



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0050551
(43) 공개일자 2017년05월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02K 55/00 (2006.01) H01F 6/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02K 55/00 (2013.01)
H01F 6/008 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0152231
(22) 출원일자 2015년10월30일
심사청구일자 2015년10월30일
기술이전 희망 : 기술양도

(71) 출원인
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
김중선, 이형석

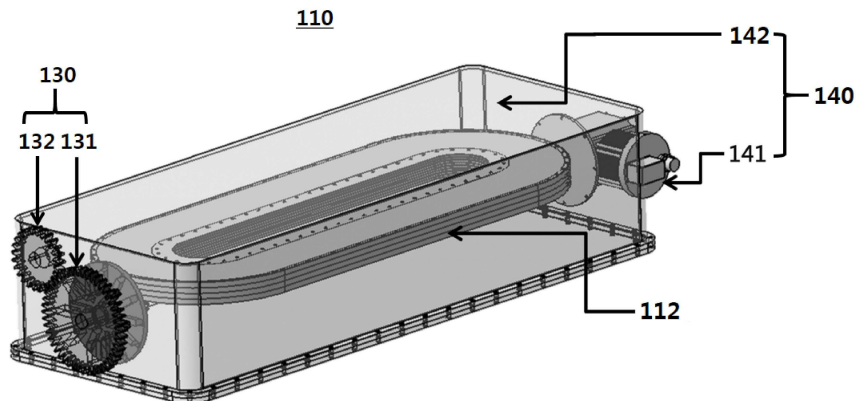
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 플럭스 펌프를 이용한 모듈화된 초전도 발전 장치

(57) 요약

본 명세서는 플럭스 펌프를 이용한 모듈화된 초전도 발전 장치에 관한 것으로서, 본 명세서의 실시 예에 따른 초전도 발전 장치는, 전기자 코일을 구비한 고정자와, 모듈화된 초전도 계자코일을 각각 구비하고 상기 고정자와 인접하는 복수의 회전자 모듈로 이루어진 초전도 발전부; 및 회전자계를 이용한 유도 전류를 발생시키는 플럭스 펌프(flux pump)를 회전자 모듈마다 구비하고, 상기 플럭스 펌프의 회전에 따라 발생된 유도 전류를 상기 회전자 모듈에 개별적으로 공급시키는 모듈 전원부를 포함한다.

대표도 - 도2a



(52) CPC특허분류

Y02E 40/62 (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 2014.12.01 ~ 2016.01.31

명세서

청구범위

청구항 1

전기자 코일을 구비한 고정자와, 모듈화된 초전도 계자코일을 각각 구비하고 상기 고정자와 인접하는 복수의 회전자 모듈로 이루어진 초전도 발전부; 및

회전자계를 이용한 유도 전류를 발생시키는 플럭스 펌프(flux pump)를 회전자 모듈마다 구비하고, 상기 플럭스 펌프의 회전에 따라 발생된 유도 전류를 상기 회전자 모듈에 개별적으로 공급시키는 모듈 전원부

를 포함하는 초전도 발전 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 플럭스 펌프는

상기 회전자 모듈에 부착되고, 상기 복수의 회전자 모듈이 회전 구동될 때 발생한 회전력에 따라 회전하는 초전도 발전 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 모듈 전원부는

상기 고정자와 내접하고 상기 플럭스 펌프와 맞닿아 접하고, 상기 복수의 회전자 모듈이 회전 구동될 때 발생한 회전력을 이용하여 상기 플럭스 펌프를 회전시키는 펌프 구동부

를 포함하는 초전도 발전 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 펌프 구동부는

상기 고정자에 구비된 기어 및 상기 플럭스 펌프와 서로 맞물려 회전하는 회전 기어로 이루어지고, 상기 복수의 회전자 모듈이 회전 구동될 때 발생한 회전력을 상기 회전 기어를 통해 전달받아 상기 플럭스 펌프를 회전시키는 초전도 발전 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 플럭스 펌프의 회전 속도는

상기 플럭스 펌프의 반경 및 서로 맞물리는 회전 기어 비 또는 회전 기어의 개수에 따라 조절되는 초전도 발전 장치.

청구항 6

제3항에 있어서,

상기 펌프 구동부는

상기 고정자에 구비된 마찰부 및 상기 플럭스 펌프와 서로 맞물려 회전하는 회전 마찰부로 이루어지고, 상기 복수의 회전자 모듈이 회전 구동될 때 발생한 회전력을 상기 회전 마찰부를 통해 전달받아 상기 플럭스 펌프를 회전시키는 초전도 발전 장치.

청구항 7

제2항에 있어서,

상기 플럭스 펌프는

상기 복수의 회전자 모듈에 부착되고 상기 고정자의 하단부와 맞닿아 내접하고, 상기 복수의 회전자 모듈이 회전 구동될 때 발생한 회전력에 따라 회전하는 초전도 발전 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 플럭스 펌프는

상기 고정자의 하단부와 맞닿아 내접하는 내접 기어 또는 내접 마찰부로 이루어지고, 상기 복수의 회전자 모듈이 회전 구동될 때 발생한 회전력을 상기 고정자의 하단부와 맞닿아 내접하는 펌프 기어 또는 펌프 마찰부를 통해 전달받아 회전하는 초전도 발전 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 회전자 모듈이 내부에 수납되는 냉각 용기와, 상기 냉각 용기의 내부에 수납된 상기 회전자 모듈을 개별적으로 냉각시키는 냉동기로 이루어진 모듈 냉동부

를 더 포함하는 초전도 발전 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 플럭스 펌프는

여자기 고정자 권선을 구비하고, 상기 회전자 모듈에 연결되는 여자기 고정자; 및

영구 자석을 구비하고, 상기 영구 자석의 회전에 따른 회전자계를 이용하여 상기 여자기 고정자 권선에 유도 전류를 발생시키는 여자기 회전자를 포함하고,

상기 여자기 고정자는 상기 여자기 회전자와 서로 다른 공간에 위치하여 상기 회전자 모듈의 초전도 계자코일과 구조적으로 분리되는 초전도 발전 장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 여자기 회전자는 상기 냉각 용기의 외부에 부착되고, 상기 여자기 고정자는 상기 냉각 용기의 외부에 부착되는 공간에 각각 위치하는 초전도 발전 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 명세서는 플럭스 펌프(flux pump)를 이용한 모듈화된 초전도 발전 장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 플럭스 펌프를 이용하여 모듈화된 초전도 계자코일에 전원을 개별적으로 공급하고, 모듈화된 초전도 계자코일마다 극저온으로 냉각시킬 수 있는, 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, 한류

