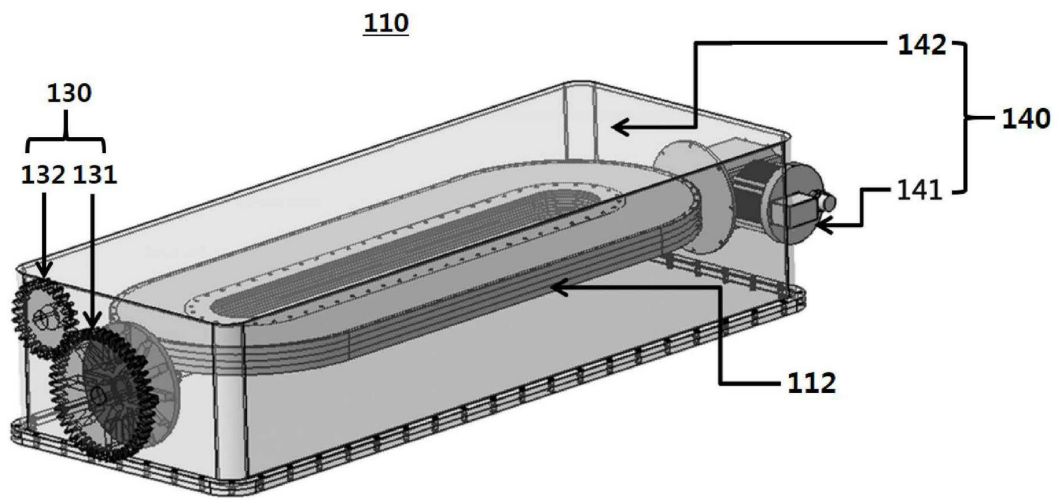
도면1b



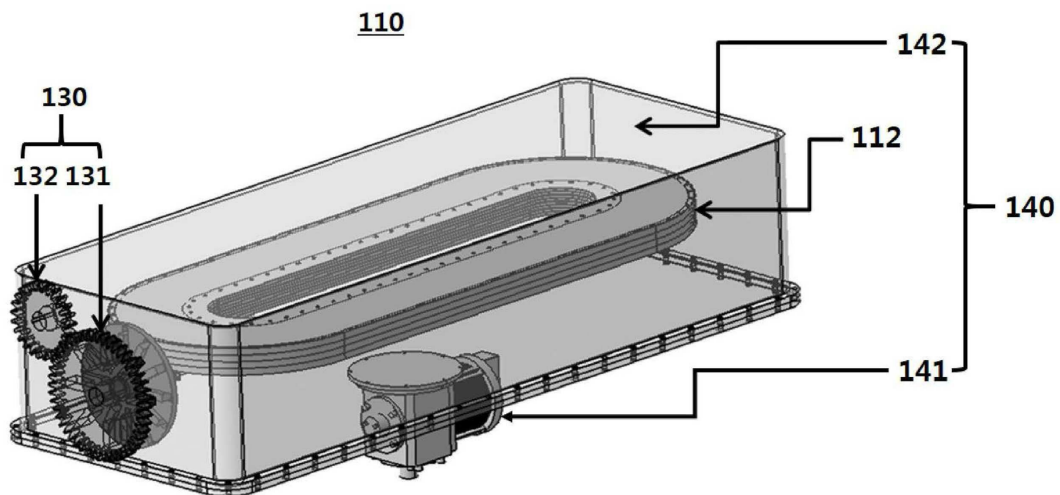
도면2a



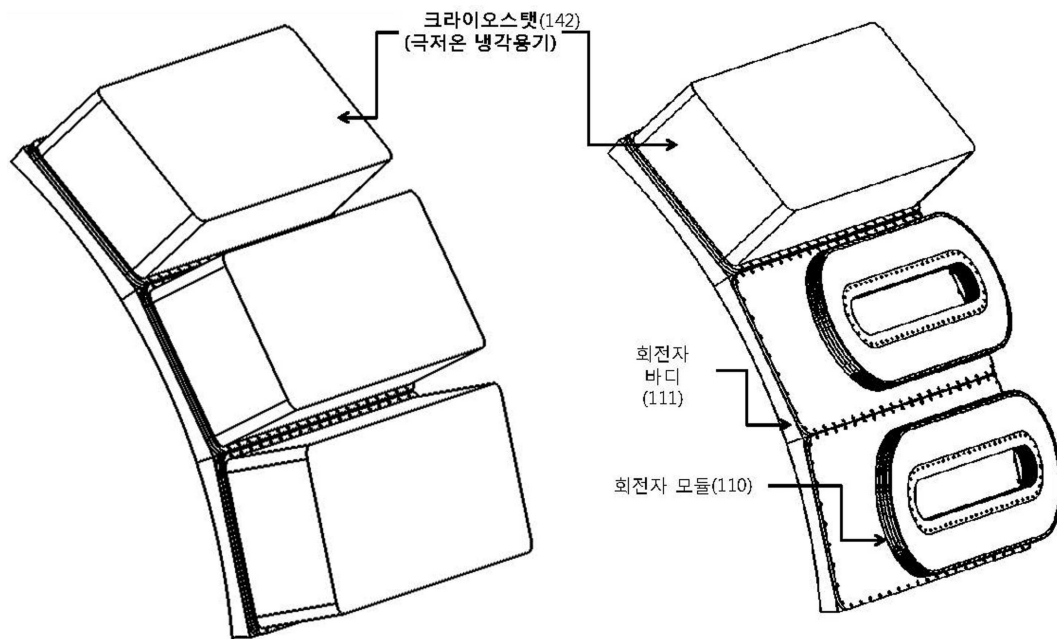
도면2b



