

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2015년 3월 5일 (05.03.2015)



(10) 국제공개번호
WO 2015/030286 A1

- (51) 국제특허분류:
H01F 38/40 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2013/007984
- (22) 국제출원일: 2013년 9월 4일 (04.09.2013)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2013-0104286 2013년 8월 30일 (30.08.2013) KR
- (71) 출원인: 연세대학교 산학협력단 (INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION, YONSEI UNIVERSITY) [KR/KR]; 120-749 서울시 서대문구 신촌동 134, Seoul (KR).
- (72) 발명자: 고태국 (KO, Tae Kuk); 158-751 서울시 양천구 목6동 903번지 목동아파트 110동 102호, Seoul (KR). 이승제 (LEE, Seung Je); 426-220 경기도 안산시 사사동 119-61 제이에이치엔지니어링, Gyeonggi-do (KR). 이지호 (LEE, Ji Ho); 471-020 경기도 구리시 교문동 교문동금호어울림 아파트 101동 803호, Gyeonggi-do (KR). 조현철 (JO, Hyun Chul); 137-845 서울시 서초구 방배2동 947-19, Seoul (KR). 황영진 (HWANG, Young Jin); 403-030 인천시 부평구 청천동 48-198 17/3, Incheon (KR). 이우승 (LEE, Woo Seung); 420-840 경기도 부천시 원미구 원미2동 118-1, Gyeonggi-do (KR).

남석호 (NAM, Seok Ho); 369-900 충청북도 음성군 금왕읍 주공아파트 304동 105호, Chungcheongbuk-do (KR).

(74) 대리인: 특허법인 가산 (KASAN IP & LAW FIRM); 137-070 서울시 서초구 남부순환로 2423 한원빌딩 7층, Seoul (KR).

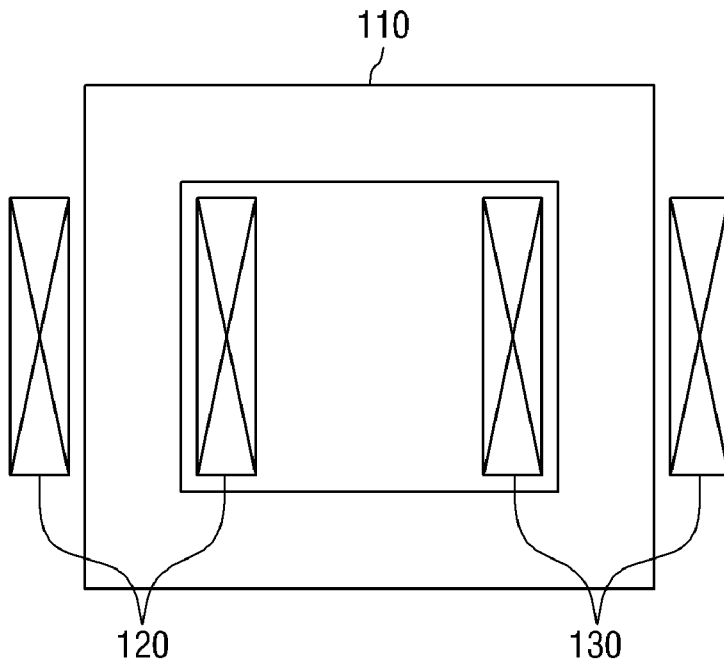
(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, 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.

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, 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),

[다음 쪽 계속]

(54) Title: REVERSE MAGNETIZATION STRUCTURE OF DC REACTOR AND REVERSE MAGNETIZATION METHOD USING SUPERCONDUCTING BULK THEREOF

(54) 발명의 명칭: 직류 리액터의 역자화 구조 및 이의 초전도 벌크를 이용한 역자화 방법



(57) Abstract: Provided are a reverse magnetization structure of a DC reactor and a reverse magnetization method using superconducting bulk thereof. The reverse magnetization structure of a DC reactor according to an embodiment of the present invention comprises: an iron core; a DC reactor coil located at a primary side of the iron core; and a superconducting bulk located at a secondary side of the iron core.

(57) 요약서: 직류 리액터의 역자화 구조 및 이의 초전도 벌크를 이용한 역자화 방법이 제공된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 직류 리액터의 역자화 구조는, 철심 코어; 상기 철심 코어의 1차측에 위치하는 직류 리액터 코일; 및 상기 철심 코어의 2차측에 위치하는 초전도 벌크를 포함한다.