기 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 명세서의 실시 예들은 회전자계를 통해 전류를 유도시킬 수 있는 플럭스 펌프를 이용하여 모듈화된 초전도 계자코일에 전류를 공급하고, 모듈화된 각각의 초전도 계자코일을 개별적으로 냉각함으로써, 모듈화된 초전도 계자 코일에 대한 전력 손실 및 시스템의 안정성을 높일 수 있는, 플럭스 펌프를 이용한 모듈화된 초전도 발전 장치를 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 명세서의 제1 측면에 따르면, 전기자 코일을 구비한 고정자와, 모듈화된 초전도 계자코일을 각각 구비하고 상기 고정자와 인접하는 복수의 회전자 모듈로 이루어진 초전도 발전부; 및 회전자계를 이용한 유도 전류를 발생시키는 플럭스 펌프(flux pump)를 회전자 모듈마다 구비하고, 상기 플럭스 펌프의 회전에 따라 발생된 유도 전류를 상기 회전자 모듈에 개별적으로 공급시키는 모듈 전원부를 포함하는 초전도 발전 장치가 제공될 수 있다.

[0009] 상기 플럭스 펌프는 상기 회전자 모듈에 부착되고, 상기 복수의 회전자 모듈이 회전 구동될 때 발생한 회전력에 따라 회전할 수 있다.

[0010] 상기 모듈 전원부는 상기 고정자와 내접하고 상기 플럭스 펌프와 맞닿아 접하고, 상기 복수의 회전자 모듈이 회전 구동될 때 발생한 회전력을 이용하여 상기 플럭스 펌프를 회전시키는 펌프 구동부더 포함할 수 있다.

[0011] 상기 펌프 구동부는 상기 고정자에 구비된 기어 및 상기 플럭스 펌프와 서로 맞물려 회전하는 회전 기어로 이루어지고, 상기 복수의 회전자 모듈이 회전 구동될 때 발생한 회전력을 상기 회전 기어를 통해 전달받아 상기 플럭스 펌프를 회전시킬 수 있다.

[0012] 상기 플럭스 펌프의 회전 속도는 상기 플럭스 펌프의 반경 및 서로 맞물리는 회전 기어 비 또는 회전 기어의 개수에 따라 조절될 수 있다.

[0013] 상기 펌프 구동부는 상기 고정자에 구비된 마찰부 및 상기 플럭스 펌프와 서로 맞물려 회전하는 회전 마찰부로 이루어지고, 상기 복수의 회전자 모듈이 회전 구동될 때 발생한 회전력을 상기 회전 마찰부를 통해 전달받아 상기 플럭스 펌프를 회전시킬 수 있다.

[0014] 상기 플럭스 펌프는 상기 복수의 회전자 모듈에 부착되고 상기 고정자의 하단부와 맞닿아 내접하고, 상기 복수의 회전자 모듈이 회전 구동될 때 발생한 회전력에 따라 회전할 수 있다.

[0015] 상기 플럭스 펌프는 상기 고정자의 하단부와 맞닿아 내접하는 내접 기어 또는 내접 마찰부로 이루어지고, 상기

복수의 회전자 모듈이 회전 구동될 때 발생한 회전력을 상기 고정자의 하단부와 맞닿아 내접하는 펌프 기어 또는 펌프 마찰부를 통해 전달받아 회전할 수 있다.

[0016] 상기 장치는, 상기 회전자 모듈이 내부에 수납되는 냉각 용기와, 상기 냉각 용기의 내부에 수납된 상기 회전자 모듈을 개별적으로 냉각시키는 냉동기로 이루어진 모듈 냉동부를 더 포함할 수 있다.

[0017] 상기 플렉스 펌프는 여자기 고정자 권선을 구비하고, 상기 회전자 모듈에 연결되는 여자기 고정자; 및 영구 자석을 구비하고, 상기 영구 자석의 회전에 따른 회전자계를 이용하여 상기 여자기 고정자 권선에 유도 전류를 발생시키는 여자기 회전자를 포함하고, 상기 여자기 고정자는 상기 여자기 회전자와 서로 다른 공간에 위치하여 상기 회전자 모듈의 초전도 계자코일과 구조적으로 분리될 수 있다.

[0018] 상기 여자기 회전자는 상기 냉각 용기의 외부에 부착되고, 상기 여자기 고정자는 상기 냉각 용기의 내부에 부착되는 공간에 각각 위치할 수 있다.

발명의 효과

[0019] 본 명세서의 실시 예들은 모듈화된 초전도 계자코일과 구조적으로 분리된 플렉스 펌프를 이용하여 모듈화된 초전도 계자코일에 전류를 공급함으로써, 초전도 계자코일에 연결되어 전원을 공급하는 전류리드, 브러쉬 등이 없이도 전원을 공급할 수 있으며, 전류 통전으로 인한 발열 및 전도에 의한 열 부하를 감소시킬 수 있다.

[0020] 본 명세서의 실시 예들은 초전도 회전의 경우, 회전자의 회전력을 이용하여 플렉스 펌프를 회전시킴으로써, 추가 구동장치 없이도 플렉스 펌프를 회전시킬 수 있다.

[0021] 본 명세서의 실시 예들은 초전도 코일에 ?치(quench) 문제가 생겨 저항 성분이 생긴다면, 플렉스 펌프에 의해 유도되는 전류량이 감소하게 됨으로써, 코일의 손상을 방지할 수 있어 초전도 코일의 ?치 문제를 해결할 수 있다.

[0022] 본 명세서의 실시 예들은 초전도 계자코일의 모듈화를 통해 플렉스 펌프에 연결된 초전도 계자코일의 인덕턴스를 감소시킴으로써, 시정수를 감소시키고 전류의 유도 속도를 증가시킬 수 있다.

[0023] 본 명세서의 실시 예들은 초전도 계자코일을 모듈화함으로써, 초전도 계자코일이 수납되는 크라이오스탯의 내부를 용이하게 진공상태로 만들 수 있다.

[0024] 본 명세서의 실시 예들은 모듈화된 초전도 계자코일에 각각 냉각시킴으로써, 냉각 속도 및 전체 시스템의 안정성을 향상시킬 수 있다.