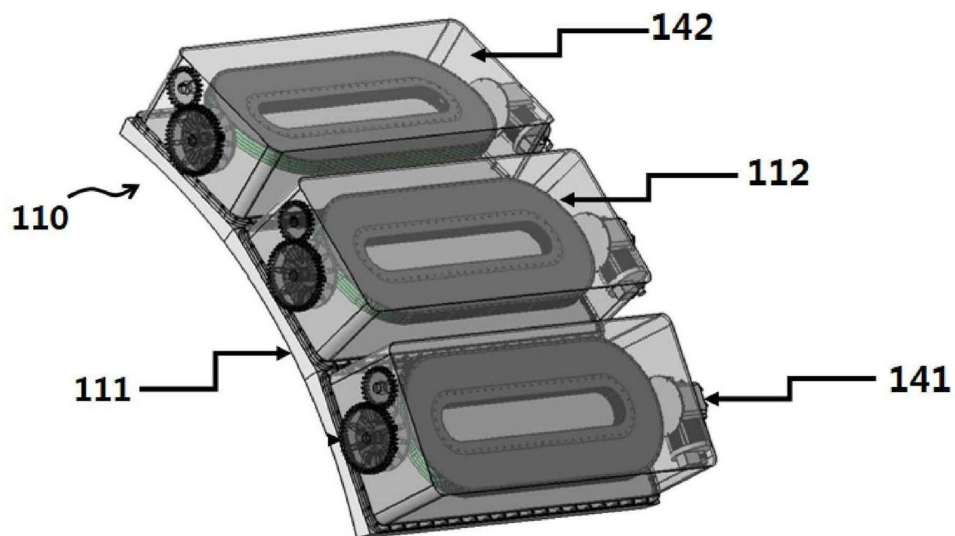
도면2c



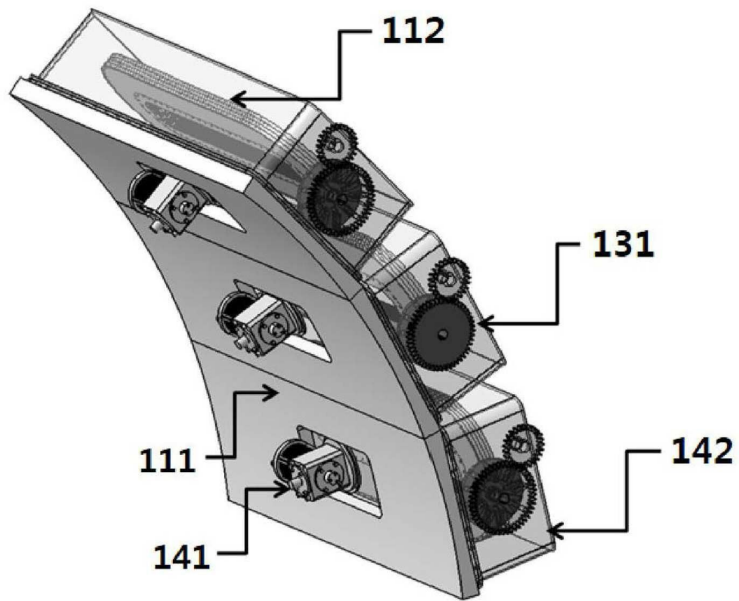
도면3a



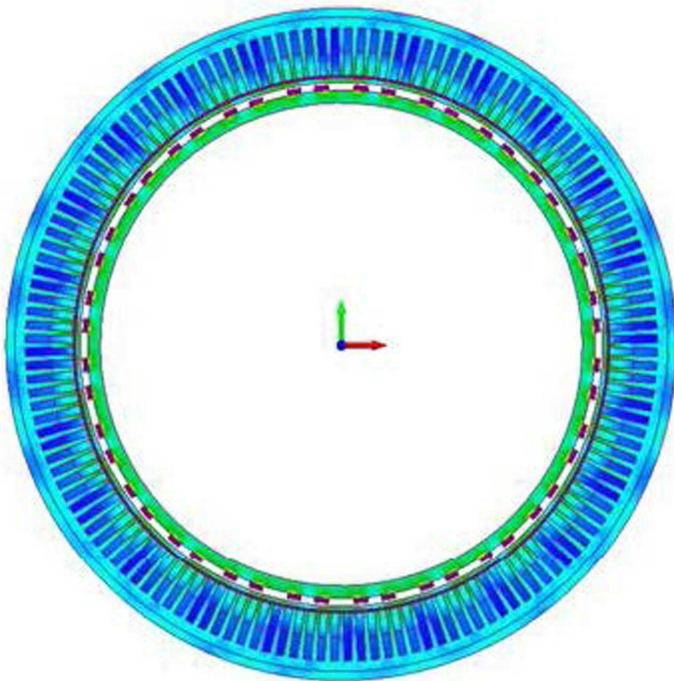
도면3b