WO 2015/030286 A1



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

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

명세서

발명의 명칭: 직류 리액터의 역자화 구조 및 이의 초전도 벌크를 이용한 역자화 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 직류 리액터의 역자화 구조 및 이의 초전도 벌크를 이용한 역자화 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 실린더 형태의 초전도 벌크를 이용하여 직류 리액터를 역자화시키는 직류 리액터의 역자화 구조 및 이의 초전도 벌크를 이용한 역자화 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 전력 기기에서 큰 인덕턴스(inductance)를 내는 코일을 만들기 위해, 코일에 철심 코어(iron-core)를 꽂아서 인덕턴스를 증가시킨다. 특히, 전력 기기 어플리케이션에서 한류기 또는 사고전류 제어기의 직류 리액터(DC Reactor)에서는 초전도 선재의 소모량을 줄이기 위해서 철심을 삽입한다. 에어 코어(air-core)를 사용한 코일, 즉 철심 코어를 사용하지 않은 코일은 전류에 따라서 인덕턴스 변화가 없기 때문에 직류 리액터의 전류 제한 성능(current limiting performance)은 전류값에 관계 없이 일정하다.
- [3] 도 1은 철심 코어를 사용하지 않은 초전도 코일의 자기장과 자속 밀도의 관계를 도시한 그래프이다.
- [4] 도 1을 참조하면, 철심 코어를 사용하지 않아 B(자속 밀도)을 증가시키기 위해, 초전도 코일이 필요하며, 이는 선재의 길이가 늘어나야 하므로, 비용 상승의 원인이 된다.
- [5] 도 2는 철심 코어를 사용한 초전도 코일의 자기장과 자속 밀도의 관계를 도시한 그래프이다.
- [6] 도 2를 참조하면, 철심 코어를 사용할 경우, 금속의 B-H 커브는 자기 포화(magnetic saturation)를 보인다. 따라서, 전류가 증가할수록 직류 리액터의 전류 제한 성능(current limiting performance)이 저하된다. 즉, 철심이 삽입된 코일의 경우, 전류가 증가하면서 철심이 자기적으로 포화되어 인덕턴스가 급격하게 감소하여 전류값이 증가함에 따라 전류 제한 성능이 급격하게 감소하게 된다.
- [7] 이러한 점을 해결하기 위해, 철심을 역자화(reverse magnetization)시키는 코일을 삽입하여 철심을 포화시키는 기법, 일명 RMB 방법(Reverse Magnetization Bias method)을 이용한다.
- [8] 도 3은 종래의 RMB(Reverse Magnetization Bias) 기법을 수행하기 위한 회로도를 도시한 도면이다.
- [9] 도 3에서, 직류 리액터 코일(①)을 역자화시키기 위해, 역자화 코일(②)을 삽입함으로써, 초전도 선재의 사용량을 1/100 정도로 줄일 수 있다. 즉, RMB

방법을 사용하면 초전도 선재의 사용량을 크게 줄일 수 있게 된다.

[10] 도 4a 및 도 4b는 각각 역자화하지 않은 직류 리액터의 사고전류 및 역자화한 직류 리액터의 사고전류를 도시한 그래프이다.

[11] 도 4a 및 도 4b를 참조하면, 역자화 시킨 경우에, 전류의 크기가 크게 낮아짐을 알 수 있다. 그러나, 이러한 RMB 방법(역자화 방법)의 경우, 철심을 역자화시키는 역자화 코일에 계속 전류를 흘려 주어야 하므로, 별도의 파워 서플라이(④)가 필요하다. 즉, 역자화 코일에 전류를 인가해 주어야 하는데, 큰 인덕턴스를 필요로 하는 대용량 코일의 경우, 역자화 코일에도 상당한 크기의 전류를 항상 인가해 주어야 하며, 이는 별도의 파워 서플라이를 계속 작동시킬 것을 요구한다. 그러므로, 상당한 전력 소모 및 비용 부담이 문제될 수 있다.

[12] 따라서, 전류를 항상 인가하지 않으면서도 역자화 코일의 역할을 대체할 수 있는 새로운 방안이 요구된다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[13] 본 발명은 상기 문제점을 해결하기 위한 것으로, RMB 코일(역자화 코일)의 역할을 대체할 수 있는 전류를 인가하지 않아도 되는 실린더 형태의 초전도 벌크를 이용하여 직류 리액터를 역자화시키는 직류 리액터의 역자화 구조 및 이의 초전도 벌크를 이용한 역자화 방법을 제공하는 것이다.

[14] 또한, RMB 코일을 초전도 벌크로 대체하고, 필드 쿨링(Field Cooling)하여 자기장(Magnetic Field)을 트랩(trap)한 후, 외부 자기장을 제거하여 외부 마그네틱 없이 초전도 마그네틱에서 필드 트랩(Field trap)할 수 있는 직류 리액터의 역자화 구조 및 이의 초전도 벌크를 이용한 역자화 방법을 제공하는 것이다.

[15] 본 발명이 해결하고자 하는 과제들은 이상에서 언급한 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제 해결 수단

[16] 상기 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 직류 리액터의 역자화 구조는, 철심 코어; 상기 철심 코어의 1차측에 위치하는 직류 리액터 코일; 및 상기 철심 코어의 2차측에 위치하는 초전도 벌크를 포함한다.