[0025] 본 명세서의 실시 예들은 초전도 코일을 모듈화함으로써, 초전도 응용기기를 용이하게 제작할 수 있다.

[0026] 본 명세서의 실시 예들은 초전도 응용기기를 제작하기 전에 초전도 계자코일의 성능을 미리 테스트할 수 있다.

[0027] 본 명세서의 실시 예들은 모듈화된 초전도 계자코일들을 개별적으로 운전함으로써, 어느 하나의 초전도 계자코일에 문제가 발생해도 다른 초전도 계자코일에 영향을 주지 않을 수 있다.

[0028] 본 명세서의 실시 예들은 초전도 계자코일에 사고가 발생하면, 사고가 발생한 초전도 계자코일의 수리 및 교체가 용이할 수 있다.

[0029] 본 명세서의 실시 예들은 초전도 시스템의 제작에 앞서 모듈화된 초전도 계자코일을 각각 테스트하고, 모듈화된 초전도 계자코일을 용이하게 유지보수하고 교체함으로써, 초전도 계자코일이 필요한 초전도 기기의 신뢰도를 증가시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0030] 도 1a 및 도 1b는 본 명세서의 실시 예에 따른 플렉스 펌프를 이용한 모듈화된 초전도 발전 장치 및 모듈화된 복수의 회전자 모듈에 대한 사시도이다.

도 2a 및 도 2b는 본 명세서의 실시 예에 따른 초전도 발전 장치에서의 모듈화된 회전자 모듈에 대한 내부 구성도이다.

도 3a 및 도 3b는 본 명세서의 실시 예에 따른 초전도 발전 장치에서의 복수의 회전자 모듈 및 회전자 바디에 대한 구조도이다.

도 4는 본 명세서의 실시 예에 따른 플렉스 펌프를 이용한 모듈화된 초전도 발전 장치에 대한 전면도 및 후면도

이다.

도 5는 본 명세서의 일 실시 예에 따른 초전도 발전 장치에서의 모듈 전원부에 대한 동작 설명도이다.

도 6a 및 도 6b는 본 명세서의 제1 및 제2 실시 예에 따른 초전도 발전 장치에서의 모듈 전원부에 대한 동작 설명도이다.

도 7은 본 명세서의 실시 예에 따른 초전도 발전 장치에서의 모듈화된 회전자 모듈에 대한 단면도 및 플럭스 펌프에 대한 구조도이다.

도 8은 본 명세서의 실시 예에 따른 초전도 발전 장치에서의 플럭스 펌프를 이용한 전류 공급 동작에 대한 설명도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0031] 이하, 본 명세서의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 설명한다. 본 명세서에 따른 동작 및 작용을 이해하는 데 필요한 부분을 중심으로 상세히 설명한다. 본 명세서의 실시 예를 설명하면서, 본 명세서가 속하는 기술 분야에 익히 알려졌고 본 명세서와 직접적으로 관련이 없는 기술 내용에 대해서는 설명을 생략한다. 이는 불필요한 설명을 생략함으로써 본 명세서의 요지를 흐리지 않고 더욱 명확히 전달하기 위함이다.
- [0032] 또한, 본 명세서의 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 경우 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.
- [0033] 도 1a 및 도 1b는 본 명세서의 실시 예에 따른 플럭스 펌프를 이용한 모듈화된 초전도 발전 장치 및 모듈화된 복수의 회전자 모듈에 대한 사시도이다.
- [0034] 도 1a 및 도 1b에 도시된 바와 같이, 본 명세서의 일 실시 예에 따른 플럭스 펌프를 이용한 모듈화된 초전도 발전 장치(100)는 초전도 발전부, 모듈 전원부(130) 및 모듈 냉동부(140)를 포함한다.
- [0035] 초전도 발전부는 고정자(120) 및 모듈화된 복수의 회전자 모듈(110)을 포함하고, 복수의 회전자 모듈(110)을 회전시켜 초전도 발전을 수행한다.
- [0036] 여기서, 고정자(120)는 전기자 코일(121) 및 전기자 코일(121)의 외측을 둘러싸는 고정자 바디(122)를 포함한다.
- [0037] 회전자는 회전자 계자코일을 각각 구비하는 복수의 회전자 모듈(110) 및 복수의 회전자 모듈(110)의 하단부를 둘러싸는 회전자 바디(111)를 포함한다. 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(120)가 위치하고, 고정자(120)의 하단부에 서로 인접된 복수의 회전자 모듈(110)이 위치한다.
- [0038] 도 2a 및 도 2b는 본 명세서의 실시 예에 따른 초전도 발전 장치에서의 모듈화된 회전자 모듈에 대한 내부 구조도이다.
- [0039] 모듈화된 초전도 계자코일(112)은 극저온으로 냉각되어야 하고, 전류가 공급되어야 한다. 이를 위해, 본 명세서의 실시 예에 따른 초전도 발전 장치(100)는 모듈화된 초전도 발전부의 각 초전도 계자코일(112)에 플럭스 펌프(131)를 적용하고, 각 초전도 계자코일(112)을 개별적으로 냉각시킨다.
- [0040] 이를 위해, 도 2a 및 도 2b에 도시된 바와 같이, 모듈화된 초전도 발전부는 모듈 전원부(130) 및 모듈 냉동부(140)와 각각 연결되어 있다.
- [0041] 초전도 발전부는 전기자 코일(121)을 구비한 고정자(120)와, 모듈화된 초전도 계자코일(112)을 각각 구비하고 그 고정자(120)와 인접하는 복수의 회전자 모듈(110)로 이루어진다.
- [0042] 초전도 계자코일(112)의 모듈화와 관련하여, 본 명세서의 실시 예에 따른 초전도 계자코일(112)의 모듈화는 초전도 계자코일(112)에 개별적인 전원 공급 동작 및 냉각 동작을 가능하게 한다.
- [0043] 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.

