



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0023201
(43) 공개일자 2012년03월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 39/14 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0082341

(22) 출원일자 2010년08월25일

심사청구일자 2010년08월25일

(71) 출원인

경상대학교산학협력단

경상남도 진주시 가좌동 900

(72) 발명자

김상현

경상남도 진주시 가좌안골길21번길 5, 103동 150
5호 (가좌동, 제일풍경채아파트)

최재형

경상남도 진주시 금산면 금산순환로56번길 6

천현권

경상남도 사천시 어시장길 18 (서동)

(74) 대리인

정홍식, 김태현, 이현수

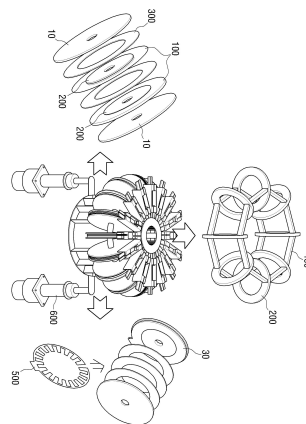
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 초전도 에너지 저장장치 및 그 제작 방법

(57) 요약

초전도 에너지 저장 장치의 제작 방법이 개시된다. 본 발명의 일 실시 예에 따른 초전도 에너지 저장 장치의 제작 방법은 복수 개의 더블 팬케이크 코일부를 제작하는 단계, 상기 복수 개의 더블 팬케이크 코일부를 토로이드(toroid) 형태로 정렬시키는 단계 및 상기 복수 개의 더블 팬케이크 코일부 사이에 GFRP 스페이서를 삽입하여 상기 복수 개의 더블 팬케이크 코일 사이의 절연을 형성하는 코일간 절연부를 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

복수 개의 더블 팬케이크 코일부를 제작하는 단계;

상기 복수 개의 더블 팬케이크 코일부를 토로이드(toroid) 형태로 정렬시키는 단계; 및

상기 복수 개의 더블 팬케이크 코일부 사이에 GFRP 스페이서를 삽입하여 상기 복수 개의 더블 팬케이크 코일 사이의 절연을 형성하는 코일간 절연부를 형성하는 단계;를 포함하는 초전도 에너지 저장 장치 제작 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 더블 팬케이크 코일부는,

적어도 하나의 코일에 폴리이미드 필름을 권선하여 상기 코일의 턴간 절연을 형성하는 턴간 절연부를 형성하는 단계;

상기 턴간 절연된 코일을 보빈에 팬케이크 권선방식으로 권선하여 형성된 팬케이크 코일을 형성하는 단계; 및

두 개의 상기 팬케이크 코일 사이에 GFRP(glass fiber reinforced plastic) 플레이트를 삽입하여 형성된 층간 절연부를 형성하는 단계;를 거쳐 형성되는 것을 특징으로 하는 제작 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 초전도 에너지 저장 장치의 냉각을 위한 냉동기 및 복수 개의 상기 더블 팬케이크 코일부 사이를 세라믹코팅을 이용하여 절연하는 냉동기-코일간 절연부를 형성하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 제작 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

외부와의 절연 상태를 유지하면서 상기 초전도 에너지 저장 장치를 지지하기 위한 대지간 절연부를 형성하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 제작 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 대지간 절연부는,

40K의 온도 및 2×10^{-6} torr의 압력을 유지하는 챔버를 이용하여 상기 초전도 에너지 저장 장치를 상기 외부로부터 절연하는 것을 특징으로 하는 제작 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 턴간 절연부를 형성하는 단계는,

상기 코일에 상기 폴리이미드 필름을 50% 중첩 방식으로 권선하는 것을 특징으로 하는 제작 방법.

청구항 7

제 3 항에 있어서,

상기 냉동기-코일간 절연부를 형성하는 단계는,

알루미늄으로 된 상기 보빈의 표면을 산화시켜 상기 보빈의 표면을 Al_2O_3 의 세라믹으로 코팅하는 것을 특징으로 하는 제작 방법.

청구항 8

토로이드 형태로 정렬되는 복수 개의 더블 팬케이크 코일부; 및

상기 복수 개의 더블 팬케이크 코일부 각각의 사이에 삽입된 GFRP 스페이서로 구성되는 코일간 절연부;를 포함하는 초전도 에너지 저장 장치.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 복수 개의 더블 팬케이크 코일부 각각은,

두 개의 보빈;

상기 두 개의 보빈 각각에 팬케이크 권선 방식으로 권선된 두 개의 팬케이크 코일;

상기 두 개의 팬케이크 코일 사이에 삽입된 GFRP 플레이트로 구성되어 상기 두 개의 팬케이크 코일 사이에 절연을 형성하는 층간 절연부; 및

상기 팬케이크 코일을 구성하는 적어도 하나의 코일에 폴리이미드 필름을 권선하여 상기 코일의 턴 간 절연을 형성하는 턴간 절연부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 초전도 에너지 저장 장치.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 초전도 에너지 저장 장치의 냉각을 위한 냉동기 및 상기 더블 팬케이크 코일부 사이를 세라믹코팅을 이용하여 절연하는 냉동기-코일간 절연부;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 초전도 에너지 저장 장치.