[17] 상기 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 초전도 벌크를 이용한 역자화 방법은, 철심 코어의 1차측에 직류 리액터 코일이 위치하고, 상기 철심 코어의 2차측에 초전도 벌크가 위치하는 초전도 벌크를 이용한 역자화 방법에 있어서, 상기 직류 리액터 코일에 전류를 공급하는 단계; 상기 초전도 벌크를 냉각시키는 단계; 및 상기 전류를 OFF하여 상기 초전도 벌크에 마그네틱 필드를 트랩시키는 단계를 포함한다.

[18] 본 발명의 기타 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 도면들에 포함되어 있다.

발명의 효과

- [19] 본 발명에 따르면, 초전도 벌크로 종래의 역자화 코일을 대체 사용함으로써, 기존 역자화 방법(RMB method)에서 철심 코어(iron-core) 등의 구조를 바꾸지 않고 그대로 사용 가능하다.
- [20] 또한, 역자화 코일(RMB coil)에 전류를 인가하기 위한 회로가 필요하지 않으며, 전류를 공급하는 파워 서플라이를 항상 켜지 않아도 된다.
- [21] 그리고, 전류를 항상 인가하지 않으면서도 역자화 코일의 역할을 초전도 벌크로 대체함으로써, 비용 절감이 가능하다.

도면의 간단한 설명

- [22] 도 1은 철심 코어를 사용하지 않은 초전도 코일의 자기장과 자속 밀도의 관계를 도시한 그래프이다.
- [23] 도 2는 철심 코어를 사용한 초전도 코일의 자기장과 자속 밀도의 관계를 도시한 그래프이다.
- [24] 도 3은 종래의 RMBReverse Magnetization Bias) 기법을 수행하기 위한 회로도도를 도시한 도면이다.
- [25] 도 4a 및 도 4b는 각각 역자화하지 않은 직류 리액터의 사고전류 및 역자화한 직류 리액터의 사고전류를 도시한 그래프이다.
- [26] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 직류 리액터의 역자화 구조를 도시한 도면이다.
- [27] 도 6은 도 5의 직류 리액터의 역자화 구조의 동작을 위한 개념도이다.
- [28] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 초전도 벌크를 이용한 역자화 방법의 순서를 도시한 도면이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [29] 실린더 형태의 초전도 벌크를 이용하여 직류 리액터를 역자화시킨다.

발명의 실시를 위한 형태

- [30] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명한다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시 예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시 예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시 예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.
- [31] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소, 단계,

동작 및/또는 소자에 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

- [32] 본 명세서에서 기술하는 실시예들은 본 발명의 이상적인 개략도인 평면도 및 단면도를 참고하여 설명될 것이다. 따라서, 제조 기술 및/또는 허용 오차 등에 의해 예시도의 형태가 변형될 수 있다. 따라서, 본 발명의 실시예들은 도시된 특정 형태로 제한되는 것이 아니라 제조 공정에 따라 생성되는 형태의 변화도 포함하는 것이다. 따라서, 도면에서 예시된 영역들은 개략적인 속성을 가지며, 도면에서 예시된 영역들의 모양은 소자의 영역의 특정 형태를 예시하기 위한 것이고, 발명의 범주를 제한하기 위한 것은 아니다.
- [33] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.
- [34] 이하, 본 발명에 대하여 첨부된 도면에 따라 보다 상세히 설명한다.
- [35] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 직류 리액터의 역자화 구조를 도시한 도면이다. 또한, 도 6은 도 5의 직류 리액터의 역자화 구조의 동작을 위한 개념도이다.
- [36] 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 직류 리액터의 역자화 구조는, 철심 코어(110), 철심 코어(110)의 1차측에 위치하는 직류 리액터 코일(120), 및 철심 코어(110)의 2차측에 위치하는 초전도 벌크(130)를 포함한다.
- [37] 도 5에 도시한 바와 같이, 도 3과 비교하여 직류 리액터의 역자화를 위한 역자화 코일을 초전도 벌크(130)로 대체하며, 초전도 벌크(130)의 자기장을 트랩하여 별도의 전류를 공급하는 전원을 필요로 하지 않는다. 즉, 철심 코어(110)의 구조를 바꾸지 않고, 종래의 역자화 코일을 초전도 벌크(130)로 대체 사용한다.
- [38] 이때, 역자화 코일(RMB 코일)을 초전도 벌크(130)로 대체하고, 필드 쿨링(Field Cooling)하여 자기장(Magnetic Field)을 트랩(trap)한 후, 외부 자기장을 제거하여 외부 마그넷 없이 초전도 마그넷에서 필드 트랩(Field trap)이 가능하다. 일반적으로, 초전도 벌크(130)에 자기장(Magnetic Field)을 트랩(trap)시킬 때는, 외부에 초전도 마그넷(magnet)을 동작시켜 필드 쿨링(Field Cooling)하나, 직류 리액터 코일(120)에 DC 전류를 인가한 상태에서 필드 쿨링(Field Cooling)을 하면 외부 마그넷(magnet) 없이도 초전도 벌크(130)에 필드 트랩(Field trap)이 가능하다.
- [39] 초전도 벌크(130)는 실린더 형상인 것이 바람직하다. 초전도 벌크(130)가 역자화 코일을 대체하는 것이므로, 철심 코어(110)에 실린더 형상이 사용하기 용이하다. 물론, 실린더 형상 외에 다른 여러 형상의 초전도 벌크(130)를 사용할 수 있음은 당업자에게 자명하다 할 것이다.
- [40] 도 6을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 직류 리액터의 역자화 구조는,