- [0044] 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.
- [0045] 플럭스 펌프(131)에서는 초전도 계자코일(112)의 인덕턴스와 저항에 의해 유도되는 최대 전류와 유도시간이 결정된다. 초전도 발전 장치(100)는 초전도 계자코일(112)을 모듈화하고, 모듈화된 각 초전도 계자코일(112)에 플럭스 펌프(131)를 개별적으로 연결함으로써, 플럭스 펌프(131)가 전류를 유도시켜야 하는 코일의 인덕턴스가 줄어 시정수 감소로 인해 유도시간이 줄어들게 된다. 초전도 발전 장치(100)는 초전도 계자코일(112)에서 문제가 발생하여 저항성분이 증가하는 경우, 유도되는 최대전류 값이 감소하게 됨으로써 ?치 현상 등에 의해 초전도 계자코일(112)이 손상되는 문제를 해결할 수 있다.
- [0046] 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.
- [0047] 여기서, 플럭스 펌프(131)는 고정자(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.
- [0048] 플럭스 펌프(131)의 회전 구동에 대한 제1 실시 예로서, 모듈 전원부(130)는 플럭스 펌프(131)와 플럭스 펌프(131)를 회전시키는 펌프 구동부(132)를 더 포함한다.
- [0049] 펌프 구동부(132)는 고정자(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.
- [0050] 플럭스 펌프(131)의 회전 구동에 대한 제2 실시 예로서, 모듈 전원부(130)는 고정자(120)의 하단부와 내접하는 플럭스 펌프(131)를 포함한다.
- [0051] 플럭스 펌프(131)는 복수의 회전자 모듈(110)이 회전 구동될 때 발생한 회전력에 따라 발생하는 고정자(120)와의 마찰력에 따라 회전하게 된다. 이때, 플럭스 펌프(131)는 회전자 모듈(110)이 회전 구동될 때 발생한 회전력은 플럭스 펌프(131)와 내접하는 고정자(120)와의 마찰력으로 변환됨으로써, 플럭스 펌프(131)가 회전하게 된다.
- [0052] 한편, 도 2a 또는 도 2b에 도시된 바와 같이, 모듈 냉동부(140)는 냉각 용기(142)의 후면 또는 저면에 부착될 수 있다.
- [0053] 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.
- [0054] 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.
- [0055] 모듈 냉동부(140)는 구비된 진공펌프를 이용하여 냉각 시키기 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.
- [0056] 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.
- [0057] 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 응용기에 설치하면, 본 명세서의 실시 예에 따른 회전자 모듈(110)은 진공 상태의 회전자 모듈(110)이 바로 동작할 수 있는 장점이 있다.

- [0058] 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.
- [0059] 도 3a 및 도 3b는 본 명세서의 실시 예에 따른 초전도 발전 장치에서의 복수의 회전자 모듈 및 회전자 바디에 대한 구조도이다.
- [0060] 도 3a 및 도 3b에 도시된 바와 같이, 본 명세서의 일 실시 예에 따른 회전자 모듈(110)이 복수 개로 각각 모듈화되어 있으며, 서로 인접하여 연결되어 있다.
- [0061] 회전자 바디(111)는 상부에 위치하는 복수의 회전자 모듈(110)을 지지하고 회전하게 된다.
- [0062] 여기서, 복수의 회전자 모듈(110) 및 회전자 바디(111)는 도 1a 및 도 1b에 도시된 바와 같이, 원형으로 서로 이어질 수 있다.
- [0063] 도 4는 본 명세서의 실시 예에 따른 플럭스 펌프를 이용한 모듈화된 초전도 발전 장치에 대한 전면도 및 후면도이다.
- [0064] 도 4에 도시된 바와 같이, 초전도 발전 장치(100)에 대한 전면 형상을 살펴보면, 복수의 회전자 모듈(110)은 고정자(120)의 하단부로 인접해 있다.
- [0065] 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. 이에 따라, 플럭스 펌프(131)도 회전하게 된다.
- [0066] 초전도 발전 장치(100)에 대한 후면 형상을 살펴보면, 고정자(120)의 외부 하우징에 해당하는 고정자 바디(122)는 내부에 전기자 코일(121)을 포함하고 있다. 고정자 바디(122)는 외부에 전기차폐층이 형성되어 있다.
- [0067] 도 5는 본 명세서의 일 실시 예에 따른 초전도 발전 장치에서의 모듈 전원부에 대한 동작 설명도이다.
- [0068] 도 5에 도시된 바와 같이, 모듈 전원부(130)는 플럭스 펌프(131) 및 펌프 구동부(132)를 포함한다.
- [0069] 이하, 도 5의 모듈 전원부(130)의 각 구성요소들의 구체적인 구성 및 동작을 설명한다.
- [0070] 펌프 구동부(132)는 고정자(120)와 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.
- [0071] 여기서, 플럭스 펌프(131)는 여자기 회전자(510) 및 여자기 고정자(520)를 포함한다.
- [0072] 여자기 고정자(520)는 여자기 고정자 권선(521)을 구비하고 있다. 여자기 고정자(520)는 초전도 계자코일(112)과 연결되어 있다. 따라서 여자기 고정자(520)는 발생된 유도 전류를 초전도 계자코일(112)에 공급할 수 있다.
- [0073] 여자기 회전자(510)는 영구 자석(511)을 구비하고 있다. 여자기 회전자(510)는 냉각 용기(142)의 외부에 부착되고, 여자기 고정자(520)는 냉각 용기(142)의 내부에 부착된다. 즉, 여자기 회전자(510)와 여자기 고정자(520)는 구조적으로 서로 분리되어 있다.
- [0074] 펌프 구동부(132)의 일례를 살펴보면, 펌프 구동부(132)는 고정자(120) 및 플럭스 펌프(131)와 서로 맞물려 회전하는 회전 기어로 이루어질 수 있다. 이러한 펌프 구동부(132)는 복수의 회전자 모듈(110)이 회전 구동될 때 발생한 회전력을 회전 기어를 통해 전달받아 플럭스 펌프(131)를 회전시킬 수 있다.
- [0075] 펌프 구동부(132)의 변형 예를 살펴보면, 펌프 구동부(132)는 고정자(120) 및 플럭스 펌프(131)와 맞물려 연결된 회전 마찰부(예컨대, 회전 마찰차 등의 마찰 구조물)로 이루어질 수 있다. 여기서, 플럭스 펌프(131)는 펌프 구동부(132)의 회전 마찰부와 서로 맞닿아 회전할 수 있다. 이러한 펌프 구동부(132)는 복수의 회전자 모듈(110)이 회전 구동될 때 발생한 회전력을 회전 마찰부를 통해 전달하여 플럭스 펌프(131)를 회전시킬 수 있다.
- [0076] 도 6a 및 도 6b는 본 명세서의 제1 및 제2 실시 예에 따른 초전도 발전 장치에서의 모듈 전원부에 대한 동작 설명도이다.