청구항 11

제 8 항에 있어서,

외부와의 절연 상태를 유지하면서 상기 초전도 에너지 저장 장치를 지지하기 위한 대지간 절연부;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 초전도 에너지 저장 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 초전도 에너지 저장장치 및 그 제작 방법에 관한 것으로서 보다 상세하게는, 팬케이크 토로이드 코일을 포함하는 초전도 에너지 저장 장치 및 그 제작 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 고온 초전도 현상에 관한 연구가 활발하게 수행됨에 따라서, 초전도 에너지 저장장치는 차세대 에너지 저장장치로써 각광받고 있다. 초전도 에너지 저장장치는 고에너지를 저장할 수 있으며, 특히 고온 초전도 현상에 대한 연구에서 많은 양질의 성과가 선행됨에 따라서 운용경비가 낮아지면서도, 저손실 및 고자계화를 구현할 수 있는 점에서 실용화 전망이 밝다.

[0003] 특히 초전도 에너지 저장 장치 중 팬케이크 토로이드 코일을 포함하는 초전도 에너지 저장장치는 팬케이크 코일을 축 방향에 수직으로 세워서 도넛모양으로 배치한 구조를 가지는 에너지 저장 장치로, 종래의 초전도 에너지 저장장치와 비교하여 더욱 고 에너지를 저장할 수 있는 초전도 에너지 저장장치이다.

[0004] 초전도 에너지 저장장치는 고밀도 에너지 저장을 구현할 수 있기 때문에, 따라서 전류의 누설 또는 연면방전을 방지할 수 있는 절연 수단이 요구된다.

[0005] 종래에는 절연 수단으로써 진공, 고분자 필름, GFRP(glass fiber-reinforced plastic), FRP(fiber-reinforced

plastic), 크라이오스테트(cryostat) 등이 이용되었다. 다만, 더블 팬케이크 토로이드 코일을 포함하는 고온 초전도 에너지 저장장치에 대하여서는 더블 팬케이크 토로이드 코일의 각 구성 요소 및 각 구성 요소간의 관계에 대하여 절연을 설계하는 방법에 대하여서 알려져 있지 않으며, 또한 절연설계를 위한 절연재료들의 데이터베이스가 취약하다. 이에 따라 팬케이크 토로이드 코일을 포함하는 초전도 에너지 저장장치가 좀 더 높은 효율로써 에너지를 저장할 수 있도록 각 구성요소 및 구성요소의 관계에 있어 제작 방법과 각종 절연 재료들의 절연 특성의 데이터 확보가 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 더블 팬케이크 토로이드 코일을 포함하는 초전도 에너지 저장장치 및 그 제작 방법을 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시 예에 따른 초전도 에너지 저장 장치의 제작 방법은, 복수 개의 더블 팬케이크 코일부를 제작하는 단계, 상기 복수 개의 더블 팬케이크 코일부를 토로이드(toroid) 형태로 정렬시키는 단계 및 상기 복수 개의 더블 팬케이크 코일부 사이에 GFRP 스페이서를 삽입하여 상기 복수 개의 더블 팬케이크 코일 사이의 절연을 형성하는 코일간 절연부를 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0008] 이때, 초전도 에너지 저장 장치의 상기 더블 팬케이크 코일부는, 적어도 하나의 코일에 폴리이미드 필름을 권선하여 상기 코일의 턴간 절연을 형성하는 턴간 절연부를 형성하는 단계, 상기 턴간 절연된 코일을 보빈에 팬케이크 권선방식으로 권선하여 형성된 팬케이크 코일을 형성하는 단계 및 두 개의 상기 팬케이크 코일 사이에 GFRP(glass fiber reinforced plastic) 플레이트를 삽입하여 형성된 층간 절연부를 형성하는 단계를 거쳐 형성될 수 있다.

[0009] 또한 초전도 에너지 저장 장치의 제작 방법은 상기 초전도 에너지 저장 장치의 냉각을 위한 냉동기 및 복수 개의 상기 더블 팬케이크 코일부 사이를 세라믹코팅을 이용하여 절연하는 냉동기-코일간 절연부를 형성하는 단계를 더 포함할 수도 있다.

