

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2016년 3월 31일 (31.03.2016)



(10) 국제공개번호
WO 2016/047909 A1

- (51) 국제특허분류:
H01B 12/02 (2006.01) H01B 7/20 (2006.01)
H01B 7/17 (2006.01) H01B 1/02 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2015/007417
- (22) 국제출원일: 2015년 7월 16일 (16.07.2015)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2014-0125878 2014년 9월 22일 (22.09.2014) KR
10-2015-0081385 2015년 6월 9일 (09.06.2015) KR
- (71) 출원인: 엘에스전선 주식회사 (LS CABLE & SYSTEM LTD.) [KR/KR]; 431-848 경기도 안양시 동안구 엘에스로 127 (호계동), Gyeonggi-do (KR).
- (72) 발명자: 나진배 (NA, Jin-Bae); 137-797 서울시 서초구 잠원로 157, 120 동 107 호 (잠원동, 신반포 16 차아파트), Seoul (KR). 김영웅 (KIM, Young-Woong); 695-922 제주도 제주시 한림읍 귀덕 7길 5, 2 동 112 호 (초록마을아파트), Jeju-do (KR). 최창열 (CHOI, Chang-Youl); 426-771 경기도 안산시 상록구 화랑로 527, 1011 동

1403 호 (성포동, 주공 10 단지아파트), Gyeonggi-do (KR). 성희경 (SUNG, Heo-Gyung); 450-130 경기도 평택시 현신 6길 3, 303 호 (용이동, 준펠리스 아파트), Gyeonggi-do (KR). 이석주 (LEE, Seok-Ju); 440-330 경기도 수원시 장안구 일월로 84, 404 호 (천천동), Gyeonggi-do (KR).

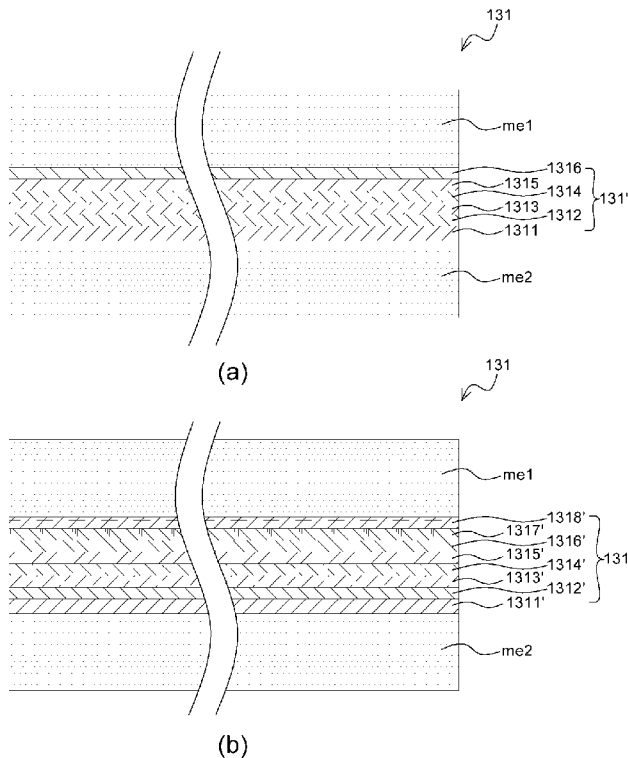
(74) 대리인: 김준현 (KIM, Joon Hyun) 등; 137-860 서울시 서초구 사임당로 174 강남미래타워 801, 퍼스트국제특허법률사무소, Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[다음 쪽 계속]

(54) Title: SUPERCONDUCTING CABLE

(54) 발명의 명칭 : 초전도 케이블



(57) Abstract: The present invention relates to a superconducting cable for reinforcing the physical rigidity of a superconducting wire and, furthermore, for diversifying a distribution path of a fault current so as to reduce the diameter (cross-sectional area) or weight of a former.

(57) 요약서: 본 발명은 초전도 선재의 물리적 강성이 보강되고 더 나아가 사고 전류의 분류 경로가 다변화되어 포머의 직경(단면적) 또는 무게를 줄일 수 있는 초전도 케이블에 관한 것이다.

WO 2016/047909 A1



(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

명세서

발명의 명칭: 초전도 케이블

기술분야

- [1] 본 발명은 초전도 케이블에 관한 것이다. 보다 상세하게, 본 발명은 초전도 선재의 물리적 강성이 보장되고 더 나아가 사고 전류의 분류 경로가 다변화되어 포머의 직경(단면적) 또는 무게를 줄일 수 있는 초전도 케이블에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 초전도 선재는 일정한 온도에서 전기저항이 제로에 가까이 수렴하므로, 낮은 전압에서도 큰 전력 전송 능력을 갖는다.
- [3] 이러한 초전도 선재를 구비하는 초전도 케이블은 극저온 환경을 형성 및 유지하고자 질소 등의 냉매를 사용하여 냉각시키는 방법 및/또는 진공층을 형성하는 단열의 방법을 사용한다.
- [4] 종래 소개된 초전도 케이블을 구성하는 초전도 선재들은 초전도 케이블을 제조하기 위하여 포머 등의 외측에 나선형으로 권선된 상태로 드럼 등에 권취되거나, 포설구간에서 초전도 케이블이 밴딩되는 경우 지속적인 텐션 또는 비틀림이 인가될 수 있으며, 이러한 스트레스는 두께가 0.1mm 정도밖에 안되는 초전도 선재의 끊어짐 등의 문제를 발생시킬 수 있다. 특히, 전체 초전도 케이블에서 초전도 선재가 차지하는 비용의 비율이 가장 크므로, 초전도 선재의 내구성 또는 물리적 신뢰성이 요구된다.
- [5] 그리고 초전도 케이블은 코어부 최내부에 포머가 구비될 수 있다. 포머는 복수 개의 구리 등의 금속 재질로 구성되는 소선들이 구비될 수 있다. 포머를 구성하는 각각의 소선들을 초전도 선재와 병렬연결을 하여, 초전도 시스템 전력계통에서 고장전류 발생시 귀로 도체로 역할할 수 있다.
- [6] 그러나, 사고전류의 귀로 역할을 수행하는 포머를 구성하는 선재는 일반 금속 도체가 사용되므로 초전도 선재에 비해 상대적으로 큰 직경을 가지며, 전체 초전도 케이블의 직경에 상당 부분을 차지한다.
- [7] 그러나, 초전도 케이블을 구성하는 초전도 선재의 강성이 보장되면서도, 포머 등의 직경을 줄일 수 있는 초전도 선재를 구비한 초전도 케이블은 아직 소개된 바가 없다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [8] 본 발명은 초전도 선재의 물리적 강성이 보장되고 더 나아가 사고 전류의 분류 경로가 다변화되어 포머의 직경(단면적) 또는 무게를 줄일 수 있는 초전도 케이블을 제공하는 것을 해결하고자 하는 과제로 한다.

과제 해결 수단

- [9] 상기 과제를 해결하기 위하여, 본 발명은 복수 개의 구리 소선으로 구성되는

포머, 복수 개의 초전도 선재로 구성되는 초전도 도체층, 절연층 및 복수 개의 초전도 선재로 구성되는 초전도 차폐층이 순차적으로 구비되는 코어부를 구비하며, 상기 포머와 초전도 도체층을 구성하는 각각의 초전도 선재가 병렬 연결되는 초전도 케이블에 있어서, 상기 초전도 도체층을 구성하는 각각의 초전도 선재의 기계적 강성을 보강하기 위하여 각각의 상기 초전도 선재의 양표면에 상온에서 통전성이 있는 금속 재질의 통전 레이어를 포함하고, 상기 포머의 단면적은 초전도 선재에 통전 레이어가 부가되지 않은 초전도 케이블에서 모든 사고 전류가 포머로 흐를 것을 전제하여 설계된 포머의 단면적보다 작은 것을 특징으로 하는 초전도 케이블을 제공할 수 있다.

- [10] 이 경우, 상기 코어부를 구성하는 포머의 상기 최소 단면적은 50KA/sec 또는 25KA/0.5sec 최소 단락조건을 만족하는 단면적일 수 있다.
- [11] 그리고, 상기 통전 레이어는 황동 재질이며, 상기 통전 레이어가 부가된 초전도 선재의 두께를 3y 내지 5y로 구성하는 경우, 상기 포머의 최소 단면적은 0.6 A (mm²) 내지 0.9 A (mm²)로 구성될 수 있다.
- [12] 여기서, 상기 초전도 선재는 은(Ag) 레이어를 포함하며, 상기 초전도 도체층을 구성하는 초전도 선재의 상기 통전 레이어 및 상기 은(Ag) 레이어는 상기 초전도 선재의 측면 솔더링 또는 표면 금속코팅에 의하여 전기적으로 연결될 수 있다.
- [13] 여기서, 상기 통전 레이어가 부가된 초전도 선재의 인장강도는 95 퍼센트 전류 감쇄 (IC relentation) 기준 200 메가파스칼(Mpa) 내지 800 메가파스칼(Mpa)일 수 있다.
- [14] 이 경우, 상기 초전도 선재의 양표면에 부가되는 상기 통전 레이어의 두께는 0.1 밀리미터(mm) 내지 0.2 밀리미터(mm)일 수 있다.
- [15] 또한, 상기 과제를 해결하기 위하여, 본 발명은 포머, 상기 포머 외측에 상기 포머의 길이방향으로 나란히 배치되는 복수 개의 초전도 선재를 포함하는 적어도 1층 이상의 초전도 도체층, 상기 초전도 도체층 외측에 상기 포머의 길이방향으로 나란히 배치되는 복수 개의 초전도 선재를 포함하여 구성되는 적어도 1층 이상의 초전도 차폐층을 포함하며, 상기 초전도 도체층 및 초전도 차폐층을 구성하는 초전도 선재는 금속 기판 레이어, 상기 금속 기판 레이어 상부에 복수 층으로 증착되며 초전도 레이어를 포함하여 구성된 증착 레이어 및 상기 증착 레이어 외측에 구비되는 은 재질로 구성되는 은(Ag) 레이어를 포함하고, 상기 초전도 선재를 구성하는 상기 금속 기판 레이어의 외측 및 상기 은(Ag) 레이어의 외측 양표면에 금속 재질로 구성된 상온에서 통전성이 있는 금속 재질의 통전 레이어가 더 부가되는 것을 특징으로 하는 초전도 케이블을 제공할 수 있다.
- [16] 그리고, 상기 통전 레이어를 구성하는 금속은 황동(Brass) 재질일 수 있다.
- [17] 여기서, 상기 통전 레이어는 0.1 밀리미터(mm) 내지 0.2 밀리미터(mm)의 두께일 수 있다.
- [18] 여기서, 상기 초전도 선재를 구성하는 상기 금속 기판 레이어의 외측 및 상기

은(Ag) 레이어의 외측 모두에 미리 결정된 두께를 갖는 금속 통전 레이어가 구비되는 경우, 상기 초전도 선재에 금속 통전 레이어가 구비되지 않는 경우보다 상기 포머의 전기적 단락 사고 발생시 미리 결정된 시간 동안 요구되는 최소 통전량 조건인 최소 단락조건을 만족하는 최소 단면적이 작을 수 있다.

[19] 여기서, 상기 최소 단락조건은 50KA/sec 또는 25KA/0.5sec 중 어느 하나일 수 있다.

[20] 이 경우, 상기 통전 레이어는 상기 초전도 선재에 솔더링될 수 있다.