- [0077] 영구 자석(511)을 이용하는 플럭스 펌프(131)에서 회전자계를 만들기 위해서, 플럭스 펌프(131)를 회전시키기 위하여 모터 등이 필요하다.
- [0078] 하지만, 본 명세서의 제1 실시 예에 따른 모듈 전원부(130)는, 복수의 회전자 모듈(110) 및 회전자 바디(111)가 회전하면, 회전자 모듈(110)의 회전력을 이용하여 펌프 구동부(132)를 통해 플럭스 펌프(131)를 회전시킴으로써, 추가적인 구동장치를 사용하지 않아도 플럭스 펌프(131)를 회전시킬 수 있다.
- [0079] 여기서, 펌프 구동부(132)는 회전 기어 또는 회전 마찰부(예컨대, 회전 마찰차) 등으로 이루어질 수 있다. 펌프 구동부(132)가 회전 기어로 이루어진 제1 실시 예가 도 6a에 도시되어 있다. 펌프 구동부(132)는 회전자계를 발생시키기 위해 영구 자석(511)이 부착된 여자기 회전자(510)를 회전 기어 또는 회전 마찰부를 통해 회전할 수 있는 구조물로 이루어질 수 있다. 이와 대응하여, 고정자(120)의 고정자 바디(122) 또는 자기차폐층(123)은 플럭스 펌프(131)의 여자기 회전자(510)를 회전시키기 위한 기어 또는 마찰부를 가진 구조물로 이루어질 수 있다.
- [0080] 즉, 본 명세서의 제1 실시 예에 따른 모듈 전원부(130)에서, 초전도 발전부의 로터가 회전하면, 회전자 바디(111)에 부착된 모듈화된 회전자 모듈(110)이 회전하게 된다. 이때, 냉각 용기(142)에 부착된 플럭스 펌프(131)는 로터의 회전력을 회전 기어 또는 회전 마찰부를 통해 전달받아 회전하게 된다.
- [0081] 여기서, 펌프 구동부(132)가 회전 기어로 이루어진 경우, 플럭스 펌프(131)의 회전 속도는 플럭스 펌프(131)의 반경 및 서로 맞물리는 회전 기어 비 또는 회전 기어의 개수 등으로 조절될 수 있다. 한편, 펌프 구동부(132)가 회전 마찰부로 이루어진 경우, 플럭스 펌프(131)의 회전 속도는 마찰 계수가 서로 다른 회전 마찰부의 표면 재질 등으로 조절될 수 있다. 예를 들어, 이러한 회전 마찰부의 표면 재질은 마찰 계수가 다른 금속, 경질의 고무, 섬유, 가죽, 목재 등으로 이루어질 수 있다.
- [0082] 한편, 본 명세서의 제2 실시 예에 따른 모듈 전원부(130)는 제1 실시 예에 따른 모듈 전원부(130)와 다르게 펌프 구동부(132) 없이 고정자 바디(122)의 하단부와 맞닿아 내접하는 플럭스 펌프(131)를 회전자 모듈(110)의 회전력에 따라 회전시킨다.
- [0083] 플럭스 펌프(131)는 복수의 회전자 모듈(110)에 부착되고, 고정자(120)의 하단부와 맞닿아 내접한다. 플럭스 펌프(131)는 복수의 회전자 모듈(110)이 회전 구동될 때 발생한 회전력을 고정자(120)의 하단부를 통해 전달받아 회전한다.
- [0084] 여기서, 플럭스 펌프(131)는 내접 기어 또는 내접 마찰부(예컨대, 내접 마찰차) 등으로 이루어질 수 있다. 플럭스 펌프(131)가 내접 마찰부로 이루어진 제2 실시 예가 도 6b에 도시되어 있다. 플럭스 펌프(131)의 여자기 회전자(510)는 회전자계를 발생시키기 위해 영구 자석(511)이 부착되어 있고, 외부 형상이 내접 기어 또는 내접 마찰부를 통해 회전할 수 있는 구조물로 이루어질 수 있다. 이와 대응하여, 고정자(120)의 고정자 바디(122) 또는 자기차폐층(123)은 직접 맞닿은 플럭스 펌프(131)의 여자기 회전자(510)를 회전시키기 위한 기어 또는 마찰부를 가진 구조물로 이루어질 수 있다.
- [0085] 도 7은 본 명세서의 실시 예에 따른 초전도 발전 장치에서의 모듈화된 회전자 모듈에 대한 단면도 및 플럭스 펌프에 대한 구조도이다.
- [0086] 도 8은 본 명세서의 실시 예에 따른 초전도 발전 장치에서의 플럭스 펌프를 이용한 전류 공급 동작에 대한 설명도이다.
- [0087] 도 7에 도시된 회전자 모듈(110)에 대한 단면도와 같이, 회전자 모듈(110)은 냉각 용기(142)의 내부에서 초전도 계자코일(112)의 상단부 및 하단부를 지지하는 코일 지지부(113)를 더 포함할 수 있다.
- [0088] 한편, 플럭스 펌프(131)는 여자기 고정자(520) 및 여자기 회전자(510)를 포함한다.
- [0089] 여자기 고정자(520)는 여자기 고정자 권선(521) 및 철심 코어(iron core)(501)를 구비하고, 회전자 모듈(110)의 초전도 계자코일(112)에 연결된다. 여자기 회전자(510)에 의해 발생한 회전자계를 여자기 고정자 권선(521)이 전달받아 전류가 유도된다.
- [0090] 여자기 회전자(510)는 영구 자석(511) 및 회전을 위한 베어링(bearing)(512)을 구비하고, 영구 자석(511)을 통해 회전자계를 발생시킨다. 여자기 회전자(510)는 영구 자석(511)의 회전에 따른 회전자계를 이용하여 여자기 고정자 권선(521)에 유도 전류를 발생시킨다.
- [0091] 여기서, 여자기 고정자(520)는 여자기 회전자(510)와 서로 다른 공간에 위치한다. 여자기 고정자(520) 및 여자기 회전자(510)는 냉각 용기(142)의 내외부로 구분된 내부 및 외부 공간으로 각각 위치한다. 즉, 여자기 회전자

(510)는 냉각 용기(142)의 외부(예컨대, 냉각 용기(142)의 전면부)에 부착되고, 여자기 고정자(520)는 냉각 용기(142)의 내부(예컨대, 냉각 용기(142)의 전면부의 내측면)에 부착된다. 여자기 고정자(520) 및 여자기 회전자(510)는 냉각 용기(142)의 내외부를 기준으로 구분된 공간에 위치한다. 따라서, 여자기 회전자(510)는 회전자 모듈(110)의 초전도 계자코일(112)과 구조적으로 분리되어 있다.