[0010] 본 발명의 다른 실시 예에 따른 초전도 에너지 저장 장치의 제작 방법은 외부와의 절연 상태를 유지하면서 상기 초전도 에너지 저장 장치를 지지하기 위한 대지간 절연부를 형성하는 단계를 더 포함할 수도 있다. 이 경우, 상기 대지간 절연부는, 40K의 온도 및 2×10^{-6} torr의 압력을 유지하는 챔버를 이용하여 상기 초전도 에너지 저장 장치를 상기 외부로부터 절연할 수 있다.

[0011] 이때, 초전도 에너지 저장 장치의 제작 방법의 상기 턴간 절연부를 형성하는 단계는, 상기 코일에 상기 폴리이미드 필름을 50% 중첩 방식으로 권선할 수 있다.

[0012] 또한 초전도 에너지 저장 장치의 제작 방법의 상기 냉동기-코일간 절연부를 형성하는 단계는, 알루미늄으로 된 상기 보빈의 표면을 산화시켜 상기 보빈의 표면을 Al_2O_3 의 세라믹으로 코팅할 수도 있다.

[0013] 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 초전도 에너지 저장 장치는, 토로이드 형태로 정렬되는 복수 개의 더블 팬케이크 코일부 및 상기 복수 개의 더블 팬케이크 코일부 각각의 사이에 삽입된 GFRP 스페이서로 구성되는 코일간 절연부를 포함할 수 있다.

[0014] 또한 초전도 에너지 저장 장치의 상기 복수 개의 더블 팬케이크 코일부 각각은, 두 개의 보빈, 상기 두 개의 보빈 각각에 팬케이크 권선 방식으로 권선된 두 개의 팬케이크 코일, 상기 두 개의 팬케이크 코일 사이에 삽입된 GFRP 플레이트로 구성되어 상기 두 개의 팬케이크 코일 사이에 절연을 형성하는 층간 절연부 및 상기 팬케이크 코일을 구성하는 적어도 하나의 코일에 폴리이미드 필름을 권선하여 상기 코일의 턴간 절연을 형성하는 턴간 절연부를 포함할 수 있다.

[0015] 또한 초전도 에너지 저장 장치는 상기 초전도 에너지 저장 장치의 냉각을 위한 냉동기 및 상기 더블 팬케이크 코일부 사이를 세라믹코팅을 이용하여 절연하는 냉동기-코일간 절연부를 더 포함할 수 있다.

[0016] 본 발명의 다른 실시 예에 따른 초전도 에너지 저장 장치는 외부와의 절연 상태를 유지하면서 상기 초전도 에너지 저장 장치를 지지하기 위한 대지간 절연부를 더 포함할 수도 있다.

[0017] 이에 따라, 초전도 에너지 저장 장치의 개별 구성 요소 간의 전자기적 영향, 전류 누설, 절연 파괴 및 연면방전이 예방될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 절연된 초전도 에너지 저장 장치를 설명하기 위한 개념도이다.

도 2는 폴리이미드 필름의 관통절연과괴 특성을 설명하기 위한 그래프이다.

도 3은 GFRP 플레이트의 연면방전 특성을 설명하기 위한 그래프이다.

도 4는 Al_2O_3 코팅의 관통절연과괴 특성을 설명하기 위한 그래프이다.

도 5는 GFRP 스페이서의 연면방전 특성을 설명하기 위한 그래프이다.

도 6은 진공의 관통절연과괴 특성을 설명하기 위한 그래프이다.

도 7은 압력 변화에 따른 진공의 절연과괴 특성을 설명하기 위한 그래프이다.

도 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 제작 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하에서는 본원 발명의 실시 예에 대하여 첨부된 도면을 참조하여 더욱 상세하게 설명한다.

[0020] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 절연 설계된 초전도 에너지 저장 장치를 설명하기 위한 개략도이다.

[0021] 도 1을 참조하면, 복수 개의 더블 팬케이크 토로이드 형태로 배열된 초전도 에너지 저장 장치를 절연하는 구성은 크게 다섯 가지로 나누어진다.

[0022] 첫 번째로, 초전도 코일(미도시)에 폴리이미드 필름이 권선되어 코일의 각각의 턴 사이가 절연되어 턴간 절연부가 형성될 수 있다. 폴리이미드 필름은 고온에 대한 안정성 및 효과적인 기계적 특성, 더욱 상세하게는 영상 400도 이상의 고온이나 영하 269도의 저온을 견딜 수 있다. 폴리이미드 필름은 저온에 대하여 안정성을 가지기 때문에, 내부 상태를 언제나 저온으로 유지해야 하는 초전도 에너지 저장장치의 절연 물질로써 이용될 수 있다.