[21] 그리고, 상기 통전 레이어를 상기 초전도 선재에 솔더링하기 위한 솔더는 주석(Sn), 납(Pb) 및 은(Ag)을 구성 성분으로 하며, 녹는점은 200°C 이하일 수 있다.

[22] 여기서, 상기 초전도 선재를 구성하는 금속 기판 레이어 및 은(Ag) 레이어와 함께 상기 통전 레이어가 사고 전류의 귀로도체로 사용되기 위하여 상기 초전도 선재의 표면이 구리 도금되거나, 상기 초전도 선재의 측면이 솔더링될 수 있다.

[23] 여기서, 원형 또는 원형 파이프 형태로 압축된 복수 개의 도체 소선, 상기 복수 개의 도체 소선 외측에 배치되어 적어도 1층 이상의 초전도 도체층을 형성하는 복수 개의 초전도 선재, 상기 초전도 도체층을 형성하는 복수 개의 초전도 선재의 외측을 복수 회 권선하여 절연층을 형성하는 절연지 및, 상기 절연지 외측에 배치되어 적어도 1층 이상의 초전도 차폐층을 형성하는 복수 개의 초전도 선재;을 포함하며, 상기 초전도 도체층 및 상기 초전도 차폐층을 구성하는 각각의 초전도 선재의 양면에 금속 박막층이 부가될 수 있다.

[24] 상기 금속 박막층은 0.1 밀리미터(mm) 내지 0.2 밀리미터(mm)의 두께의 황동(brass) 재질일 수 있다.

[25] 이 경우, 상기 금속 박막층은 주석(Sn), 납(Pb) 및 은(Ag)을 구성 성분으로 하는 솔더에 의하여 솔더링될 수 있다.

[26] 그리고, 상기 초전도 선재와 상기 금속 테이프를 전기적 연결하기 위하여, 상기 초전도 선재의 측면은 솔더링되거나 상기 초전도 선재의 표면이 구리 코팅되고, 상기 금속 박막층이 사고 전류의 귀로로 사용될 수 있다.

[27] 여기서, 상기 금속 박막층이 부가된 초전도 선재의 인장강도는 95 퍼센트 전류 감쇄 (IC relentation) 기준 200 메가파스칼(Mpa) 내지 800 메가파스칼(Mpa)일 수 있다.

발명의 효과

[28] 본 발명에 따른 초전도 케이블에 의하면, 초전도 선재에 금속 박막층 형태의 통전 레이어가 부가되어 초전도 선재의 물리적 강성이 보장될 수 있다.

[29] 또한, 본 발명에 따른 초전도 케이블에 의하면, 상기 금속 박막층 형태의 통전 레이어에 의하여 사고 전류의 분류 경로가 다변화되어 포머의 직경(단면적) 또는 무게를 줄일 수 있다.

[30] 또한, 본 발명에 따른 초전도 케이블에 의하면, 초전도 선재 자체에 사고 전류의

통전이 가능한 통전 레이어가 부가되어, 초전도 케이블 중심부에 구비되어 사고 전류의 귀로 역할을 수행하기 위한 포머의 직경을 종래보다 줄여서 초전도 케이블의 전체 직경을 줄일 수 있다.

- [31] 또한, 본 발명에 따른 초전도 케이블에 의하면, 초전도 케이블의 코어를 구성하는 포머의 크기를 줄여 초전도 케이블의 크기를 줄임과 동시에 초전도 케이블의 원가 및 기타 수반 비용을 줄일 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [32] 도 1은 본 발명에 따른 초전도 케이블의 단계별 탈피된 사시도를 도시한다.
 [33] 도 2는 1에 도시된 초전도 케이블의 단면도를 도시한다.
 [34] 도 3은 초전도 케이블에 적용될 수 있는 초전도 선재의 예를 도시한다.
 [35] 도 4은 본 발명에 따른 초전도 케이블에 적용될 수 있는 초전도 선재의 몇가지 예들의 단면도를 도시한다.
 [36] 도 5는 본 발명에 따른 초전도 케이블의 다른 실시예를 도시한다.
 [37] 도 6은 도 5에 도시된 초전도 케이블이 수평방향으로 설치된 상태의 단면도를 도시한다.

발명의 실시를 위한 형태

- [38] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세히 설명하기로 한다. 그러나, 본 발명은 여기서 설명된 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예들은 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록, 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.
- [39] 도 1은 본 발명에 따른 초전도 케이블의 단계별 탈피된 사시도를 도시하며, 도 2는 1에 도시된 초전도 케이블의 단면도를 도시한다.
- [40] 본 발명에 따른 초전도 케이블의 기본 구조를 설명한다.
- [41] 도 1에 도시된 초전도 케이블은 포머(110), 상기 포머(110) 외부를 감싸도록 상기 포머(110)의 길이방향으로 나란히 배치되는 복수 개의 초전도 선재를 포함하는 적어도 1층 이상의 초전도 도체층(130), 상기 초전도 도체층(130)을 감싸는 절연 테이프(140), 상기 절연 테이프(140) 외부를 감싸도록 상기 포머(110)의 길이방향으로 나란히 배치되는 복수 개의 초전도 선재를 포함하여 구성되는 적어도 1층 이상의 초전도 차폐층(180)을 포함하는 코어부(100), 상기 코어부(100)를 냉각하기 위하여, 상기 코어부(100) 외측에 구비되며, 상기 코어부(100)를 냉각하기 위한 액상 냉매의 냉매유로를 구비하는 냉각부(200), 상기 냉각부(200) 외측에 구비되는 내부 금속관(300), 상기 내부 금속관(300) 외측에 구비되며, 단열재(401)가 여러 층으로 감겨진 단열층을 형성하는 단열부(400), 상기 냉각부(200)를 진공 단열시키기 위하여, 상기 단열부(400) 외부의 이격된 위치에 복수 개의 스페이서(560)를 구비하는 진공부(500), 상기

- 진공부(500) 외측에 구비되는 외부 금속관(600) 및, 상기 외부 금속관(600) 외측에 구비되어 시스층을 형성하는 외부자켓(700)를 포함할 수 있다.
- [42] 순차적으로 초전도 케이블을 구성하는 각각의 구성요소를 검토하면 다음과 같다. 상기 포머(110)는 납작하고 납작하고 긴 초전도 선재를 포머(110) 둘레에 장착하는 장소를 제공함과 동시에 형상을 형성하기 위한 틀로서 역할하고, 사고 전류가 흐르는 경로가 될 수 있다. 상기 포머(110)는 단면 원형의 복수의 구리(Cu) 도체 소선(111)들을 원형으로 압축한 형태를 가질 수 있다.
- [43] 구체적으로, 기본적으로 포머(110)는 둥근 원통형상으로 되었어, 납작하고 긴 초전도 선재를 올리기 위한 틀 역할을 한다. 상기 포머(110)의 직경은 초전도 선재의 폭을 고려하여 초전도 선재가 들뜨지 않고 초전도 선재끼리 포머(110)에 올렸을 때 최대한 원형에 가까운 구조로 이루어질 수 있도록 정해진다.
- [44] 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 상기 포머는 중심부가 팽창 형태로 구성될 수도 있으나, 상기 포머(110)는 중공의 파이프 형상으로 이루어져 초전도 선재를 올리기 위한 틀의 역할과 동시에 내부에 냉매가 이동하기 위한 경로 역할을 하도록 구성될 수 있으며, 포머를 구성하는 각각의 도체 소선(111)들은 구리 등으로 구성될 수 있으며, 각각의 소선을 각각의 초전도 선재와 병렬연결을 함으로써, 전력계통에서 전력 시스템의 단락(퀵치, 번개, 절연 파괴 등)으로 인한 고장전류 발생시 귀로도체 역할을 하도록 구성할 수도 있다.
- [45] 전력계통에서 고장전류 발생시 귀로도체의 역할은 도체 소선(111)으로 구성되는 포머 이외에도 후술하는 바와 같이 각각의 초전도 선재에 부착되며, 상온에서 통전성이 있는 금속 재질의 통전 레이어가 존재한다. 상기 통전 레이어는 금속 재질의 테이프 형태일 수 있다. 이에 대한 자세한 설명은 후술한다.
- [46] 고장전류의 용량에 따라 소선을 구성하는 구리 등의 도체 단면적이 정해질 수 있으며, 고압일 경우 구리 소선을 원형으로 압축하여, 연선했 형태로 이루어질 수 있다.
- [47] 후술하는 바와 같이, 본 발명에 따른 초전도 케이블을 구성하는 초전도 선재는 초전도 선재의 기계적 강성을 보강하기 위하여 초전도 선재의 양표면에 상온에서 통전성이 있는 금속 재질의 통전 레이어가 구비된다. 이와 같은 통전 레이어는 기계적 강성을 보강하여 초전도 선재의 권선시 비틀림 응력에 의한 끊어짐 등을 방지할 수 있다.
- [48] 이와 같은 통전 레이어는 초전도 선재의 기계적 강성을 보강함과 동시에 단락 등의 사고 발생시 상기 포머와 함께 사고 전류의 귀로 역할을 나누어 수행할 수 있으므로, 본 발명에 따른 초전도 케이블의 포머는 종래의 일반적인 초전도 케이블을 구성하는 포머의 직경보다 작은 직경을 가질 수 있다. 이에 대한 구체적인 설명은 뒤로 미룬다.
- [49] 상기 포머(110)를 구성하는 여러 가닥의 단면 원형의 도체 소선(111)들을 원형으로 압축한 연선의 형태를 이루기 때문에 포머(110)의 표면이 울퉁불퉁할

수밖에 없다. 따라서, 포머(110)의 울록볼록한 표면을 평활하게 하기 위하여 포머(110)의 외부에 평활층(120)이 피복될 수 있다. 상기 평활층(120)은 반도체성 카본지 또는 황동 테이프 등의 재질이 사용될 수 있다.

- [50] 상기 평활층(120)과 초전도 도체층(130) 사이에는 도면에 도시되지 않았으나 쿠션층이 더 구비될 수 있다. 상기 쿠션층은 반도체 카본지 테이프를 이용하여, 초전도 도체층을 보호하기 위하여 구비될 수 있다.
- [51] 상기 평활층(120)에 의하여 평탄화된 상기 포머(110) 외측에 복수 개의 초전도 선재(131)로 둘러싸여 층이 형성되는 제1 초전도 도체층(130a)이 구비될 수 있다. 제1 초전도 도체층(130a)은 복수 개의 초전도 선재가 나란히 인접하여 상기 평활층(120) 둘레를 감싸도록 설치될 수 있다.
- [52] 또한, 도 1에 도시된 바와 같이, 초전도 케이블을 통해 송전 또는 배전하려는 전류의 용량에 따라 초전도 도체층(130)은 복층으로 구성할 수도 있다.
- [53] 도 1에 도시된 실시예는 총 2층의 초전도 도체층(130a, 130b)이 구비됨이 도시된다. 또한, 초전도 도체층을 단순히 적층하여 배치하면 전류의 표피효과에 따라 전류 용량이 증가되지 않는다. 이러한, 문제점을 방지하기 위하여 초전도 도체층을 복층으로 구비하는 경우에는 초전도 도체층(130a, 130b) 사이에 절연 테이프(140)가 구비될 수 있다. 상기 절연 테이프(140)는 적층되는 초전도 도체층(130a, 130b) 사이에 배치되어 초전도 도체층(130a, 130b)을 상호 절연시켜 적층된 초전도 선재의 표피효과를 방지할 수 있다. 상기 절연 테이프(140)에 의하여 복층으로 적층된 초전도 도체층들의 통전 방향이 일치될 수 있다.
- [54] 도 1에 도시된 실시예에서, 상기 초전도 도체층(130)은 제1 초전도 도체층(130a)과 제2 초전도 도체층(130b) 2층으로 구성된 예가 도시되었으나, 필요에 따라 더 많은 층의 초전도 도체층이 구비될 수도 있다.
- [55] 그리고, 각각의 초전도 도체층(130a, 130b)을 구성하는 각각의 초전도 선재는 포머(110)를 구성하는 각각의 소선들과 병렬 연결될 수 있다. 초전도 선재로 흐르던 전류가 단락(퀵치, 번개, 절연 파괴, 초전도 조건의 파괴 등) 등의 사고시에 포머(110)의 소선으로 사고 전류가 분류되도록 하기 위함이다. 이와 같은 방법으로 초전도 선재의 발열 또는 손상 등을 방지할 수 있다.
- [56] 상기 제1 초전도 도체층(130a) 외측에 구비되는 제2 초전도 도체층(130b)의 외부에 내부 반도체층(150)이 구비될 수 있다. 상기 내부 반도체층(150)은 초전도 도체층(130)의 영역별 전계 집중을 완화하고 표면 전계를 고르게 하기 위하여 구비될 수 있다. 구체적으로, 초전도 선재의 모서리 부분에서 발생하는 전계 집중을 완화하고, 전계 분포를 고르게 하기 위해 구비될 수 있다. 이는 후술하는 외부 반도체층(170) 역시 마찬가지이다.
- [57] 상기 내부 반도체층(150)은 반도체 테이프가 권선되는 방식으로 구비될 수 있다.
- [58] 상기 내부 반도체층(150) 외측에는 절연층(160)이 구비될 수 있다. 상기 절연층(160)은 초전도 케이블의 절연 내력을 증가시키기 위하여 구비될 수 있다.