[0092] 도 8에 도시된 바와 같이, 여자기 고정자(520)는 초전도 계자코일(112)과 전류 공급선(801)을 통해 연결된다. 전류 공급선(801)은 병렬연결(Parallel connection) 구조(802)로 여자기 고정자(520)에 연결된다.

[0093] 여자기 회전자(510)는 초전도 계자코일(112)과 직접으로 연결되어 있지 않고, 영구 자석(511)의 회전에 따른 회전자계 현상(800)를 발생시킨다.

[0094] 그리고 여자기 고정자(520)는 여자기 회전자(510)와 구조적으로 분리되어 있지만, 회전자계를 이용하여 발생된 유도 전류를 전류 공급선(801)을 통해 초전도 계자코일(112)에 공급한다.

[0095] 이와 같이, 회전자계를 이용하여 전류를 유도시키는 플럭스 펌프(131)는 구조적으로 초전도 계자코일(112)과 분리되어 있다. 따라서, 플럭스 펌프(131)는 전류리드 및 브러시 등 전류공급을 위한 부가적인 장치가 필요 없기 때문에, 전도에 의한 열 부하를 감소할 수 있다. 또한, 플럭스 펌프(131)는 전류리드 및 브러시에서 발생하는 발열량을 제거하여 초전도 발전 장치(100)의 효율을 향상시킬 수 있다.

[0096] 이상에서 설명한 실시 예들은 그 일 예로서, 본 명세서가 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.

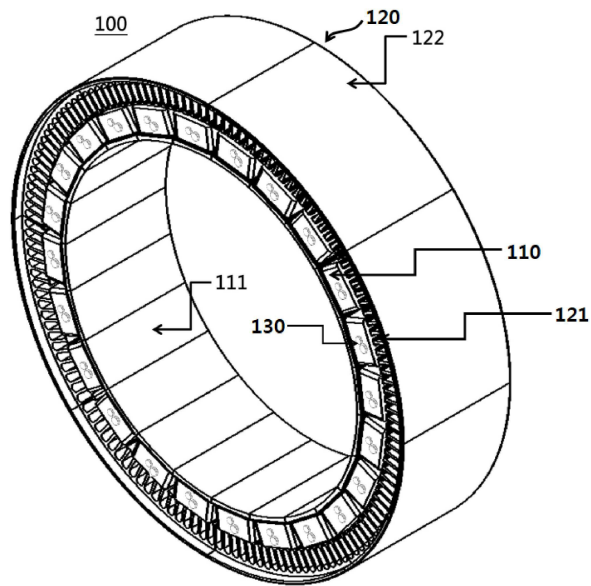
부호의 설명

[0097] 100: 초전도 발전 장치
110: 회전자 모듈
111: 회전자 바디
112: 초전도 계자코일
113: 코일 지지부
120: 고정자
121: 전기자 코일
122: 고정자 바디
123: 자기차폐층
130: 모듈 전원부
131: 플럭스 펌프
132: 펌프 구동부
140: 모듈 냉동부
141: 냉동기
142: 냉각 용기
501: 철심 코어
510: 여자기 회전자
511: 영구 자석
512: 베어링

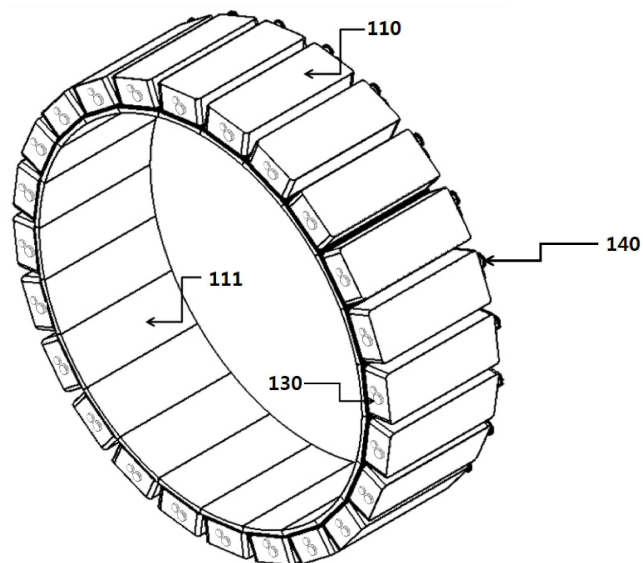
- 520: 여자기 고정자
- 521: 여자기 고정자 권선
- 800; 회전자계
- 801: 전류 공급선
- 802: 병렬연결 구조