[0023] 특히 커플링제가 부가된 폴리이미드 용액 속에 실리콘 수지 단량체를 주입하고 솔-젤법으로 축중합시켜 폴리이미드 기질 속에 고무 상인 실리콘 수지를 나노 크기 입자로 분산시켜서 형성된 폴리이미드 필름의 경우는 충격 강도에 대한 특성이 양호하다.

[0024] 본 발명의 일 실시 예에 따른 절연 설계된 초전도 에너지 저장 장치는 폴리 이미드 필름이 50% 중첩 방식으로 권선된 코일을 포함할 수 있으며, 이에 따라서 코일의 임의의 턴이 코일의 다른 임의의 턴에 미치는 전자기적 효과, 전류 누설 및 연면방전 뿐만 아니라 기계적 충격으로 인한 초전도 에너지 저장 장치의 열화 등이 예방될 수 있다. 폴리이미드 필름에 의한 턴간 절연에 대한 관통 절연과괴 특성에 대하여서는 도 2와 관련하여 더욱 상세하게 후술하도록 한다.

[0025] 폴리이미드 필름이 권선된 코일을 팬케이크 권선 방법으로 보빈(200)에 권선하여 팬케이크 코일(100)을 형성한다. 본 발명의 일 실시 예에 따른 초전도 에너지 저장 장치는 더블 팬케이크 코일부를 구비하기 때문에, 하나의 더블 팬케이크 코일부를 형성하기 위하여 두 개의 팬케이크 코일(100)이 마련된다.

[0026] 두 번째로, 하나의 더블 팬케이크 코일부(30)를 형성하는 두 개의 팬케이크 코일(100)의 각 층 사이를 절연하기 위하여 팬케이크 코일(100)의 층 사이에 GFRP 플레이트(300)를 삽입하여 층간 절연부를 형성할 수 있다. GFRP는 유리섬유, 탄소섬유, 케블라 등의 방향족 나일론섬유와 불포화 폴리에스터?에폭시수지 등의 열경화성수지를 결합한 물질로써, 철보다 강하고 알루미늄보다 가벼우며 녹슬지 않고 가공하기 쉽다는 것이 장점이다. 특히 GFRP는 극저온에서 이용될 수 있으며, 이와 같은 극저온에 대한 특성으로 인하여 층간 절연에 이용될 수 있다.

[0027] GFRP를 이용한, GFRP 플레이트(300)의 연면방전 특성에 대하여서는 도 3과 관련하여 더욱 상세하게 설명하도록 한다.

[0028] 팬케이크 코일(100), 보빈(200), 인클로저(10) 및 GFRP(300)는 함께 더블 팬케이크 코일부(30)를 형성한다.

[0029] 세 번째로, 복수 개의 더블 팬케이크 코일부(30)를 토로이드 형태로 정렬하는 경우에 있어서, 각 더블 팬케이크 코일부(30) 사이에도 절연, 즉 코일간 절연부가 요구된다. 여기에서 토로이드 형태란 것은, 실제로 초전도 물질

이 토로이드 권선 방식으로 권선되었다는 것은 아니며, 복수 개의 더블 팬케이크 코일부를 지면과 수직한 방향으로 세운 후, 각각 마주보는 상태에서 원형으로 배열한 것을 의미한다. 더블 팬케이크 코일부(30)간 절연의 방법으로써, 본 발명의 일 실시 예에 따른 초전도 에너지 저장 장치는 복수 개의 더블 팬케이크 코일부(30) 간에 삽입된 GFRP 스페이서(500)를 포함할 수 있다. GFRP 스페이서(500)를 더블 팬케이크 코일부(30) 간에 삽입함으로써 복수 개의 더블 팬케이크 코일부(30) 간의 전자기적 영향, 전류 누설 또는 연면방전이 예방될 수 있다.

[0030] GFRP 스페이서(400)의 연면방전 특성에 대하여서는 도 5와 관련하여 더욱 상세하게 설명하도록 한다.

[0031] 네 번째로, 각각의 더블 팬케이크 코일부(30)와 에너지 저장 장치를 저온으로 유지시키는 냉동기 간의 절연, 즉 냉동기-코일간 절연부를 형성할 수 있다. 특히 전도 냉각 초전도 에너지 저장 시스템은 극저온 냉동기를 사용하여 초전도 마그네트를 냉각시키므로, 열전도를 최대화하기 위하여 냉각헤드(400)와 마그네트 보빈(200)의 접촉의 중요성이 대두된다. 다만, 열전도율이 우수한 재료는 전기절연이 취약한 단점이 존재한다.