철심 코어(110), 직류 리액터 코일(120), 및 초전도 벌크(130) 외에, 전원(140) 및 냉각기(150)를 더 포함할 수 있다. 도 6에서, 전원(140) 및 냉각기(150)를 철심 코어(110)의 내부에 도시하였으나, 이는 전원(140)이 직류 리액터 코일(120)에 연결되고, 냉각기(150)가 초전도 벌크(130)에 연결되는 것을 개념적으로 도시한 것에 불과하다. 철심 코어(110)는 자체적으로 로드를 가지므로, 이를 저항 성분(115)으로 개념적으로 표시하였고, 직류 리액터 코일(120) 및 초전도 벌크(130) 간에 상호 작용(105)이 있음을 개념적으로 표시하였다.

- [41] 초전도 벌크(130)는 필드 트랩(Field trap)을 위해 필드 쿨링(Field Cooling)을 한다. 그리하여, 초전도 벌크(130)를 냉각시키는 냉각기(150)가 필요하다. 일반적으로, 냉각기(150)는 액체 질소(LN2)를 냉매로 사용하나, 다른 물질들을 냉매로 사용할 수 있음은 자명하다 할 것이다.
- [42] 전원(140)은 직류 리액터 코일(110)에 전류를 공급한다. 특히, 초전도 벌크(130)에 별도의 파워 서플라이(Power Supply)가 없으므로, 전원(140)으로부터 직류 리액터 코일(110)에 전류가 인가된 상태에서, 필드 쿨링(Field Cooling)을 하여 외부 마그넷(magnet) 없이도 초전도 벌크(130)에 필드 트랩(Field trap)이 가능하다.
- [43] 기존의 RMB 방법을 대체하는 과정을 정리하면, 실린더 형상 등의 초전도 벌크로 역자화 코일을 대체 사용하고, (외부 자기장을 인가한 상태에서) 필드 쿨링(Field Cooling)하여 자기장을 트랩하고, 외부 자기장을 제거하여, 초전도 벌크에서 트랩된 자기장(Trapped magnetic field)을 생성한다. 이를 통해, 기존의 RMB 방법을, 초전도 벌크를 이용하여 직류 리액터를 역자화시키는 새로운 기법으로 대체할 수 있다.
- [44] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 초전도 벌크를 이용한 역자화 방법의 순서를 도시한 도면이다.
- [45] 도 7을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 초전도 벌크를 이용한 역자화 방법은, 철심 코어(110)의 1차측에 직류 리액터 코일(120)이 위치하고, 상기 철심 코어(110)의 2차측에 초전도 벌크(120)가 위치하는 초전도 벌크를 이용한 새로운 역자화 방법이다.
- [46] 구체적으로, 초전도 벌크를 이용한 역자화 방법은, 철심 코어(110)의 1차측에 위치한 직류 리액터 코일(120)에 전류를 공급하고(S10), 철심 코어(110)의 2차측에 위치한 초전도 벌크(130)를 냉각시키고(S20), 전류를 OFF하여(S30), 초전도 벌크(130)에서 마그네틱 필드를 트랩(trap)시킨다(S40). 그리하여, 직류 리액터 코일(120)에 DC 전류를 인가한 상태에서 필드 쿨링(Field Cooling)을 함으로써, 외부 마그넷(magnet) 없이도 초전도 벌크(130)에 필드 트랩(Field trap)이 가능하다.
- [47] 여기에서, 초전도 벌크(130)를 냉각시킬 때(S20), 액체 질소를 냉매로 사용할 수 있으나, 이에만 제한되지 않음은 물론이다. 또한, 초전도 벌크(130)를 냉각시킬 때(S20), 실린더 형상의 초전도 벌크를 냉각시키는 것이 바람직하나, 다른 여러

형상으로 초전도 벌크(130)의 형상을 구현할 수 있음은 전술한 바와 같다.

[48] 큰 인덕턴스를 필요로 하는 대용량 코일의 경우, 역자화 코일(RMB 코일)에도 상당한 크기의 전류를 인가해 주어야 해서, 파워 서플라이(Power Supply)를 필요로 하나, 본 발명의 일 실시예에 따른 초전도 벌크를 이용한 역자화 방법은 전류를 인가하기 위한 회로가 필요하지 않으므로, 전력 소모 및 비용 부담을 절감할 수 있다.