일반적으로 고전압 케이블의 절연을 위해서는 XLPE(Cross Linking-Polyethylene) 또는 오일 방식(oil filled cable)이 사용되지만, 초전도 케이블은 초전도 선재의 초전도성을 위하여 극저온으로 냉각되고, 극저온에서는 XLPE가 파손되어 절연 파괴되는 문제점이 있고, 오일 방식(oil filled cable)은 환경 문제 등이 발생할 수 있으므로, 본 발명에 따른 초전도 케이블은 절연층(160)으로서 일반 종이 재질의 절연지를 사용할 수 있으며, 상기 절연층(160)은 절연지를 복수 회 권선하는 방식으로 구성될 수 있다.

- [59] 상기 절연지는 크라프트지나 PPLP(Polypropylene Laminated Paper)가 주로 사용된다. 다양한 지절연 물질 중 초전도 케이블의 경우 권선의 용이성과 절연내력 특성 고려하여 PPLP 절연지가 사용된다.
- [60] 상기 절연층(160) 외부에는 외부 반도체층(170)이 구비될 수 있다. 상기 외부 반도체층 역시 초전도 도체층(130)의 영역별 전계 집중을 완화하고 표면 전계를 고르게 하기 위하여 구비될 수 있으며, 상기 외부 반도체층(170) 역시 반도체 테이프가 권선되는 방식으로 구비될 수 있다.
- [61] 그리고, 상기 외부 반도체층(170) 외측에는 초전도 차폐층(180)이 구비될 수 있다. 상기 초전도 차폐층(180)을 형성하는 방법은 상기 초전도 도체층(130)을 형성하는 방법과 마찬가지로 될 수 있다. 상기 외부 반도체층(170)의 표면이 고르지 못한 경우에는 필요에 따라 평활층(미도시)이 구비될 수 있으며, 상기 평활층 외부에 초전도 차폐층(180)을 형성하기 위한 초전도 선재를 각각 원주방향으로 나란히 배치할 수 있다.
- [62] 2세대 초전도 선재로 구성된 차폐층에 통전되는 전류는 초전도 도체층에 흐르는 전류의 약 95% 정도가 되도록 설계하여 누설자계의 최소화 가능할 수 있다.
- [63] 상기 초전도 차폐층(180) 외측에는 코어부(100)의 외장 역할을 하는 코어 외장층(190)이 구비될 수 있다. 상기 코어 외장층(190)은 각종 테이프 또는 바인더 등을 포함할 수 있으며, 후술하는 냉각층에 코어부(100)가 노출될 수 있도록 외장 역할 및 코어부(100)의 모든 구성물을 결속해 주는 역할을 수행하며, SUS 재질 등의 금속 테이프로 구성될 수 있다.
- [64] 이와 같은 방법으로 초전도 케이블의 코어부(100)가 구성될 수 있으며, 도 1 및 도 2에서 상기 평활층 및 상기 반도체층은 동일 재질의 단일 층으로 구성되는 것으로 도시되었으나, 필요에 따라 다양한 부속층들이 추가될 수 있다.
- [65] 상기 코어부(100) 외측에는 냉각부(200)가 구비될 수 있다. 상기 냉각부(200)는 상기 코어부(100)의 초전도 선재를 냉각하기 위하여 구비될 수 있으며, 상기 냉각부(200)는 그 내측에 액상 냉매의 순환유로가 구비될 수 있다. 상기 액상 냉매로는 액상 질소가 사용될 수 있으며, 상기 액상 냉매(액상 질소)는 영하 -200도 정도의 온도를 갖도록 냉각된 상태로 상기 냉각 유로를 순환하며 냉각부 내부의 코어부(100)에 구비되는 초전도 선재의 초전도 조건인 극저온이 유지되도록 할 수 있다.

- [66] 상기 냉각부(200)에 구비되는 냉각유로는 일방향으로 액상 냉매가 흐르도록 할 수 있으며, 초전도 케이블의 접속함 등에서 회수되어 재냉각되어 다시 상기 냉각부(200)의 냉각유로로 공급될 수 있다.
- [67] 상기 냉각부(200) 외측에는 내부 금속관(300)이 구비될 수 있다. 상기 내부 금속관(300)은 후술하는 외부 금속관(600)과 함께 초전도 케이블의 포설 및 운전 중에 코어부(100)의 기계적인 손상을 방지하기 위한 초전도 케이블의 외장 역할을 수행한다. 초전도 케이블은 제작 및 운반이 용이하도록 드럼에 감기게 되며 설치 시에는 드럼에 감겨진 케이블을 전개하여 설치하므로 초전도 케이블에는 굽힘 응력 또는 인장 응력이 지속적으로 인가될 수 있다.
- [68] 이러한 기계적 응력이 인가되는 상황에서도 초기 성능을 유지하도록 하기 위하여 내부 금속관(300)을 구비할 수 있다. 따라서, 상기 내부 금속관(300)은 기계적 응력에 대한 강성 보강을 위하여 초전도 케이블의 길이 방향으로 용기 및 합몰이 반복되는 굴고 구조(corrugated)를 가지며, 상기 내부 금속관(300)은 알루미늄 등의 재질로 구성될 수 있다.
- [69] 상기 내부 금속관(300)은 상기 냉각부(200) 외측에 구비되므로, 액상 냉매의 온도에 대응되는 극저온일 수 있다. 따라서, 상기 내부 금속관(300)은 저온부 금속관으로 구분될 수 있다.
- [70] 또한, 상기 내부 금속관(300) 외주면에는 반사율이 높은 금속 필름에 열전도율이 낮은 고분자가 얇게 코팅된 단열재가 여러 층으로 감겨진 단열층을 포함하는 단열부(400)가 구비될 수 있다. 상기 단열층은 멀티 레이어 인슐레이션(MLI, Multi Layer Insulation)을 구성하고, 상기 내부 금속관(300) 측으로 열침입이 발생하는 것을 차단하기 위하여 구비될 수 있다.
- [71] 특히, 상기 내부 금속관(300)이 금속 재질로 구성되므로 전도에 의한 열침입 또는 열교환이 용이하므로, 상기 단열부(400)는 주로 전도에 의한 열교환 또는 열침입을 최소화할 수 있으며, 반사율이 높은 금속 필름 재질로 인하여 복사에 의한 열교환 또는 열침입을 방지하는 효과도 얻을 수 있다.
- [72] 상기 단열부(400)의 층수는 열침입을 최소화 하기 위해 조절이 가능하다. 많은 층으로 구성되면 복사열 차단 효과는 높아지나, 전도열 차단 효과와 진공층의 두께가 얇아짐에 따른 대류에 의한 열차단 효과가 떨어지므로 적절한 층수를 사용하는 것이 중요하다.
- [73] 상기 단열부(400) 외측에는 진공부(500)가 구비될 수 있다. 상기 진공부(500)는 상기 단열부(400)에 의한 단열이 충분하지 못한 경우 발생할 수 있는 상기 단열층 방향으로의 대류 등에 의한 열전달을 최소화하기 위하여 구비될 있다.
- [74] 상기 진공부(500)는 상기 단열부(400) 외측에 이격 공간을 형성하고, 상기 이격 공간을 진공화시키는 방법으로 형성할 수 있다.
- [75] 상기 진공부(500)는 상온인 외부로부터 상기 코어부 측으로 대류 등에 의한 열침입을 방지하기 위하여 구비되는 이격 공간으로서, 물리적 이격 공간을 형성하기 위하여 적어도 하나의 스페이서(560)를 구비할 수 있다. 상기

진공부(500) 내의 이격 공간 그 외측에 구비되는 외부 금속관(600) 등과 상기 진공부(500) 내측의 상기 단열부(400)가 접촉되는 것을 초전도 케이블의 전 영역에서 방지하기 위하여 상기 이격 공간 내에 적어도 1개의 스페이서(560)를 구비할 수 있으며, 구체적으로 초전도 케이블 또는 스페이서의 종류 또는 크기에 따라 증감될 수 있다. 도 1 및 도 2에 도시된 초전도 케이블(1000)은 4개의 스페이서가 구비되는 것으로 도시되었으나 그 개수는 증감될 수 있다.

- [76] 상기 스페이서(560)는 초전도 케이블의 길이방향을 따라 배치될 수 있으며, 상기 코어부(100) 외측, 구체적으로는 상기 단열부(400)를 나선형 또는 원형으로 감싸도록 권선할 수 있다.
- [77] 상기 스페이서(560)의 개수는 본 발명에 따른 초전도 케이블은 3개 내지 5개의 스페이서가 구비될 수 있다. 상기 스페이서는 이격 공간을 형성하여 전도에 의한 열교환을 방지할 수 있으며, 스페이서의 구조는 단층 또는 복층으로 구성될 수 있다.
- [78] 상기 스페이서(560)의 재질은 폴리 에틸렌(FEP, PFA, ETFE, PVC, P.E, PTFE) 재질일 수 있다.
- [79] 또한, 상기 스페이서(560)는 필요에 따라 불화 폴리 에틸렌(PTFE, Poly Tetra Fluoro Ethylene) 재질로 구성되거나, 일반 수지 또는 폴리 에틸렌 재질로 구성된 뒤 표면이 불화 폴리 에틸렌 등으로 코팅될 수 있다. 이 경우, 상기 불화 폴리 에틸렌은 테프론일 수 있다.
- [80] 테프론(Teflon)은 불소수지의 일종으로, 테프론은 불소와 탄소의 강력한 화학적 결합으로 인해 매우 안정된 화합물을 형성함으로써 거의 완벽한 화학적 비활성 및 내열성, 비점착성, 우수한 절연 안정성, 낮은 마찰계수 등의 특성들을 가지고 있다. 또한, 테프론은 어느 정도의 유연성을 가지므로, 상기 단열부(400)를 나선형으로 감싸며, 초전도 케이블의 길이방향으로 권선되어 배치될 수 있고, 어느 정도의 강도를 가지므로 단열부(400)와 외부 금속관(600)의 접촉을 방지하는 이격 수단으로 활용되어 진공부(500)를 구성하는 이격 공간을 물리적으로 유지하는 역할을 수행할 수 있다. 상기 스페이서(560)의 직경은 4 밀리미터(mm) 내지 8 밀리미터(mm)일 수 있다. 상기 스페이서(560)의 단면 형태는 원형, 삼각형, 사각형, 별형 등의 다양한 형태가 가능하다.
- [81] 상기 스페이서(560)이 구비된 상기 진공부(500) 외측에는 외부 금속관(600)이 구비될 수 있다. 상기 외부 금속관(600)은 상기 내부 금속관(300)과 동일한 형태와 재질로 구성될 수 있으며, 상기 외부 금속관(600)은 상기 내부 금속관(300)보다 더 큰 직경으로 구성되어 스페이서(560)를 통한 이격 공간의 형성을 가능하게 할 수 있다. 상기 스페이서(560)에 대한 자세한 설명은 뒤로 미룬다.
- [82] 그리고, 상기 외부 금속관(600) 외측에는 초전도 케이블 내부를 보호하기 위한 외장 기능을 수행하는 외부자켓(700)이 구비될 수 있다. 상기 외부자켓은 통상적인 전력용 케이블의 외부자켓(700)을 구성하는 시스재가 사용될 수 있다.