[0032] 취약한 전기절연을 보완하기 위하여, 본 발명의 일 실시 예에 따른 절연 설계된 초전도 에너지 저장 장치는 세라믹코팅 절연 방식을 이용한다. 세라믹코팅 절연 방식을 적용하기 위하여, 초전도 에너지 저장 장치의 보빈(200)은 알루미늄으로 제작될 수 있으며, 이 후 알루미늄 보빈(200)의 표면은 산화되어 보빈(200)의 표면이 Al_2O_3 의 세라믹으로 코팅될 수 있다. 세라믹코팅 절연 방식은 코팅된 절연체의 두께에 절연 특성이 의존되며, 이에 대하여서는 도 4와 관련하여 더욱 상세하게 후술하도록 한다.

[0033] 다섯 번째로, 초전도 에너지 저장 장치와 외부 사이의 절연(대지간 절연)(600)이 요구된다. 초전도 에너지 저장 장치는 대지간 절연부(600)에 의하여 지면 상에 지지될 수 있으며, 동시에 대지간 절연부(600)는 냉각과 절연을 위하여 내부가 저압 상태로 유지되어야 한다. 본 발명의 일 실시 예에 따른 초전도 에너지 저장 장치는 초전도 에너지 저장 장치의 운전환경과 유사한 대지간 절연 환경을 구축할 수 있도록 40K의 극저온 및 2×10^{-6} torr의 압력을 유지할 수 있다. 상술한 환경에서의 진공의 관통절연과피 특성에 대하여서는 도 5와 관련하여 더욱 상세하게 후술하도록 한다.

[0034] 상술한 바와 같은 다섯 개의 구성에 의한 절연 설계를 통하여, 초전도 에너지 저장 장치의 개별 구성 요소 간의 전자기적 영향, 전류 누설, 절연 파괴 및 연면방전이 예방될 수 있다.

[0035] 지금부터는 도 2 내지 도 7과 관련하여 각종 절연 재료의 절연 특성에 대하여 살펴보기로한다. 여기에서는 하나의 실시 예로, 설계자가 20kV의 운전전압으로 구동되는 MJ급 HTS초전도 에너지 저장 시스템의 절연을 설계하는 예를 가정하여 이에 따라서 각종 절연 재료의 효율적인 절연 설계를 위한 수치 등을 고려해보도록 한다.

[0036] 도 2는 턴간 절연에 있어서, 폴리이미드 필름의 관통절연과피 특성을 설명하기 위한 그래프이다.

[0037] 본 발명의 일 실시 예에 따른 제작 방법은 MJ급 HTS 초전도 에너지 저장 시스템에 적용될 수 있다. 이 경우, MJ급 HTS 초전도 에너지 저장 시스템의 운전전압의 약 2배를 견딜 수 있는 두께의 폴리이미드 필름이 요구되며, 설계자가 원하는 운전전압에 따라서 폴리이미드 필름의 두께를 조정하여 권선할 수 있다.

[0038] 예를 들어, 설계자가 20kV급의 MJ급 HTS 초전도 에너지 저장 시스템을 설계하고자 한다면, 폴리이미드의 관통절연과피 전압은 40kV 이상일 것이 요구되며, 이에 따라서 설계자는 폴리이미드의 두께를 2 layer number로 결정할 수 있다. 폴리 이미드를 권선하는 경우에는 필름의 두께가 매우 얇기 때문에 기계적인 손상이 필름에 가해지지 않도록 하여야 한다. 기계적인 손상을 최소화할 수 있도록 설계자는 바람직하게는 50%의 중첩 방식으로 폴리이미드 필름을 권선할 수 있다.

[0039] 도 3은 GFRP 플레이트의 연면방전 특성을 나타내는 그래프이다. 연면방전은 절연재료의 종류 및 형상, 전극의 표면 처리, 인가되는 전압의 형태, 전압의 세기. 주위 매질에 의존한다. 도 3을 참조하면, 플레이트의 길이에 따른 플레이트의 섬락 전압이 도시되어 있으며, 설계자는 원하는 운전전압에 따라서 GFRP의 길이를 조정하여 설계할 수 있다.

[0040] 도 3에 도시된 바와 같이, 플레이트의 길이가 증가함에 따라서 플레이트 섬락 전압이 증가함을 알 수 있다. 예를 들어, 설계자가 20kV급의 MJ급 HTS 초전도 에너지 저장 시스템을 설계하고자 한다면, 플레이트의 길이는 최소한 2mm 이상으로 결정하여야 한다.