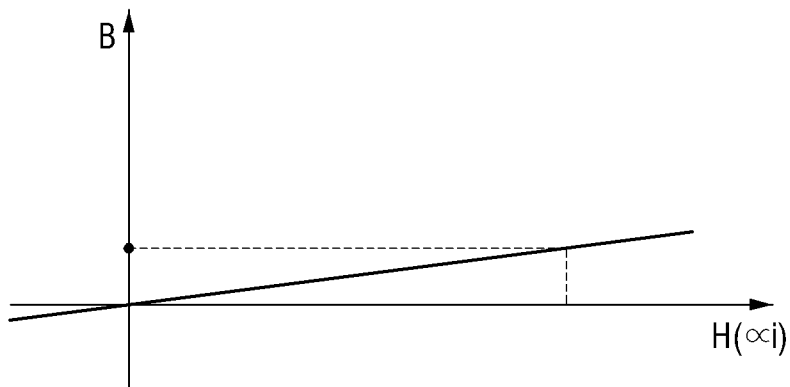
[49] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

[50]

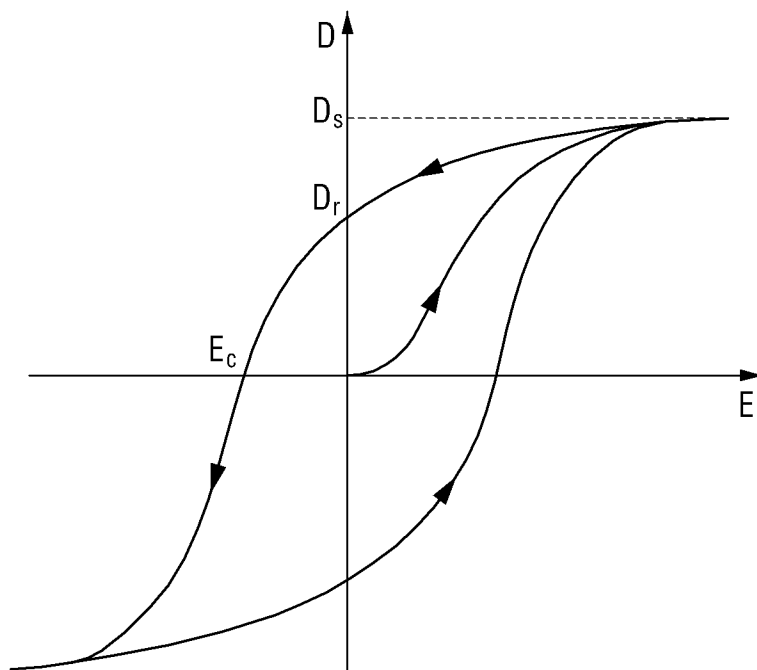
청구범위

- [청구항 1] 철심 코어;
상기 철심 코어의 1차측에 위치하는 직류 리액터 코일; 및
상기 철심 코어의 2차측에 위치하는 초전도 벌크를 포함하는, 직류 리액터의 역자화 구조.
- [청구항 2] 제 1항에 있어서,
상기 초전도 벌크는, 실린더 형상인, 직류 리액터의 역자화 구조.
- [청구항 3] 제 1항에 있어서,
상기 초전도 벌크를 냉각시키는 냉각기를 더 포함하는, 직류 리액터의 역자화 구조.
- [청구항 4] 제 3항에 있어서,
상기 냉각기는, 액체 질소를 냉매로 사용하는, 직류 리액터의 역자화 구조.
- [청구항 5] 제 1항에 있어서,
상기 직류 리액터 코일에 전류를 공급하는 전원을 더 포함하는, 직류 리액터의 역자화 구조.
- [청구항 6] 철심 코어의 1차측에 직류 리액터 코일이 위치하고, 상기 철심 코어의 2차측에 초전도 벌크가 위치하는 초전도 벌크를 이용한 역자화 방법에 있어서,
상기 직류 리액터 코일에 전류를 공급하는 단계;
상기 초전도 벌크를 냉각시키는 단계; 및
상기 전류를 OFF하여 상기 초전도 벌크에 마그네틱 필드를 트랩시키는 단계를 포함하는, 초전도 벌크를 이용한 역자화 방법.
- [청구항 7] 제 6항에 있어서,
상기 냉각시키는 단계는, 액체 질소를 냉매로 사용하는 단계를 더 포함하는, 초전도 벌크를 이용한 역자화 방법.
- [청구항 8] 제 6항에 있어서,
상기 냉각시키는 단계는, 실린더 형상의 초전도 벌크를 냉각시키는 단계를 더 포함하는, 초전도 벌크를 이용한 역자화 방법.