상기 외부자켓(700)는 그 내부의 금속관(600) 등의 부식을 방지하고 외력에 의한 케이블 손상을 방지할 수 있다. 폴리에틸렌(PE) 폴리염화비닐(PVC) 등의 재질로 구성될 수 있다.

- [83] 도 3은 초전도 케이블에 적용될 수 있는 초전도 선재의 예를 도시한다. 구체적으로, 도 3(a)는 통전 레이어가 구비되지 않은 기존의 초전도 선재(131')의 단면도를 도시하며, 도 3(b)는 상온 통전성이 있는 금속 재질의 통전 레이어가 부가된 초전도 선재(131)를 도시한다.
- [84] 본 발명에 따른 초전도 케이블은 전술한 바와 같이, 복수 개의 구리 소선(111)으로 구성되는 포머(110), 복수 개의 초전도 선재(131)로 구성되는 초전도 도체층(130), 절연층 및 복수 개의 초전도 선재로 구성되는 초전도 차폐층(180)이 순차적으로 구비되는 코어부(100)를 구비하며, 상기 포머(110)와 초전도 도체층(130)을 구성하는 각각의 초전도 선재(131)가 병렬 연결되는 초전도 케이블에 있어서,
- [85] 상기 초전도 도체층(130)을 구성하는 각각의 초전도 선재의 기계적 강성을 보장하기 위하여 각각의 상기 초전도 선재의 양표면에 상온에서 통전성이 있는 금속 재질의 통전 레이어(me1, me2)를 포함하고,
- [86] 상기 포머(110)의 단면적은 초전도 선재에 통전 레이어가 부가되지 않은 초전도 케이블에서 모든 사고 전류가 포머로 흐를 것을 전제하여 설계된 포머의 단면적보다 작은 것을 특징으로 할 수 있다.
- [87] 초전도 케이블을 구성하는 초전도 선재는 초전도 케이블의 길이방향을 따라 나선형으로 권선되므로 비틀림 응력이 지속적으로 인가되므로, 초전도 케이블의 제작과정 또는 권취과정에서 초전도 선재의 끊어짐 현상이 발생할 수 있고, 초전도 케이블은 전술한 바와 같이, 단락(퀵치, 번개, 절연 파괴, 초전도 조건의 파괴 등) 등의 사고시에 귀로 도체로써 포머(110)가 사용된다.
- [88] 본 발명에 따른 초전도 케이블을 구성하는 초전도 선재는 양표면에 상온 통전성이 있는 금속 재질의 통전 레이어(me1, me2)가 구비되어 초전도 선재 자체의 기계적 강성을 보장하는 효과를 제공함과 동시에 초전도 시스템의 단락 사고 발생시 통전 레이어(me1, me2)가 귀로 도체의 기능을 포머와 함께 수행하게 되므로 통전 레이어(me1, me2)가 구비되지 않는 초전도 선재가 적용된 초전도 케이블에 비해 포머의 직경을 줄일 수 있으므로, 초전도 케이블 전체의 직경과 무게까지 줄이는 효과를 얻을 수 있다. 구체적으로 검토한다.
- [89] 본 발명에 따른 초전도 케이블은 초전도 선재의 강성 보장을 위하여 초전도 선재에 통전성이 있는 금속 재질의 통전 레이어(me1, me2)를 부가하고, 부가된 통전 레이어(me1, me2)는 사고도체의 귀로도 사용될 수 있으므로, 통전 레이어가 부가되지 않은 초전도 선재가 사용된 초전도 케이블에 비해 포머의 단면적을 줄일 수 있다.
- [90] 즉, 초전도 선재에 통전성이 있는 금속 재질의 통전 레이어(me1, me2)를 부가하지 않는 경우, 모든 사고 전류는 거의 포머로만 흐르게 될 것이며, 모든

사고전류를 대비할 수 있도록 포머의 단면적이 설계될 것이지만, 초전도 선재에 통전성이 있는 금속 재질의 통전 레이어(me1, me2)를 구비하면 사고 전류가 통전 레이어(me1, me2)로도 분류될 수 있으므로, 포머의 설계시 통전 레이어의 전체 단면적을 고려하여 단면적을 결정할 수 있다.

- [91] 도 3에 도시된 바와 같이, 상기 초전도 도체층(130)을 구성하는 초전도 선재의 폭이 x (mm) 및 두께가 y (mm)이고, 전기적 단락 사고 발생시 미리 결정된 시간 동안 요구되는 최소 통전량 조건인 최소 단락조건을 만족하기 위한 상기 포머의 최소 단면적이 A (mm²) 이상이고, 상기 초전도 도체층을 구성하는 각각의 초전도 선재의 기계적 강성을 보강하기 위하여 상기 초전도 선재의 양표면에 상온에서 통전성이 있는 금속 재질의 통전 레이어(me1, me2)를 추가하는 경우의 포머의 최소 단면적은 A (mm²)보다 작은 크기를 가질 수 있다. 보다 상세하게 검토하면 다음과 같다.
- [92] 도 3(a)에 도시된 종래의 초전도 선재는 폭이 x (mm) 및 두께가 y (mm)이며, 도 3(b)에 도시된 본 발명에 따른 초전도 케이블에 적용되는 초전도 선재는 종래의 초전도 선재의 양표면에 금속 재질로 구성되고 폭 x (mm) 및 두께 y (mm) 내지 $2y$ (mm)인 통전 레이어(me1, me2)가 추가된다.
- [93] 따라서, 본 발명에 따른 초전도 케이블에 적용되는 초전도 선재(131)는 기존의 초전도 선재(131')에 두께가 y (mm) 내지 $2y$ (mm)인 통전 레이어를 구비하여 전체적으로 두께가 $3y$ (mm) 내지 $5y$ (mm)로 구성될 수 있다.
- [94] 상기 통전 레이어는 후술하는 바와 같이 솔더링되어 기존의 초전도 선재에 추가될 수 있다.
- [95] 상기 통전 레이어(me1, me2)가 기존의 초전도 선재(131)의 양표면에 솔더링되어 추가되고, 초전도 선재(131)의 측면이 솔더링되거나 초전도 선재(131) 전체의 표면이 금속 코팅되면, 단락 등의 사고 발생시 사고전류는 각각의 초전도 선재(131)과 각각 병렬 연결된 포머(110)의 소선 이외에도 각각의 초전도 선재에 추가된 통전 레이어 측으로도 분류되므로 통전 레이어(me1, me2)는 포머와 함께 귀로 도체의 역할을 분담할 수 있다.
- [96] 또한, 각각의 통전 레이어(me1, me2)는 폭이 x (mm)이고 두께가 y (mm) 내지 $2y$ (mm)이지만 기존의 두께가 y (mm)인 초전도 선재의 양표면에 각각 추가되므로, 기존의 초전도 선재의 일표면에 $2y$ (mm) 내지 $4y$ (mm)인 통전 레이어를 하나만 추가하는 경우보다 표피 효과 등에 따른 통전 능력이 더 커질 수 있다.
- [97] 초전도 선재의 일표면에만 통전 레이어를 추가하는 경우보다, 초전도 선재의 양표면에 통전 레이어를 추가하는 경우, 초전도 선재의 벤딩시에 통전 레이어의 분리현상을 최소화하며 강성이 보장될 수 있으며, 귀로도체로 통전 레이어를 활용하는 경우에도 통전 레이어를 초전도 선재의 양표면에 추가하는 것이 유리하고 포머의 직경을 줄이는 것에 유리함을 짐작할 수 있다.
- [98] 구체적으로 황동 재질의 통전 레이어(me1, me2)가 추가된 초전도 선재(131)의

두께를 도 3(b)에 도시된 바와 같이, 3y 내지 5y로 구성하는 경우, 상기 상온 통전성이 있는 금속 박막층으로서의 통전 레이어(me1, me2)가 부가된 초전도 선재의 인장강도는 95 퍼센트 전류 감쇄 (IC reletation) 기준 200

메가파스칼(Mpa) 내지 800 메가파스칼(Mpa) 정도로 확인되어 초전도 선재를 초전도 케이블에 권선하는 경우 충분한 강성을 확보할 수 있음이 확인되었으며, 상기 포머의 최소 단면적은 0.6 A (mm²) 내지 0.9 A (mm²)로 구성될 수 있음을 확인할 수 있음이 실험 및 시뮬레이션 결과를 통해 확인이 가능하였다.

[99] 구체적으로, 통전 레이어가 부가되지 않은 폭이 x (mm) 및 두께가 y (mm)인 초전도 선재가 적용된 초전도 케이블에서 전기적 단락 사고 발생시 미리 결정된 시간 동안 요구되는 최소 통전량 조건인 최소 단락조건을 만족하기 위한 포머의 최소 단면적이 A (mm²) 이상이고, 상기 통전 레이어는 황동 재질이며, 상기 통전 레이어가 부가된 초전도 선재의 두께를 3y 내지 5y로 구성하는 경우, 상기 포머의 최소 단면적은 0.6 A (mm²) 내지 0.9 A (mm²)로 구성될 수 있음을 의미한다.

[100] 95 퍼센트 전류 감쇄 (IC reletation) 기준은 초전도 선재의 양단에 점진적으로 인장력을 증가시키면서 초기 통전량의 95 퍼센트의 전류량이 확보될때까지의 인장력을 측정하는 시험방법이므로 200 메가파스칼(Mpa) 내지 800 메가파스칼(Mpa)의 인장력이 초전도 선재에 인가되는 경우에도 적어도 95 퍼센트의 통전량을 확보할 수 있음을 의미하는 것이다.

[101] 여기서, 기존의 초전도 선재의 두께가 약 0.1 밀리미터(mm)이며, 각각의 통전 레이어가 약 0.1 밀리미터(mm) 내지 0.2 밀리미터(mm) 인 경우, 본 발명에 따른 초전도 케이블의 초전도 선재의 두께는 0.3밀리미터(mm) 내지 0.5밀리미터(mm)로 구성되어 기존의 초전도 선재에 비해 두께가 크게 증가된 것으로 보이나, 개선된 초전도 선재의 두께 역시 박막 수준에 불과하여 초전도 케이블 전체 두께에 미치는 영향이 크지 않으나, 전술한 바와 같이 절연되지 않은 소선들이 밀집한 형태로 구성되는 포머의 단면적은 10퍼센트(%) 내지 40퍼센트(%) 정도까지 감소될 수 있다.