[0041] 도 4는 Al_2O_3 코팅의 관통절연과피 특성을 설명하기 위한 그래프이다. 상술한 바와 같이, 세라믹코팅 절연방식은 코팅된 절연체의 두께에 관통절연과피 특성이 크게 의존한다.

- [0042] 도 4를 참조하면, 절연체의 두께가 증가함에 따라서 관통과피 전압도 증가함을 알 수 있다. 설계자는 원하는 운전전압에 따라서 산화시킬 절연체의 두께를 결정하여 절연 시스템을 설계할 수 있다. 예를 들어, 설계자가 20kV 급의 MJ급 HTS 초전도 에너지 저장 시스템을 설계하고자 한다면, 세라믹코팅의 두께를 최소한 0.3mm 이상으로 결정하여야 한다.
- [0043] 도 5는 GFRP 스페이서의 연면방전 특성을 나타내는 그래프이다. 상술한 바와 같이, 복수 개의 토로이드 각각 사이의 절연(D)은 코일간에 삽입된 GFRP의 연면방전 특성에 크게 의존한다. 도 5는 진공 중의 GFRP의 연면방전 특성을 나타낸다. 토로이드간 절연은 길이방향과 칼라방향에 의한 2차원 방전경로를 가질 수 있다. 설계자는 원하는 운전전압에 따라서 GFRP 스페이서의 길이를 조절하여 절연 시스템을 설계할 수 있다.
- [0044] 도 5에 도시된 바와 같이, GFRP의 길이가 증가함에 따라 섬락 전압 역시 증가한다. 예를 들어, 설계자가 20kV급의 MJ급 HTS 초전도 에너지 저장 시스템을 설계하고자 한다면, 2mm 이상의 길이를 가지는 GFRP 스페이서를 팬케이크 사이에 삽입하여야 한다.
- [0045] 도 6은 진공의 갭 거리에 따른 관통절연과피 특성을 나타내는 그래프이다. 본 발명의 일 실시 예에 따른 제작 방법은 진공도를 2×10^{-6} torr로 유지할 수 있다.
- [0046] 도 6을 참조하면, 진공에 의한 갭 거리가 증가함에 따라서, 관통절연과피 전압이 증가함을 알 수 있다. 진공에 의한 절연과피특성은 다른 매질에 비하여 우수하지만, 외부로부터의 충격 및 진동 또는 초전도 에너지 저장장치 내부의 소자의 불평등 전계의 형상 등을 염두하여 일정한 거리 이상의 수치를 결정하여야 한다. 설계자는 원하는 운전전압 및 외부 충격 또는 내부 소자의 불평등 전계의 형상 등을 고려하여 진공 갭 거리를 결정하여 절연 시스템을 설계할 수 있다.
- [0047] 도 7은 진공의 진공도에 따른 관통절연과피 특성을 나타내는 그래프이다.
- [0048] 도 7에 도시된 바와 같이, 10^{-7} torr에서부터 10^{-3} torr에 이르기까지의 절연과피 특성은 급감함을 알 수 있으며, 이에 따라 전도냉각 초전도 에너지 저장장치에 있어서 적어도 2×10^{-6} torr 이하의 압력을 유지하여야 함을 알 수 있다.
- [0049] 도 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 초전도 에너지 저장 장치의 제작 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0050] 도 8에 따르면, 초전도 에너지 저장 장치의 제작 방법은 적어도 하나의 코일에 폴리이미드 필름을 권선하여 코일의 턴 간 절연을 형성하는 턴간 절연부를 형성할 수 있다(S810). 이어서, 턴간 절연된 코일을 보빈에 팬케이크 권선방식으로 권선하여, 두 개의 팬케이크 코일을 형성할 수 있다(S820).
- [0051] 이 때, 두 개의 팬케이크 코일 사이에 GFRP(glass fiber reinforced plastic) 플레이트를 삽입하여, 팬케이크 코일 층 사이가 절연된 복수 개의 더블 팬케이크 코일부를 마련할 수 있다(S830).
- [0052] 또한, 제작 방법은 또한 복수 개의 더블 팬케이크 코일부를 토로이드(toroid) 형태로 정렬시키면서, 복수 개의 더블 팬케이크 코일부 코일 사이에 GFRP 스페이서를 삽입하여 복수 개의 더블 팬케이크 코일부 사이의 절연을 형성하는 코일간 절연부를 형성할 수 있다(S840).
- [0053] 또한 제작 방법은 초전도 에너지 저장 장치의 냉각을 위한 냉동기 및 복수 개의 더블 팬케이크 코일부 사이를 세라믹코팅을 이용하여 절연하는 냉동기-코일간 절연부를 형성할 수 있다(S850). 더욱 상세하게는 상술한 바와 같이, 알루미늄으로 제작된 보빈의 표면을 산화시켜 냉동기-코일간이 절연될 수 있다.
- [0054] 제작 방법은 초전도 에너지 저장 장치와 외부를 저압을 이용하여 절연하는 대지간 절연부를 형성할 수 있다(S860). 본 발명의 바람직한 일 실시 예에 따른 제작 방법은 상술한 바와 같이, 40K의 극저온 및 2×10^{-6} torr의 압력을 유지할 수 있다. 이에 따라, 초전도 에너지 저장 장치의 개별 구성 요소 간의 전자기적 영향, 전류 누설, 절연 파괴 및 연면방전이 예방될 수 있다.
- [0055] 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시 예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면, 누구든지 본 발명의 기술적 사상 및 범위를 벗어나지 않는 범주 내에서 본 발명의 바람직한 실시 예를 다양하게 변경할 수 있음은 물론이다. 따라서 본 발명은 특허청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어나지 않는다면 다양한 변형 실시가 가능할 것이며, 이러한 변형 실시들은 본 발명의 기술적 사상이나 전방으로부터 개별적으로 이해되어져서는 안될 것이다.