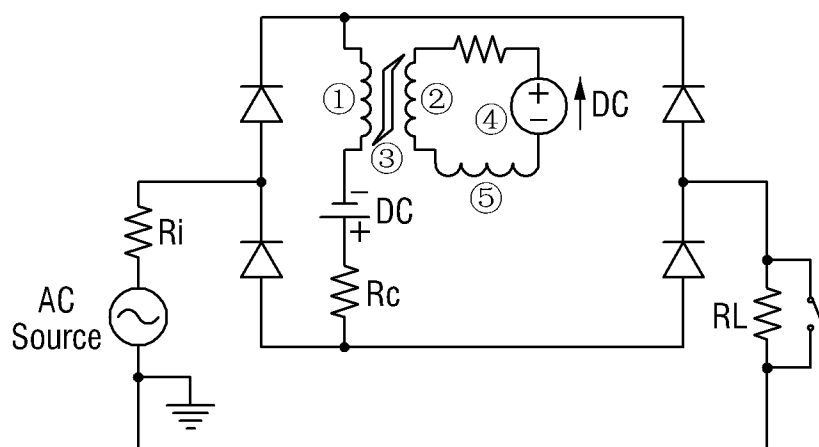
[Fig. 1]



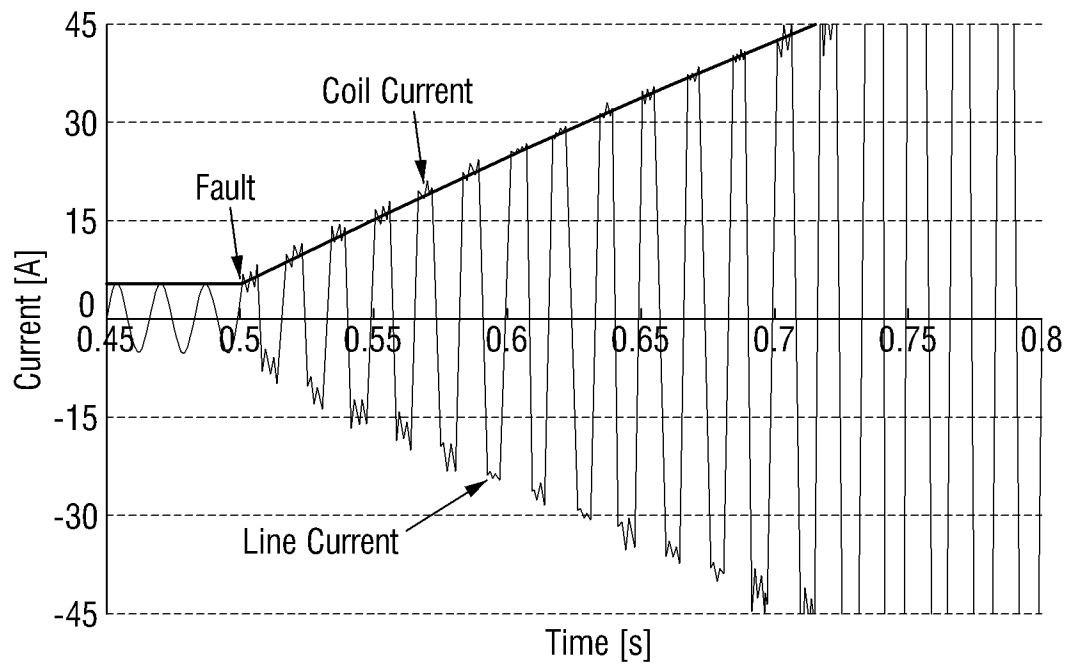
[Fig. 2]



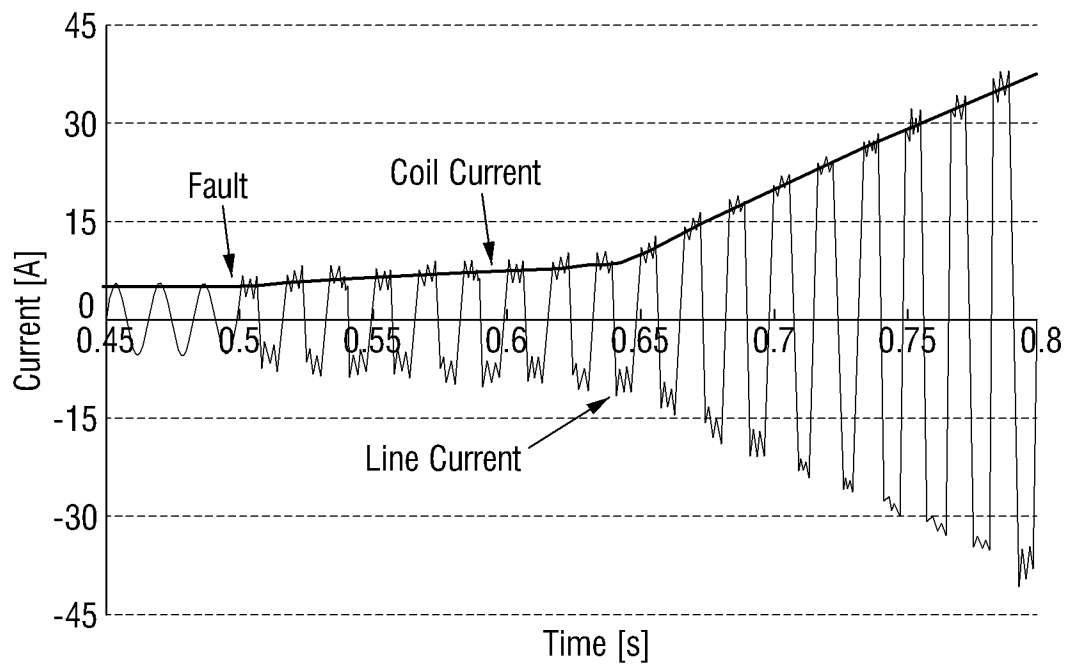
[Fig. 3]