[102] 그리고, 포머의 단면적과 관련된 시뮬레이션은 상기 포머의 단락 조건은 송전시 50KA/sec 또는 배전시 25KA/0.5sec 등이 사용되었으나 국가별 또는 전력 공급자별로 차이가 있을 수 있으나, 같은 원리로 초전도 선재의 강성이 보강됨과 동시에 최소 단락조건을 만족하기 위한 포머의 최소 단면적을 줄일 수 있다는 점에서 공통된다.

[103] 따라서, 위와 같은 송전 또는 배전시 단락 사고의 발생시 최소 단락조건을 만족하는 기존 초전도 케이블의 포머 최소 단면적이 최소 단면적은 A (mm²)인 경우, 본 발명에 따른 초전도 케이블은 초전도 케이블의 포머 최소 단면적이 최소 단면적은 0.6 A (mm²) 내지 0.9 A (mm²) 정도로 1A (mm²)보다 작은 값으로 구성될 수 있다.

[104] 그러나, 포머의 면적이 줄어든 만큼 초전도 도체층의 면적이 단순 증대된 것이

아니라 초전도 도체층의 전체 면적이 증대된 것보다 훨씬 큰 포머의 면적 감소가 가능함이 확인되었다. 이는 본 발명에 따른 초전도 케이블을 구성하는 초전도 선재에 부가되는 통전 레이어를 기존의 초전도 선재의 양표면에 부착하여 표피효과에 따른 통전 능력 때문으로 추측된다.

- [105] 도 4은 본 발명에 따른 초전도 케이블을 구성하는 초전도 선재들의 단면 구성도이다.
- [106] 구체적으로, 도 4(a)는 본 발명에 따른 초전도 케이블에 적용이 가능한 초전도 선재의 하나의 실시예의 단면도를 도시하며, 도 4(b)는 초전도 선재의 다른 실시예의 단면도를 도시한다.
- [107] 설명의 편의를 위하여 초전도 도체층을 구성하는 초전도 선재(131)을 예로 들어 설명한다.
- [108] 본 발명에 따른 초전도 케이블을 구성하는 초전도 선재는 1세대 초전도 선재 또는 2세대 초전도 선재일 수 있다.
- [109] 특정온도 이하에서 전기저항이 '0'이 되는 현상을 초전도 현상이라고 하며, 절대영도 0K(-273°C)가 아닌 100K(-173°C)부근으로 상대적으로 절대온도에 대비 높은 온도에서 초전도 현상을 나타내는 것을 고온 초전도(High Temperature Superconductor)라고 한다. 전력 케이블 분야에서 사용되는 초전도 선재는 고온 초전도체를 사용하며, 은(Ag) 모재 및 BSCCO를 주재료로 하는 1세대 선재와, YBCO 또는 ReBCO를 주재료로 Coated Conductor(CC)형의 2세대 선재가 소개되었다. 2세대 초전도 선재는 초전도 선재의 증착 레이어에 구비된 초전도 물질은 주로 YBCO나 ReBCO(Re=Sm, Gd, Nd, Dy, Ho) 물질 등이 사용되는 초전도 선재를 의미한다.
- [110] 2세대 초전도 선재를 자세히 설명하면, 2세대 초전도 선재는 금속 기판 레이어, 증착 레이어, 은(Ag) 레이어 등을 포함하여 구성될 수 있다. 금속 기판 레이어는 선재의 베이스 부재로 사용되며, 초전도 선재의 기계적 강도 유지하는 역할을 하며, 하스텔로이(Hastelloy), 니켈-텅스텐(Ni-W) 등의 물질을 사용될 수 있다. 상기 증착 레이어는 금속기판에 초전도층을 증착하기 위한 버퍼(buffer) 레이어, 초전도 레이어를 포함하며 통전시 전류의 통전 경로로 사용되는 초전도 레이어를 포함하여 구성될 수 있다.
- [111] 은(Ag) 레이어는 은(Ag) 또는 구리(Cu) 합금 레이어로 구성될 수 있으며, 은(Ag) 합금 레이어는 초전도층과 구리(Cu) 합금 레이어 사이에 위치하여, 증착을 가능하게 할 수 있으며, 구리(Cu) 합금 레이어는 기계적 강도를 보강하는 역할을 수행할 수 있다. 각각의 합금 레이어는 응용기기에 따라 두께와 재질을 상이하게 구성할 수 있으며, 상온 통전성이 있다는 특성이 있다.
- [112] 본 발명에 따른 초전도 케이블을 구성하는 초전도 선재는 1세대 또는 2세대 초전도 선재일 수 있고, 1세대 초전도 선재가 은(Ag)을 모재로 사용하고 2세대 초전도 선재가 은(Ag) 레이어를 포함한다는 점에서 공통되므로, 1세대 초전도 선재의 은(Ag) 모재 및 2세대 초전도 선재의 은(Ag) 레이어는 후술하는 통전

- 레이어와 함께 사고 전류의 귀로 도체로 사용될 수 있으므로, 1세대 또는 2세대 초전도 선재는 초전도 케이블의 포머의 직경을 줄이는데 기여할 수 있다.
- [113] 도 4에 도시된 본 발명에 따른 초전도 케이블을 구성하는 초전도 선재는 2세대 초전도 선재로서, 니켈-텅스텐(Ni-W) 합금 재질의 금속 기판 레이어가 사용된 초전도 선재가 사용될 수 있으며, 도 4에는 2가지 종류의 초전도 선재가 적용되는 예가 도시되지만 1세대 초전도 선재에도 통전 레이어를 부가하는 경우 유사한 효과를 얻을 수 있다.
- [114] 도 4(a)는 YBCO계의 초전도 물질이 사용된 초전도 선재(131)를 도시하며, 도 4(b)는 ReBCO계의 초전도 물질이 사용된 초전도 선재(131)의 단면도를 도시한다.
- [115] 도 4(a)에 도시된 초전도 선재(131)를 구성하는 금속 기판 레이어(1311)의 재질은 니켈-텅스텐(Ni-W) 합금일 수 있으며, 상기 금속 기판 레이어(1311)는 금속 재질의 테이프 형태로 구성될 수 있다.
- [116] 상기 니켈-텅스텐(Ni-W) 합금 재질로 구성되는 금속 기판 레이어(1311) 상부에는 복수 개의 버퍼 레이어(1312, 1313, 1314) 및 YBCO 재질의 초전도 레이어(1315)를 포함하는 증착 레이어가 구비될 수 있다.
- [117] 도 4(a)에 도시된 실시예에서 3층의 버퍼 레이어(1312, 1313, 1314)가 증착되고, 구체적으로 버퍼 레이어를 구성하는 각각의 레이어는 Y_2O_3 , YSZ, CeO_2 등의 재질로 된 층으로 구성될 수 있다. 각각의 버퍼 레이어 상부에는 YBCO 재질의 초전도 레이어(1315)가 증착되고, 상기 초전도 레이어(1315) 외측에는 초전도 선재의 보호 등의 목적으로 은(Ag) 레이어(1316)로서 은(Ag) 층이 구비될 수 있다. 1세대 초전도 선재의 경우에는 은(Ag) 재질의 모재가 사용되지만, 도 4에 도시된 초전도 선재의 경우에는 은(Ag) 레이어 또는 은(Ag) 층이 별도로 구비된다.
- [118] 본 발명은 포머, 상기 포머 외측에 상기 포머의 길이방향으로 나란히 배치되는 복수 개의 초전도 선재(131)를 포함하는 적어도 1층 이상의 초전도 도체층, 상기 초전도 도체층 외측에 상기 포머의 길이방향으로 나란히 배치되는 복수 개의 초전도 선재(131)를 포함하여 구성되는 적어도 1층 이상의 초전도 차폐층을 포함하며, 상기 초전도 도체층(130) 및 초전도 차폐층(180)을 구성하는 초전도 선재(131)는 금속 기판 레이어(1311) 및 상기 금속 기판 레이어(1311) 상부에 복수 층으로 증착되며 초전도 레이어를 포함하여 구성된 증착 레이어(1312 내지 1315) 및 상기 증착 레이어(1312 내지 1315) 외측에 구비되는 은 재질로 구성되는 은(Ag) 레이어(1316)를 포함하고, 상기 초전도 선재(131)를 구성하는 상기 금속 기판 레이어(1311)의 외측 및 상기 은(Ag) 레이어(1316)의 외측 양표면에 금속 재질로 구성된 통전 레이어(me1, me2)가 더 구비될 수 있다.
- [119] 도 4(a)에 도시된 초전도 선재(131)의 상부 및 하부 측 기판 레이어(1311)의 외측 및 상기 은(Ag) 레이어(1316)에 금속 재질의 통전 레이어(me1, me2)가 구비될 수 있다.

- [120] 상기 통전 레이어(me1, me2)를 상기 초전도 선재(131)의 양측에 모두 구비하는 이유는 일측에만 통전 레이어가 구비되는 경우보다 물리적 강성 보강이 강화되고, 밴딩 방향에 따른 물리적 성질의 편차를 최소화할 수 있으며, 귀로 도체로서의 용량을 증대하기 위함은 전술한 바와 같다.
- [121] 또한, 각각의 초전도 도체층 또는 초전도 차폐층을 구성하는 초전도 선재(131)는 초전도 조건이 유지되는 것을 전제로 설계 용량에 따른 통전 기능이 구현되지만 시스템의 문제 등으로 인하여 초전도 조건이 파괴되는 경우에는 초전도 선재(131)를 흐르던 전류는 전술한 포머를 통하여 통전되도록 구성되며, 상기 포머의 직경 또는 도체 소선의 개수 등은 사고 전류 통전을 위한 용량에 대응하여 결정될 수 있다.
- [122] 그러나, 포머(110)의 직경은 전체 초전도 케이블의 직경에 큰 비중을 차지하므로, 사고 전류 통전을 대비하기 위한 포머의 직경을 줄여야 초전도 케이블 전체 직경 또는 무게를 줄일 수 있다.
- [123] 따라서, 도 4에 도시된 바와 같이, 초전도 선재(131)의 상부와 하부에 금속 재질, 예를 들면 황동 재질의 통전 레이어(me1, me2)를 구비하여 초전도 선재(131)의 강성을 보강함과 동시에 사고 전류의 귀로 도체로 사용하고, 포머의 직경 등을 최소화할 수 있다.
- [124] 상기 금속 재질의 통전 레이어(me1, me2)는 금속 박막층 형태로 구성될 수 있으며, 구체적으로 황동(Brass) 재질로 구성될 수 있다.
- [125] 황동(brass, 黃銅)은 구리에 아연을 첨가하여 만든 합금으로 놋쇠라고도 한다. 상기 황동 재질의 금속 재질의 통전 레이어(me1, me2)는 황동 등의 금속 박막층 형태로 부가될 수 있으며, 황동 박막층은 0.1 밀리미터(mm) 내지 0.2 밀리미터(mm)의 두께를 가질 수 있다. 초전도 선재(131)의 일측에 부착되는 황동 테이프 형태의 금속 재질의 통전 레이어(me)의 두께가 0.15 밀리미터(mm)라고 가정하는 경우, 전체 초전도 선재(131)의 두께는 약 0.4 밀리미터(mm) 정도가 될 수 있다.
- [126] 실험적으로 금속 재질의 통전 레이어의 두께가 0.1 밀리미터(mm) 이하이면 초전도 선재의 충분한 강성 보강이 어렵고, 0.2 밀리미터(mm) 이상이면 밴딩시 초전도 선재(131)에서 금속 재질의 통전 레이어가 분리되는 현상 및 초전도 선재(131)의 두께가 과도하게 두꺼워지는 문제가 발생할 수 있는 것으로 확인되었다.
- [127] 통상적인 초전도 선재(131)의 두께가 0.1 밀리미터(mm) 정도이며, 0.15 밀리미터(mm) 두께의 황동 테이프 형태의 금속 재질의 통전 레이어를 양측에 부착하여 두께가 0.4 밀리미터(mm)로 4배로 증가될 수 있으나, 전체 두께가 1 밀리미터(mm)도 안될 정도로 충분히 작으므로 초전도 케이블 전체 두께에 미치는 영향은 미미하나, 초전도 선재(131)의 강성이 보강되고, 사고 전류의 귀로 도체로 사용될 수 있으므로, 결과적으로 포머의 직경 또는 무게를 줄일 수 있다.
- [128] 환언하면, 초전도 선재(131)의 상부와 하부에 금속 박막층으로서의 황동

재질의 통전 레이어(me1, me2)를 구비하여 초전도 선재(131)의 강성을 보장함과 동시에 포머의 직경 또는 무게를 줄일 수 있으므로, 상기 초전도 선재(131)를 구성하는 상기 금속 기판 레이어의 외측 및 상기 은(Ag) 레이어의 외측 모두에 미리 결정된 두께를 갖는 통전 레이어가 구비되는 경우 상기 초전도 선재(131)에 통전 레이어가 구비되지 않는 경우보다 상기 포머의 직경 또는 무게가 줄어들 수 있음을 의미한다.