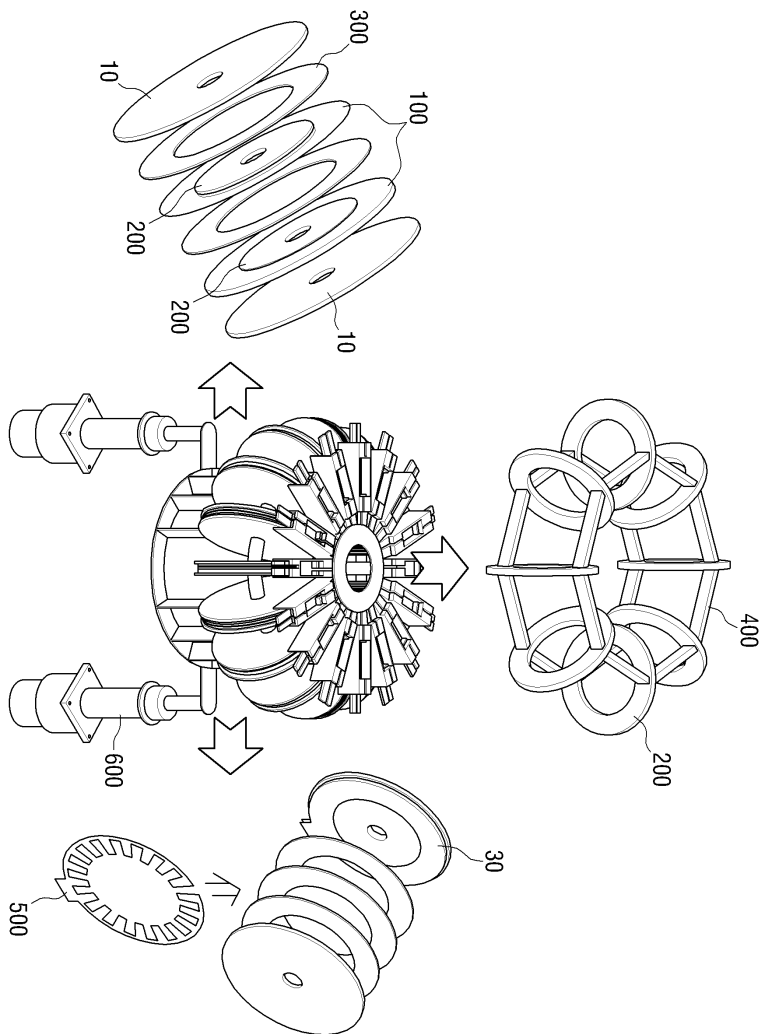
부호의 설명

[0056]

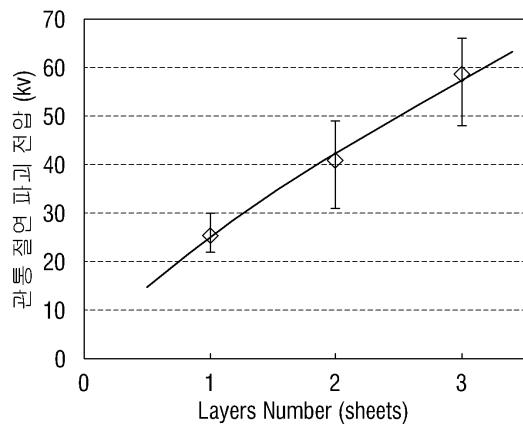
10 : 인클로저 30 : 더블 팬케이크 코일부
 100 : 팬케이크 코일 200 : 보빈
 300 : GFRP 400 : 냉각헤드
 500 : GFRP 스페이서 600 : 대지간 절연부