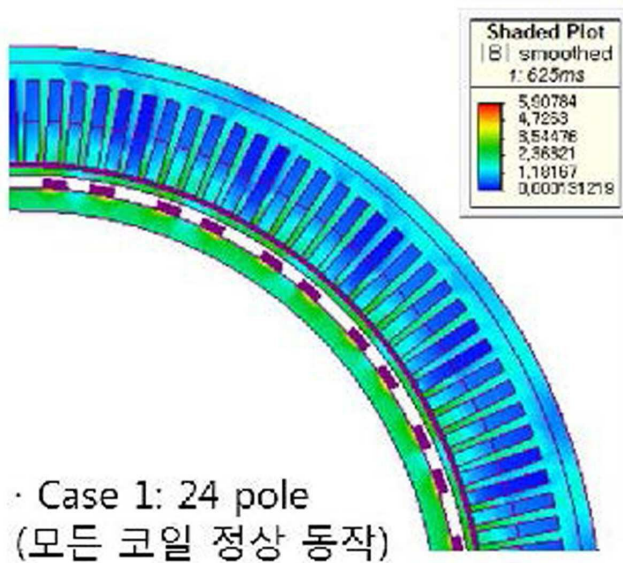
도면3c



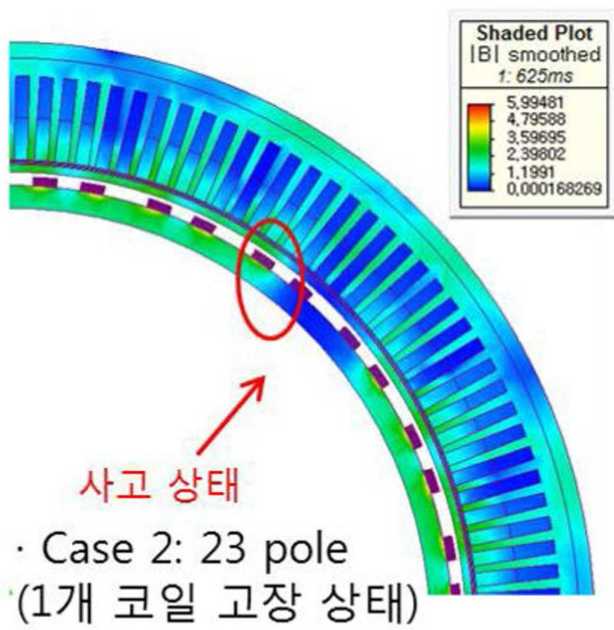
도면4a



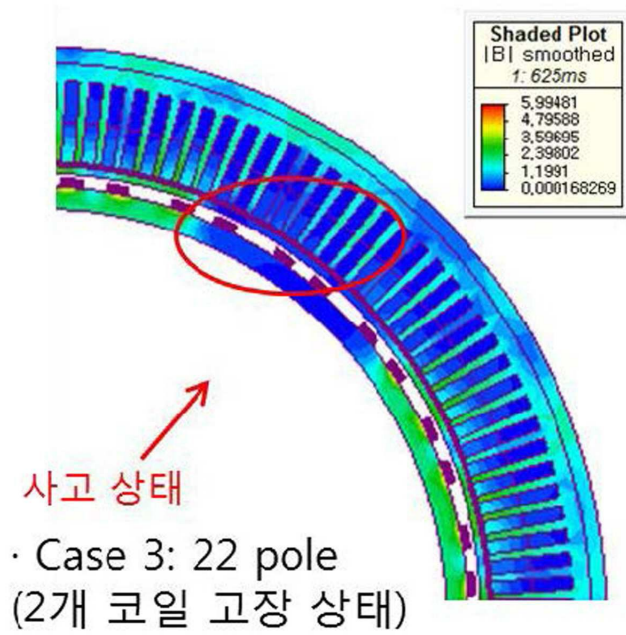
도면4b



도면4c



도면4d



도면5