- [129] 그리고, 황동 재질의 금속 박막층 형태로 구성되는 상기 통전 레이어(me1, me2)를 초전도 선재(131)에 부가하는 경우, 전체 초전도 선재(131)에 구비된 통전 레이어(me1, me2)를 통해 통전되는 사고전류는 1.5% 이상이고, 포머의 점적을 및 표면효과 등을 고려하는 경우 동일 구조의 포머에 비해 10 퍼센트(%) 내지 40 퍼센트(%)의 직경(단면적) 또는 무게를 줄일 수 있었음은 전술한 바와 같다.
- [130] 이와 같이, 상기 초전도 선재(131)의 양측에 통전 레이어(me1, me2)를 솔더 등에 의하여 부착한 상태에서 사고 전류 발생시 상기 증착 레이어(1315)의 초전도 레이어를 통해 흐르던 전류가 상기 통전 레이어(me1, me2)로 흐르도록 하기 위하여 상기 초전도 선재(131)와 부착된 통전 레이어(me1, me2)는 전기적으로 연결되어야 한다.
- [131] 따라서, 상기 초전도 선재(131)와 초전도 선재(131)의 양측에 부착된 통전 레이어(me1, me2)는 사고 전류의 통전을 위하여 각각 병렬 연결되고, 상기 초전도 선재(131)와 초전도 선재(131)의 양측에 부착된 통전 레이어(me1, me2)를 각각 전기적으로 연결하는 방법은 도 4에 도시되지 않았으나 초전도 선재(131)의 측면을 금속 베이스 솔더로 솔더링하거나 초전도 선재(131)를 전기 전도성이 좋은 금속, 예를 들면 구리(Cu) 재질로 도금하는 방법이 사용될 수 있다.
- [132] 두 가지 방법 모두 통전 레이어(me1, me2)가 부착된 초전도 선재(131)의 두께 또는 부피 증가를 최소화하면서 각각의 통전 레이어(me1, me2)와 초전도 선재(131)를 전기적으로 연결할 수 있다.
- [133] 또한, 이와 같이 초전도 선재(131)를 구성하는 금속 기판 레이어(1311), 초전도 레이어를 포함하는 증착 레이어(1312 내지 1315) 및 은(Ag) 레이어(1316)는 구리 도금 또는 측면 솔더링에 의하여 전기적으로 각각 병렬 연결되면, 상기 초전도 레이어(1315)는 금속 기판 레이어(1311), 은(Ag) 레이어(1316) 및 각각의 통전 레이어(me1, me2)가 전기적 연결되고, 사고 전류는 상기 통전 레이어(me1, me2) 이외에 상기 금속 기판 레이어(1311) 및 상기 은(Ag) 레이어(1316) 까지 분류될 수 있다.
- [134] 1세대 초전도 선재에 통전 레이어가 구비경우에도 은(Ag) 재질의 모재 역시 2세대 초전도 선재의 은층과 함께 사고 전류가 분류되는 귀로도체로 사용될 수 있음은 전술한 바와 같다.
- [135] 상기 통전 레이어(me1, me2)를 통한 사고 전류의 분류가 1.5% 이상이고 상기 포머를 통한 사고 전류의 분류가 대부분이지만, 상기 금속 기판 레이어(1311) 및 상기 은(Ag) 레이어(1316)을 통한 사고 전류에 사용될 수 있다.

- [136] 그리고, 상기 금속 박막층으로서의 통전 레이어(me1, me2)는 상기 초전도 선재(131)에 솔더링되어 부착될 수 있다. 상기 통전 레이어(me1, me2)를 상기 초전도 선재(131)의 양측에 솔더링하기 위한 솔더는 주석(Sn), 납(Pb) 및 은(Ag)을 구성 성분으로 하며, 녹는점은 200°C 이하인 재질일 수 있다. 그러나, 위와 같은 솔더 재질 이외에도 상기 통전 레이어(me1, me2)와 상기 초전도 선재(131)를 구성하는 금속 기판 레이어(1311) 또는 은(Ag) 레이어(1316)를 통전 가능하게 부착하는 방법이라면 다양한 솔더 또는 부착방법이 적용될 수도 있다.
- [137] 도 4(b)은 ReBCO계의 초전도 물질이 사용된 초전도 선재(131')를 도시한다. 도 4(a)를 참조한 설명과 중복되는 설명은 생략한다.
- [138] 도 4(b)에 도시된 초전도 선재(131')를 구성하는 금속 기판 레이어(1311')의 재질은 니켈-텅스텐(Ni-W) 합금일 수 있으며, 상기 금속 기판 레이어(1311')는 금속 박막층 형태로 구성될 수도 있음은 마찬가지이다.
- [139] 상기 니켈-텅스텐(Ni-W) 합금 재질로 구성되는 금속 기판 레이어(1311') 상부에는 적어도 6층으로 구성된 버퍼 레이어(1312', 1313', 1314', 1315', 1316') 및 상기 ReBCO계의 초전도 레이어(1317')를 포함하는 증착 레이어(1312' 내지 1317')가 구비되고, 상기 증착 레이어 증착 레이어(1312' 내지 1317') 외측에는 은(Ag) 레이어(1318')로서 은(Ag) 층이 구비될 수 있다.
- [140] 상기 버퍼 레이어(1312', 1313', 1314', 1315', 1316')를 구성하는 각각의 시드층은 Al_2O_3 , Y_2O_3 , IBAD-MGo, EPI-MGo 및 $LaMoO_3$ 층으로 구성될 수 있다.
- [141] 도 4(b)에 도시된 초전도 선재(131') 역시 상기 금속 기판 레이어(1311') 및 상기 은(Ag) 레이어(1318') 외측에 각각 통전 레이어(me1, me2)가 구비되어 도 4(a)에 도시된 초전도 실시예와 마찬가지로 물리적 강성보강 및 사고 전류 분류에 사용될 수 있다.
- [142] 위와 같이, 초전도 선재(131')의 양측면에 황동 등의 재질로 금속 박막층으로 구성되는 통전 레이어를 구성하고 사고 전류의 통전수단으로 사용하는 방법에 의하여 사고 전류의 귀로 도체 역할을 수행하는 포머의 직경을 감소시킬 수 있다.
- [143] 물론, 도 4에 도시된 초전도 선재(131')를 구성하는 금속 기판 레이어 및 은(Ag) 레이어 역시 금속 재질로 구성되어 사고 전류의 바이패스 기능이 존재하지만, 종래의 초전도 선재의 두께를 기준으로 금속 기판 레이어 및 은(Ag) 레이어가 차지하는 단면적이 크지 않아 사고 전류의 바이패스 용량도 미미한 수준이었다.
- [144] 그러나, 전술한 바와 같이, 금속 재질의 통전 레이어(me)는 각각 0.15 밀리미터(mm) 정도의 두께를 가지므로, 이를 통한 통전량은 사고 전류의 귀로 역할을 위한 포머의 직경에 영향을 미칠 수 있음은 전술한 바와 같다.
- [145] 따라서, 포머의 직경 설계시 초전도 도체층을 구성하는 초전도 선재(131')의 금속 재질의 통전 레이어(me)를 포함하여, 금속 기판 레이어 및 은(Ag) 레이어를 통한 사고 전류의 통전량을 고려하여 포머의 직경을 종래보다 감소되도록 설정할 수 있다. 초전도 선재의 금속 재질의 통전 레이어(me), 금속 기판 레이어

및 은(Ag) 레이어를 통한 사고 전류의 통전에 따른 열해석 방법으로 최대 허용 가능 전류량을 판단할 수 있으며, 그에 따라 포머의 직경을 축소 설계할 수 있다.

- [146] 도 5는 본 발명에 따른 초전도 케이블의 다른 실시예를 도시하며, 도 6은 도 5에 도시된 초전도 케이블이 수평방향으로 설치된 상태의 단면도를 도시한다.
- [147] 도 1 내지 도 4을 참조한 설명과 중복된 설명은 생략한다. 도 5 및 도 6에 도시된 실시예는 초전도 케이블에 구비된 코어부(100)의 개수가 3개인 3상 초전도 케이블을 도시한다.
- [148] 3상 초전도 케이블은 각각의 코어부(100)가 독립적으로 냉각부(200)를 구비하는 구조가 아니라 3개의 코어부(100) 외측에 냉각부(200)를 공유하는 구조를 가질 수 있으며, 상기 냉각부(200) 외측에 진공부(500) 역시 공유되는 구조일 수 있다.
- [149] 도 5 및 도 6에 도시된 초전도 케이블 역시 본 발명에 따른 초전도 선재에 금속 박막층 형태의 통전 레이어가 부가되어 초전도 선재의 물리적 강성이 보장될 수 있고, 본 발명에 따른 초전도 케이블에 의하면, 상기 금속 박막층 형태의 통전 레이어에 의하여 사고 전류의 분류 경로가 다변화되어 각각의 코어부를 구성하는 포머의 직경(단면적) 또는 무게를 줄일 수 있음은 마찬가지이다.
- [150] 본 명세서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술분야의 당업자는 이하에서 서술하는 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경 실시할 수 있을 것이다. 그러므로 변형된 실시가 기본적으로 본 발명의 특허청구범위의 구성요소를 포함한다면 모두 본 발명의 기술적 범주에 포함된다고 보아야 한다.