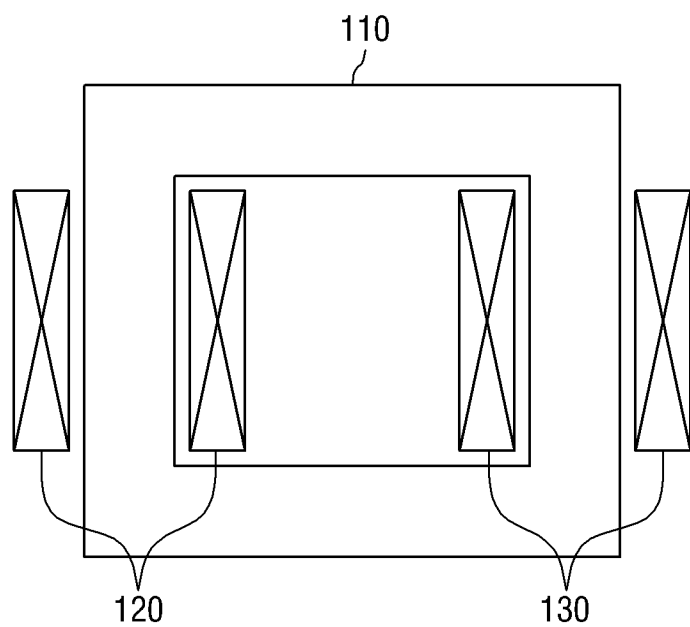
[Fig. 4a]



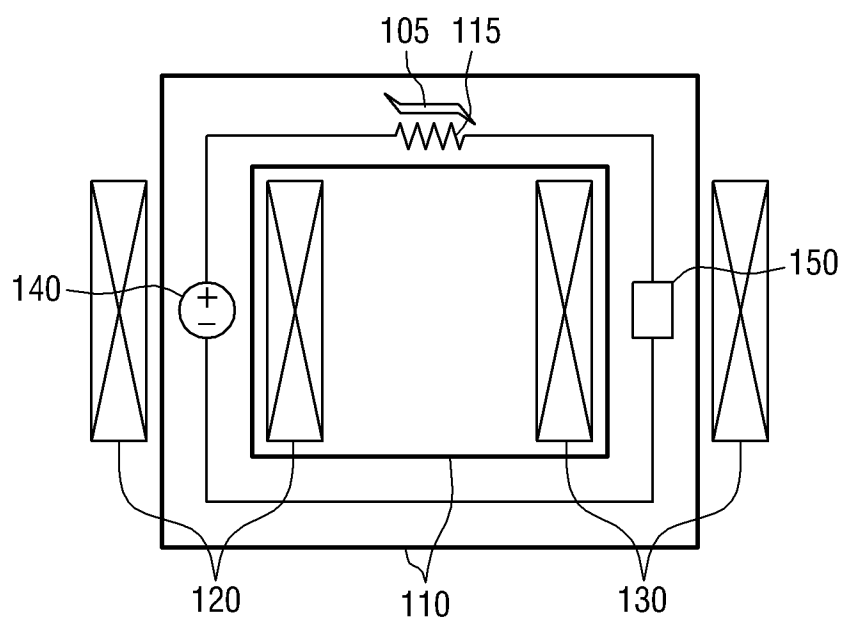
[Fig. 4b]