도면

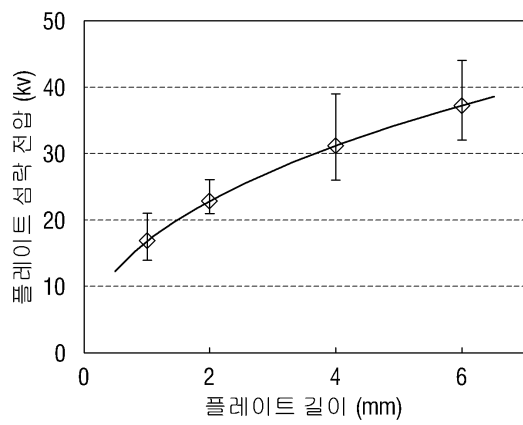
도면1



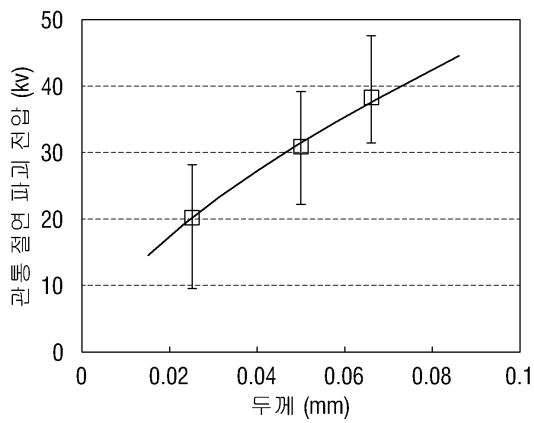
도면2



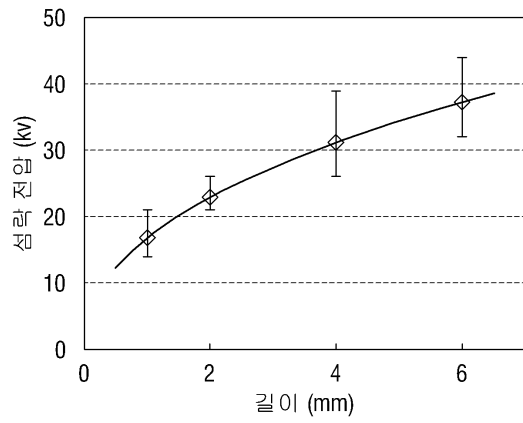
도면3



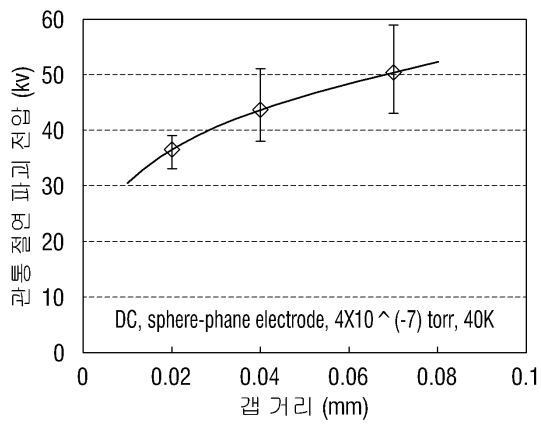
도면4



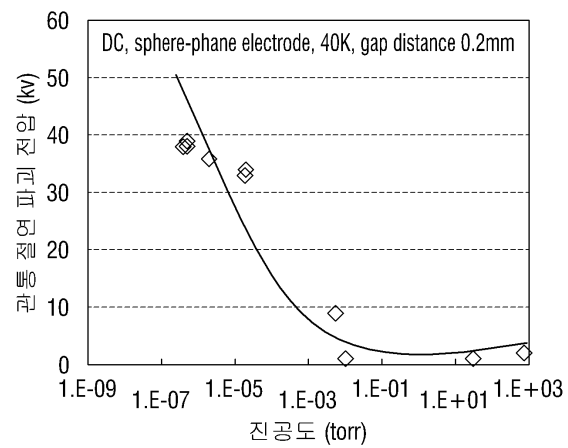
도면5



도면6



도면7



도면8