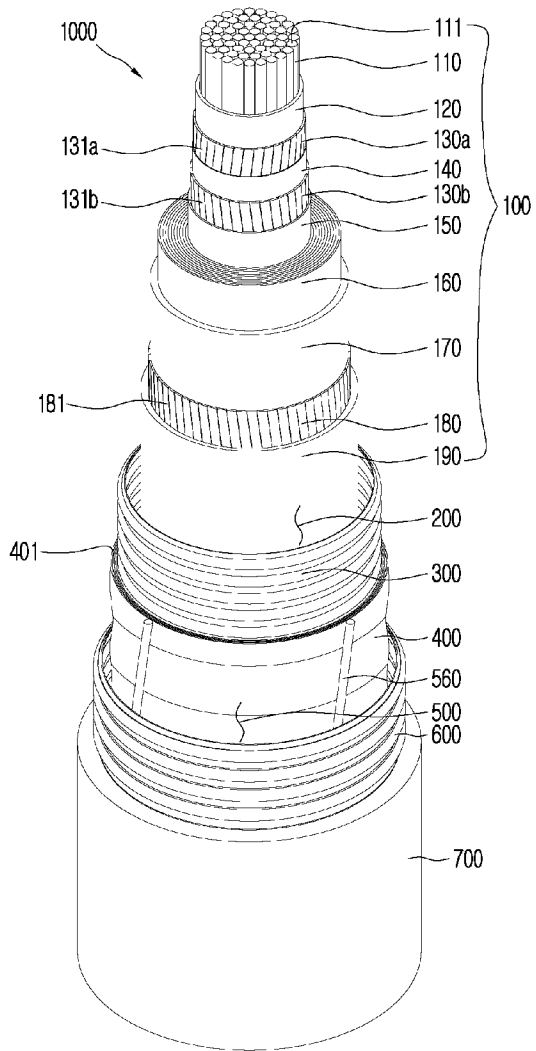
청구범위

- [청구항 1] 복수 개의 구리 소선으로 구성되는 포머, 복수 개의 초전도 선재로 구성되는 초전도 도체층, 절연층 및 복수 개의 초전도 선재로 구성되는 초전도 차폐층이 순차적으로 구비되는 코어부를 구비하며, 상기 포머와 초전도 도체층을 구성하는 각각의 초전도 선재가 병렬 연결되는 초전도 케이블에 있어서, 상기 초전도 도체층을 구성하는 각각의 초전도 선재의 기계적 강성을 보강하기 위하여 각각의 상기 초전도 선재의 양표면에 상온에서 통전성이 있는 금속 재질의 통전 레이어를 포함하고, 상기 포머의 단면적은 초전도 선재에 통전 레이어가 부가되지 않은 초전도 케이블에서 모든 사고 전류가 포머로 흐를 것을 전제하여 설계된 포머의 단면적보다 작은 것을 특징으로 하는 초전도 케이블.
- [청구항 2] 제1항에 있어서, 상기 코어부를 구성하는 포머의 상기 최소 단면적은 50KA/sec 또는 25KA/0.5sec 최소 단락조건을 만족하는 단면적인 것을 특징으로 하는 초전도 케이블.
- [청구항 3] 제1항에 있어서, 통전 레이어가 부가되지 않은 폭이 x (mm) 및 두께가 y (mm)인 초전도 선재가 적용된 초전도 케이블에서 전기적 단락 사고 발생시 미리 결정된 시간 동안 요구되는 최소 통전량 조건인 최소 단락조건을 만족하기 위한 포머의 최소 단면적이 A (mm²) 이상이고 상기 통전 레이어는 황동 재질이며, 상기 통전 레이어가 부가된 초전도 선재의 폭이 x (mm) 및 두께를 3y 내지 5y로 구성하는 경우, 상기 포머의 최소 단면적은 0.6 A (mm²) 내지 0.9 A (mm²)로 구성되는 것을 특징으로 하는 초전도 케이블.
- [청구항 4] 제1항에 있어서, 상기 초전도 선재는 은(Ag) 레이어를 포함하며, 상기 초전도 도체층을 구성하는 초전도 선재의 상기 통전 레이어 및 상기 은(Ag) 레이어는 상기 초전도 선재의 측면 솔더링 또는 표면 금속코팅에 의하여 전기적으로 연결되는 것을 특징으로 하는 초전도 케이블.
- [청구항 5] 제1항에 있어서, 상기 통전 레이어가 부가된 초전도 선재의 인장강도는 95 퍼센트 전류 감쇄 (IC relentation) 기준 200 메가파스칼(Mpa) 내지 800 메가파스칼(Mpa)인 것을 특징으로 하는 초전도 케이블.

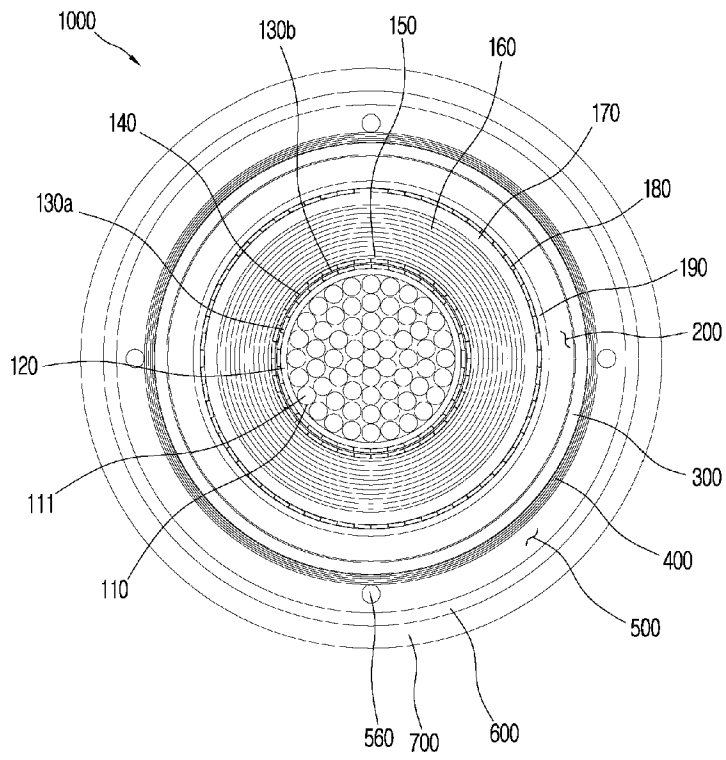
- [청구항 6] 제1항에 있어서,
상기 초전도 선재의 양표면에 부가되는 상기 통전 레이어의 두께는 0.1 밀리미터(mm) 내지 0.2 밀리미터(mm)인 것을 특징으로 하는 초전도 케이블.
- [청구항 7] 포머, 상기 포머 외측에 상기 포머의 길이방향으로 나란히 배치되는 복수 개의 초전도 선재를 포함하는 적어도 1층 이상의 초전도 도체층, 상기 초전도 도체층 외측에 상기 포머의 길이방향으로 나란히 배치되는 복수 개의 초전도 선재를 포함하여 구성되는 적어도 1층 이상의 초전도 차폐층을 포함하며, 상기 초전도 도체층 및 초전도 차폐층을 구성하는 초전도 선재는 금속 기판 레이어, 상기 금속 기판 레이어 상부에 복수 층으로 증착되며 초전도 레이어를 포함하여 구성된 증착 레이어 및 상기 증착 레이어 외측에 구비되는 은 재질로 구성되는 은(Ag) 레이어를 포함하고,
상기 초전도 선재를 구성하는 상기 금속 기판 레이어의 외측 및 상기 은(Ag) 레이어의 외측 양표면에 상기 포머와 함께 사고전류 발생시 사고 전류의 귀로도체로 사용되도록 상온에서 통전성이 있는 금속 재질의 통전 레이어가 더 부가되는 것을 특징으로 하는 초전도 케이블.
- [청구항 8] 제7항에 있어서,
상기 통전 레이어를 구성하는 금속은 황동(Brass) 재질인 것을 특징으로 하는 초전도 케이블.
- [청구항 9] 제7항 또는 제8항에 있어서,
상기 통전 레이어는 0.1 밀리미터(mm) 내지 0.2 밀리미터(mm)의 두께인 것을 특징으로 하는 초전도 케이블.
- [청구항 10] 제7항 또는 제8항에 있어서,
상기 초전도 선재를 구성하는 상기 금속 기판 레이어의 외측 및 상기 은(Ag) 레이어의 외측 모두에 미리 결정된 두께를 갖는 금속 통전 레이어가 구비되는 경우, 상기 초전도 선재에 금속 통전 레이어가 구비되지 않는 경우보다 상기 포머의 전기적 단락 사고 발생시 미리 결정된 시간 동안 요구되는 최소 통전량 조건인 최소 단락조건을 만족하는 최소 단면적이 작은 것을 특징으로 하는 초전도 케이블.
- [청구항 11] 제10항에 있어서,
상기 최소 단락조건은 50KA/sec 또는 25KA/0.5sec 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 초전도 케이블.
- [청구항 12] 제7항에 있어서,
상기 통전 레이어는 상기 초전도 선재에 솔더링되는 것을

- 특징으로 하는 초전도 케이블.
- [청구항 13] 제12항에 있어서,
상기 통전 레이어를 상기 초전도 선재에 솔더링하기 위한 솔더는 주석(Sn), 납(Pb) 및 은(Ag)을 구성 성분으로 하며, 녹는점은 200°C 이하인 것을 특징으로 하는 초전도 케이블.
- [청구항 14] 제7항에 있어서,
상기 초전도 선재를 구성하는 금속 기판 레이어 및 은(Ag) 레이어와 함께 상기 통전 레이어가 사고 전류의 귀로도체로 사용되기 위하여 상기 초전도 선재의 표면이 구리 도금되거나, 상기 초전도 선재의 측면이 솔더링되는 것을 특징으로 하는 초전도 케이블.
- [청구항 15] 원형 또는 원형 파이프 형태로 압축된 복수 개의 도체 소선; 상기 복수 개의 도체 소선 외측에 배치되어 적어도 1층 이상의 초전도 도체층을 형성하는 복수 개의 초전도 선재; 상기 초전도 도체층을 형성하는 복수 개의 초전도 선재의 외측을 복수 회 권선하여 절연층을 형성하는 절연지; 및, 상기 절연지 외측에 배치되어 적어도 1층 이상의 초전도 차폐층을 형성하는 복수 개의 초전도 선재;를 포함하며, 상기 초전도 도체층 및 상기 초전도 차폐층을 구성하는 각각의 초전도 선재의 양면에 금속 박막층이 부가되는 것을 특징으로 하는 초전도 케이블.
- [청구항 16] 제15항에 있어서,
상기 금속 박막층은 0.1 밀리미터(mm) 내지 0.2 밀리미터(mm)의 두께의 황동(brass) 재질로 구성되는 것을 특징으로 하는 초전도 케이블.
- [청구항 17] 제15항에 있어서,
상기 금속 박막층은 주석(Sn), 납(Pb) 및 은(Ag)을 구성 성분으로 하는 솔더에 의하여 솔더링되는 것을 특징으로 하는 초전도 케이블.
- [청구항 18] 제15항에 있어서,
상기 초전도 선재와 상기 금속 박막층을 전기적 연결하기 위하여, 상기 초전도 선재의 측면은 솔더링되거나 상기 초전도 선재의 표면이 구리 코팅되고, 상기 금속 박막층이 사고 전류의 귀로도 사용되는 것을 특징으로 하는 초전도 케이블.
- [청구항 19] 제15항에 있어서,
상기 금속 박막층이 부가된 초전도 선재의 인장강도는 95 퍼센트 전류 감쇄 (IC relentation) 기준 200 메가파스칼(Mpa) 내지 800 메가파스칼(Mpa)인 것을 특징으로 하는 초전도 케이블.