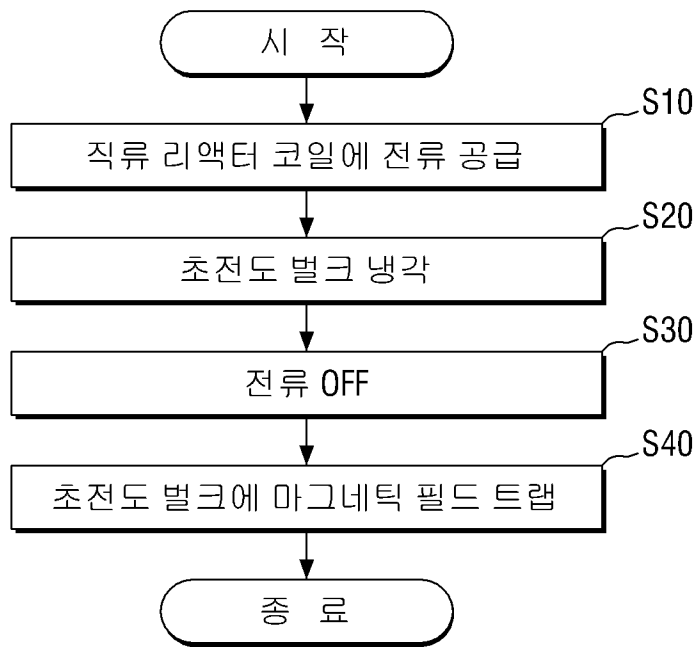
[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2013/007984**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER*****H01F 38/40(2006.01);***

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)

H01F 38/40; H02H 3/08; H02H 9/02; H01L 39/16; H01F 38/02; H01F 29/14; H01F 21/08; H01F 17/04; H02H 9/00

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: reverse magnetization, RMB, DC reactor, superconductivity, cooling

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2009-100612 A (MAYEKAWA MFG CO., LTD.) 07 May 2009 See abstract, paragraphs [0030]-[0052], claims 1, 5 and figures 1, 6.	1-5
Y		6-8
Y	JP 05-182836 A (IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES PLC) 23 July 1993 See paragraphs [0001]-[0011], claims 1, 8 and figures 1, 3-4.	6-8
A	US 5140290 A (DERSCH, Helmut) 18 August 1992 See column 3, line 24 - column 6, line 30, claim 1 and figures 1-2.	1-8
A	KR 10-2005-0009894 A (FREECOMSYSTEM CO., LTD. et al.) 26 January 2005 See abstract, pages 3-4, claim 1 and figures 1-2, 11.	1-8
A	JP 2012-256681 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 27 December 2012 See paragraphs [0029]-[0040], claims 1, 3 and figures 3-5.	1-8



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

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 MAY 2014 (23.05.2014)

Date of mailing of the international search report

23 MAY 2014 (23.05.2014)

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/KR2013/007984

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
JP 2009-100612 A	07/05/2009	JP 5039985 B2	03/10/2012
JP 05-182836 A	23/07/1993	EP 0492884 A1	01/07/1992
		GB 9027803 D0	13/02/1991
		US 5355275 A	11/10/1994
US 05140290 A	18/08/1992	EP 0353449 A1	07/02/1990
		EP 0353449 B1	19/01/1994
		JP 02-105402 A	18/04/1990
KR 10-2005-0009894 A	26/01/2005	NONE	
JP 2012-256681 A	27/12/2012	NONE	

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

H01F 38/40(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

H01F 38/40; H02H 3/08; H02H 9/02; H01L 39/16; H01F 38/02; H01F 29/14; H01F 21/08; H01F 17/04; H02H 9/00

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: 역자화, RMB, 직류리액터, 초전도, 냉각

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	JP 2009-100612 A (MAYEKAWA MFG CO., LTD.) 2009.05.07 요약, 단락 [0030]-[0052], 청구항 1, 5 및 도면 1, 6 참조.	1-5
Y		6-8
Y	JP 05-182836 A (IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES PLC) 1993.07.23 단락 [0001]-[0011], 청구항 1, 8 및 도면 1, 3-4 참조.	6-8
A	US 5140290 A (HELMUT DERSCH) 1992.08.18 컬럼 3, 라인 24 - 컬럼 6, 라인 30, 청구항 1 및 도면 1-2 참조.	1-8
A	KR 10-2005-0009894 A (주식회사 프리컴시스템 외) 2005.01.26 요약, 페이지 3-4, 청구항 1 및 도면 1-2, 11 참조.	1-8
A	JP 2012-256681 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 2012.12.27 단락 [0029]-[0040], 청구항 1, 3 및 도면 3-5 참조.	1-8

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2014년 05월 23일 (23.05.2014)

국제조사보고서 발송일

2014년 05월 23일 (23.05.2014)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

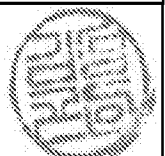
 대한민국 특허청
(302-701) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-472-7140

심사관

김성곤

전화번호 +82-42-481-8746



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 2009-100612 A	2009/05/07	JP 5039985 B2	2012/10/03
JP 05-182836 A	1993/07/23	EP 0492884 A1	1992/07/01
		GB 9027803 D0	1991/02/13
		US 5355275 A	1994/10/11
US 05140290 A	1992/08/18	EP 0353449 A1	1990/02/07
		EP 0353449 B1	1994/01/19
		JP 02-105402 A	1990/04/18
KR 10-2005-0009894 A	2005/01/26	없음	
JP 2012-256681 A	2012/12/27	없음	