도면

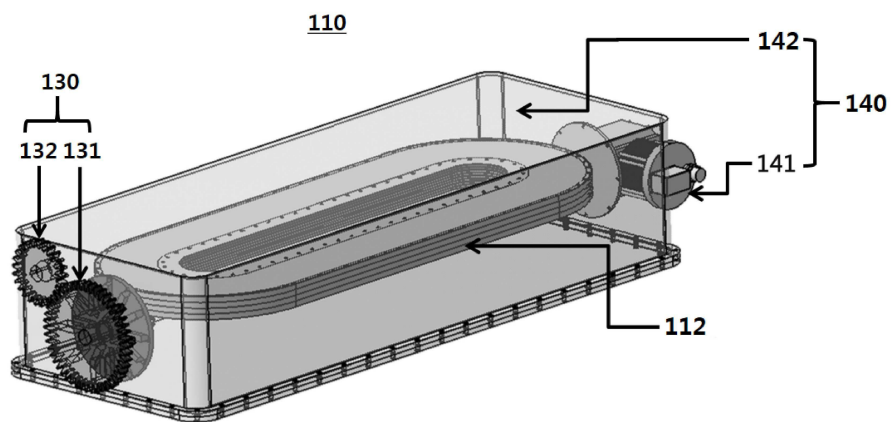
도면1a



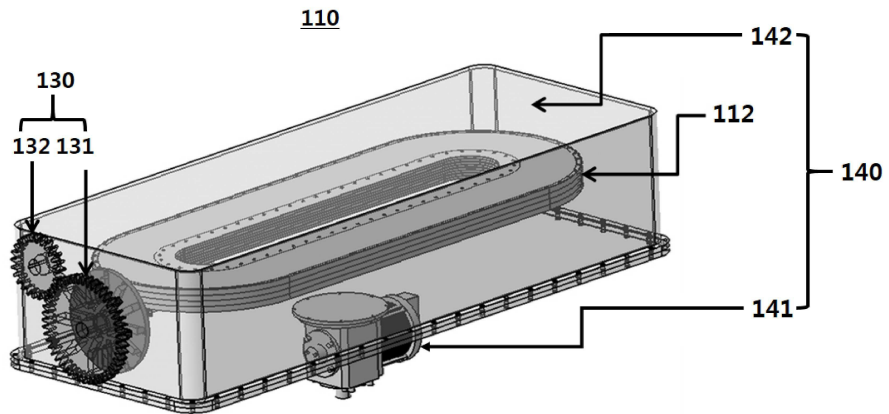
도면1b



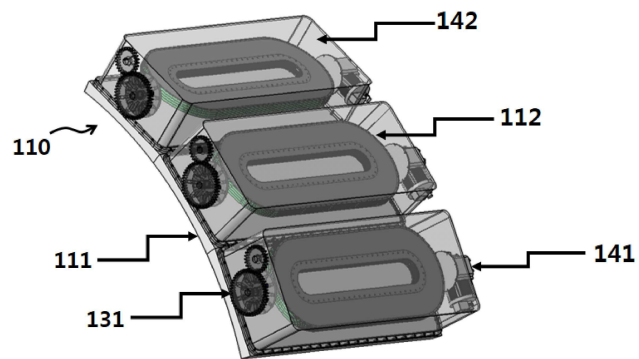
도면2a



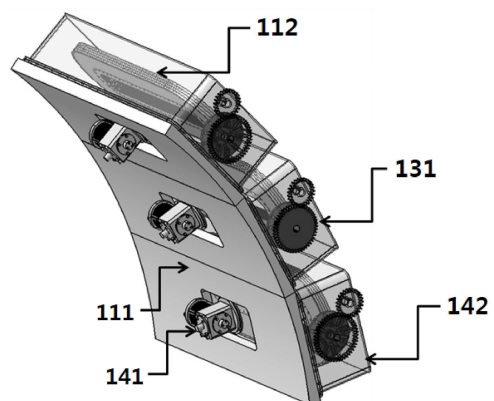
도면2b



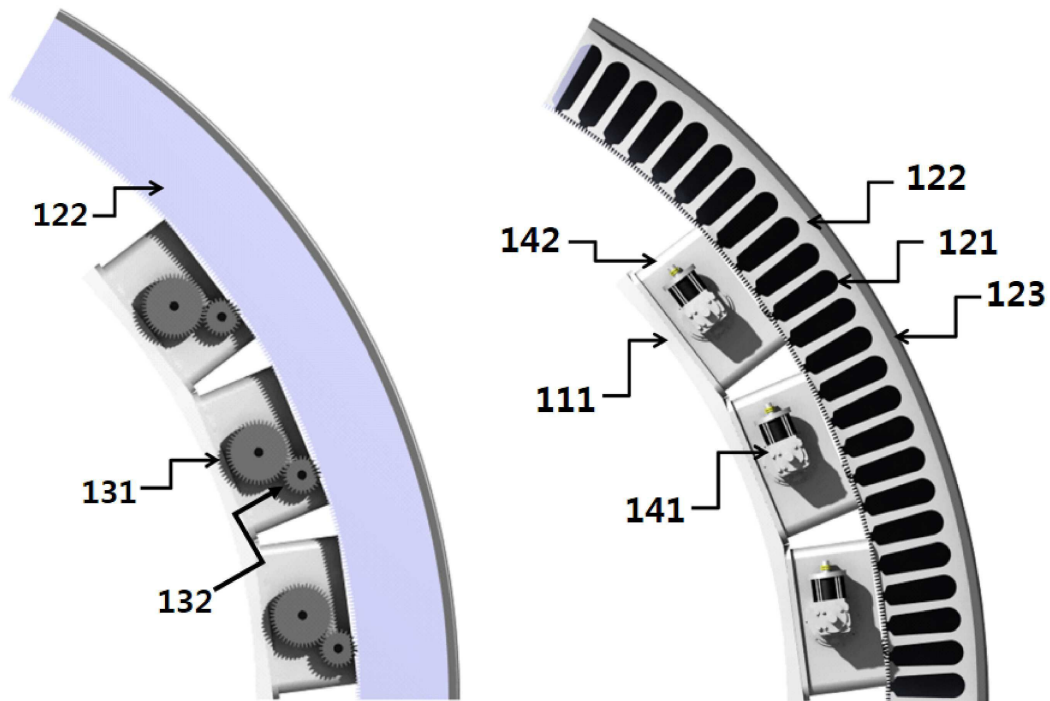