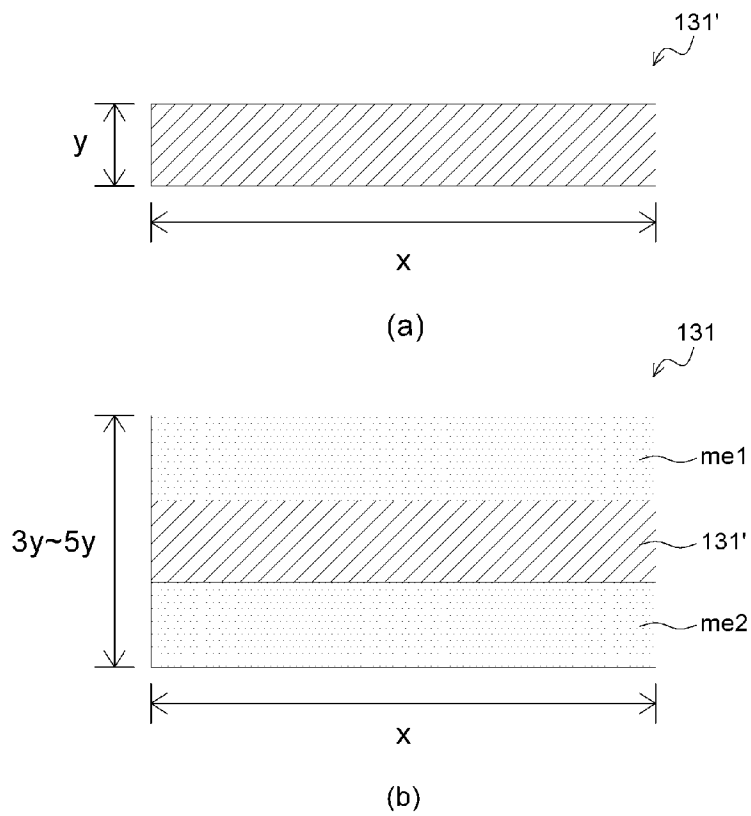
[Fig. 1]



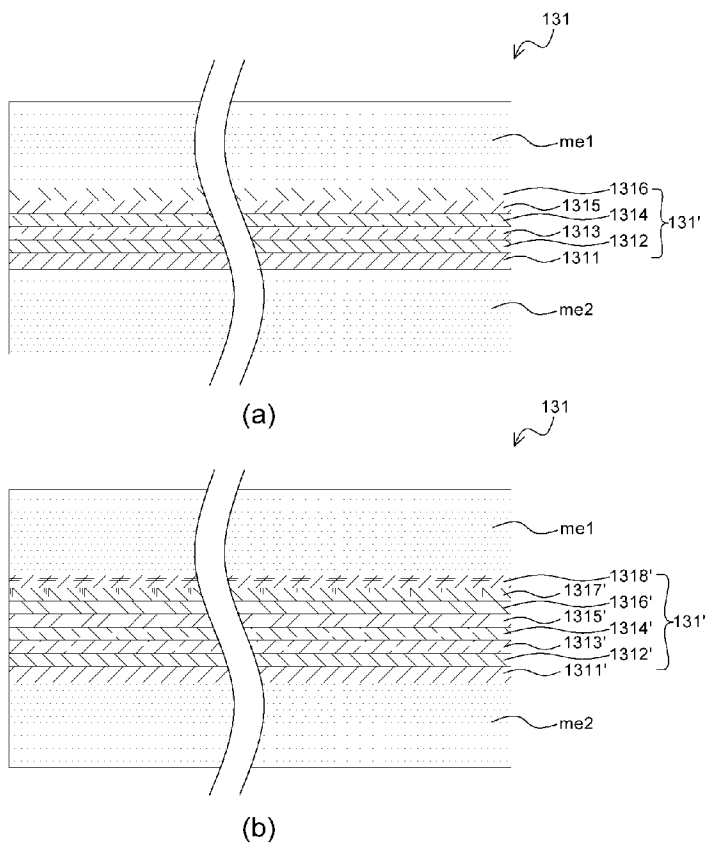
[Fig. 2]



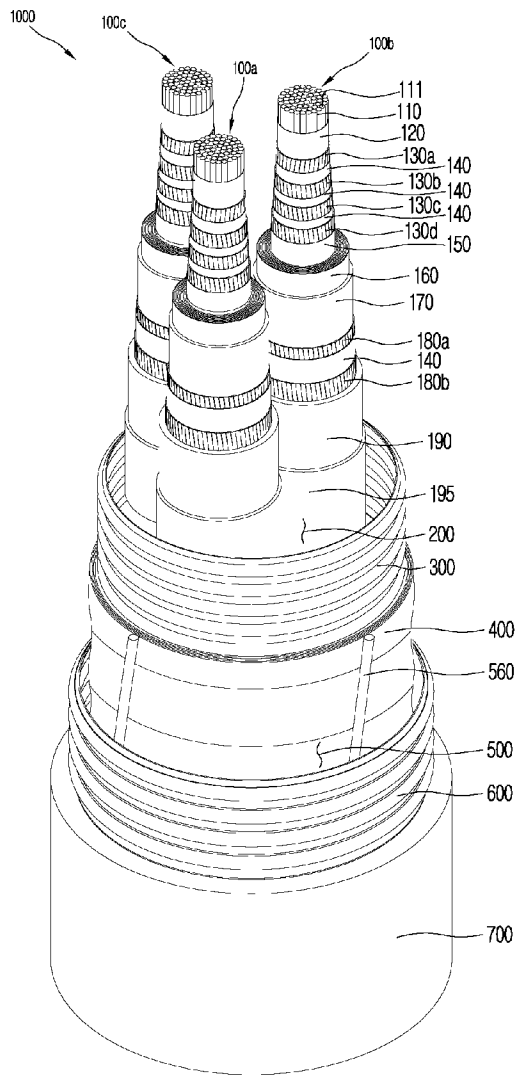
[Fig. 3]



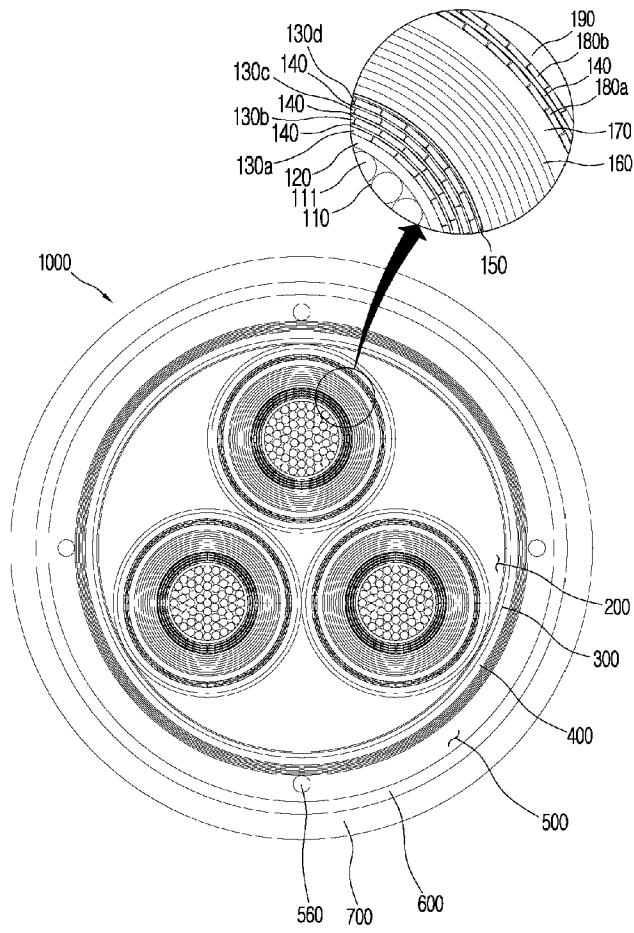
[Fig. 4]



[Fig. 5]



[Fig. 6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2015/007417

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01B 12/02(2006.01)i, H01B 7/17(2006.01)i, H01B 7/20(2006.01)i, H01B 1/02(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01B 12/02; H01B 12/14; H01B 12/16; H01B 12/06; H01B 13/00; H01B 7/17; H01B 7/20; H01B 1/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
 Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above
 Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
 eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: superconducting cable, superconductive wire material, former, fault current, brass

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2014-154320 A (FUJIKURA LTD.) 25 August 2014 See paragraphs [0015]-[0053] and figures 4-8.	1-11,14-16,18-19
Y		12-13,17
Y	JP 2002-140943 A (SUMITOMO ELECTRIC IND. LTD.) 17 May 2002 See paragraph [0014] and figure 1	12-13,17
A	JP 2012-074340 A (FUJIKURA LTD.) 12 April 2012 See abstract, claims 1-6 and figures 1-14.	1-19
A	JP 2006-216507 A (SUMITOMO ELECTRIC IND. LTD.) 17 August 2006 See abstract, claims 1-8 and figures 1-4.	1-19
A	KR 10-2010-0048655 A (LS CABLE & SYSTEM LTD.) 11 May 2010 See abstract, claims 1-4 and figures 1-7.	1-19

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 NOVEMBER 2015 (23.11.2015)

Date of mailing of the international search report

24 NOVEMBER 2015 (24.11.2015)

Name and mailing address of the ISA/KR



Korean Intellectual Property Office
 Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
 Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2015/007417

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
JP 2014-154320 A	25/08/2014	NONE	
JP 2002-140943 A	17/05/2002	NONE	
JP 2012-074340 A	12/04/2012	NONE	
JP 2006-216507 A	17/08/2006	JP 4720976 B2	13/07/2011
KR 10-2010-0048655 A	11/05/2010	CN 102197443 A	21/09/2011
		KR 10-1052656 B1	28/07/2011
		US 2011-0203829 A1	25/08/2011
		WO 2010-050657 A1	06/05/2010

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) H01B 12/02(2006.01)i, H01B 7/17(2006.01)i, H01B 7/20(2006.01)i, H01B 1/02(2006.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) H01B 12/02; H01B 12/14; H01B 12/16; H01B 12/06; H01B 13/00; H01B 7/17; H01B 7/20; H01B 1/02 조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 초전도 케이블, 초전도 선재, 포머, 사고 전류, 황동		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	JP 2014-154320 A (FUJIKURA LTD.) 2014.08.25 단락 [0015]-[0053] 및 도면 4-8 참조.	1-11, 14-16, 18-19
Y		12-13, 17
Y	JP 2002-140943 A (SUMITOMO ELECTRIC IND. LTD.) 2002.05.17 단락 [0014] 및 도면 1 참조	12-13, 17
A	JP 2012-074340 A (FUJIKURA LTD.) 2012.04.12 요약, 청구항 1-6 및 도면 1-14 참조.	1-19
A	JP 2006-216507 A (SUMITOMO ELECTRIC IND. LTD.) 2006.08.17 요약, 청구항 1-8 및 도면 1-4 참조.	1-19
A	KR 10-2010-0048655 A (엘에스전선 주식회사) 2010.05.11 요약, 청구항 1-4 및 도면 1-7 참조.	1-19
<input type="checkbox"/> 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. <input checked="" type="checkbox"/> 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.		
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌		
국제조사의 실제 완료일 2015년 11월 23일 (23.11.2015)	국제조사보고서 발송일 2015년 11월 24일 (24.11.2015)	
ISA/KR의 명칭 및 우편주소  대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-472-7140	심사관 박혜련 전화번호 +82-42-481-3463	

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 2014-154320 A	2014/08/25	없음	
JP 2002-140943 A	2002/05/17	없음	
JP 2012-074340 A	2012/04/12	없음	
JP 2006-216507 A	2006/08/17	JP 4720976 B2	2011/07/13
KR 10-2010-0048655 A	2010/05/11	CN 102197443 A	2011/09/21
		KR 10-1052656 B1	2011/07/28
		US 2011-0203829 A1	2011/08/25
		WO 2010-050657 A1	2010/05/06