도면3a



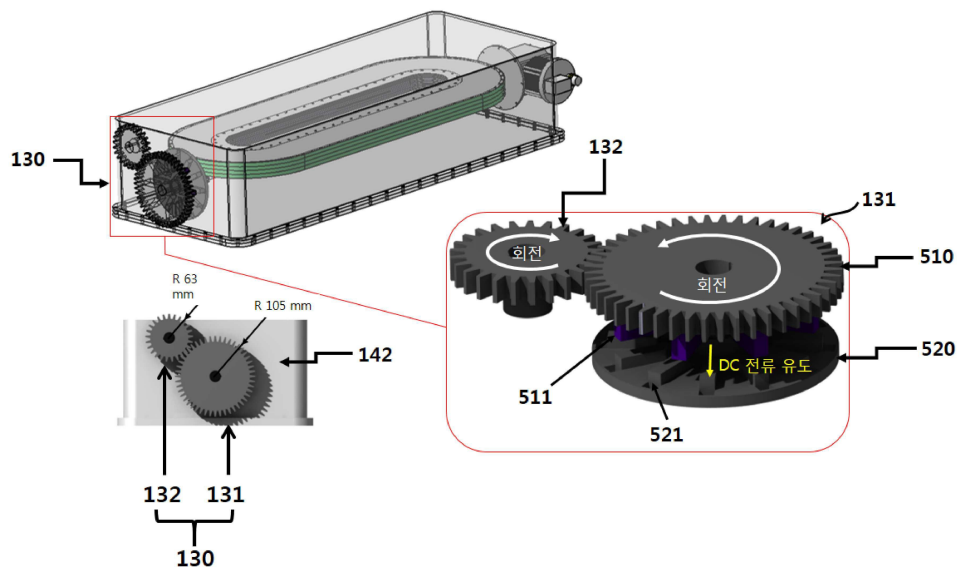
도면3b



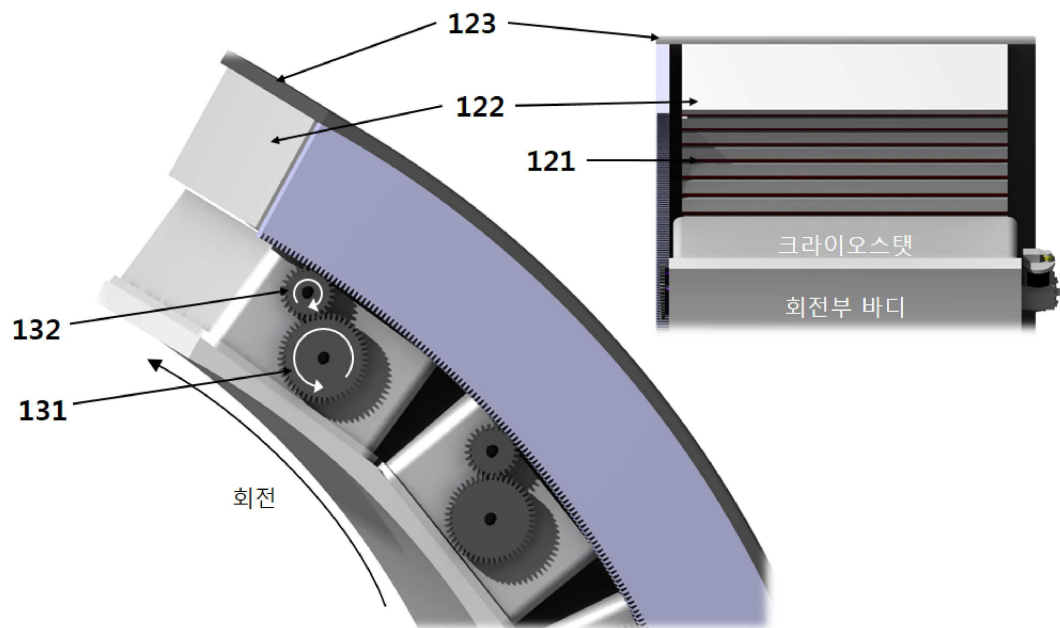
도면4



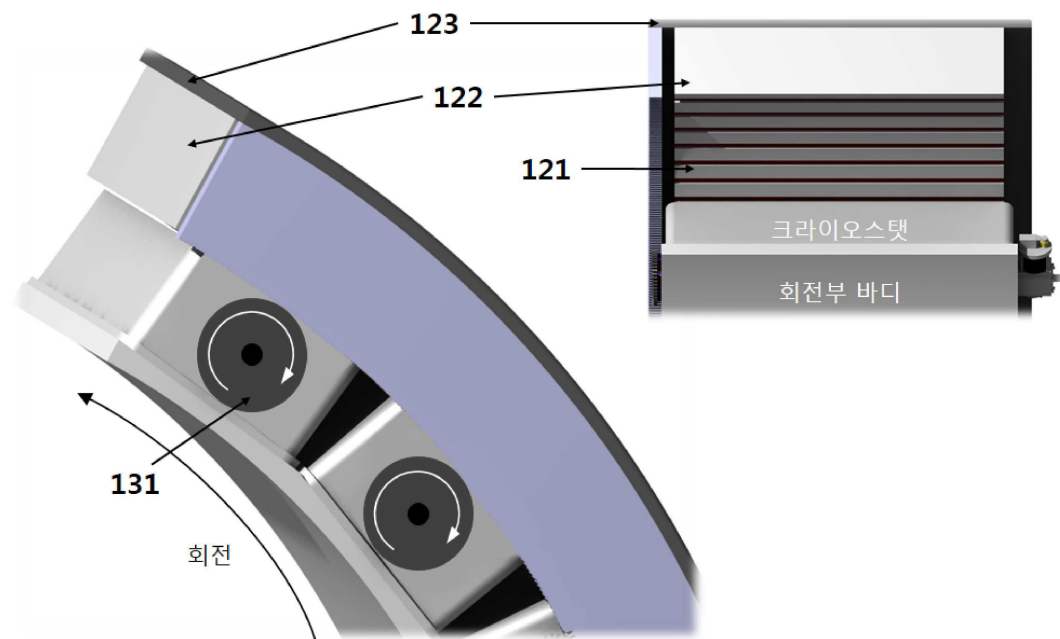
도면5



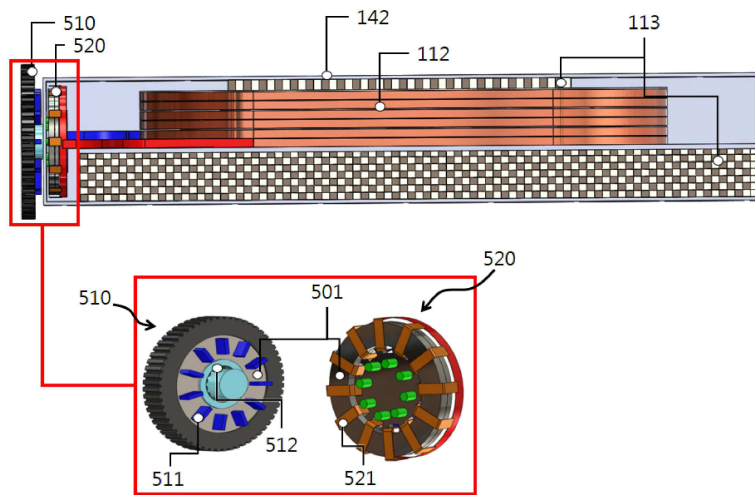
도면6a



도면6b



도면7



도면8

