



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0103204
(43) 공개일자 2021년08월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01F 6/00 (2006.01) H02H 9/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01F 6/00 (2013.01)
H02H 9/023 (2018.01)
(21) 출원번호 10-2020-0017651
(22) 출원일자 2020년02월13일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
한국전력공사
전라남도 나주시 전력로 55(빛가람동)
창원대학교 산학협력단
경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20(퇴촌동)
(72) 발명자
박민원
경상남도 김해시 덕정로12번길 24(관동동)
김창순
경상남도 창원시 성산구 정동로162번길 78
다오반권
경상남도 창원시 의창구 퇴촌로9번길 9(사림동)
(74) 대리인
특허법인 정안

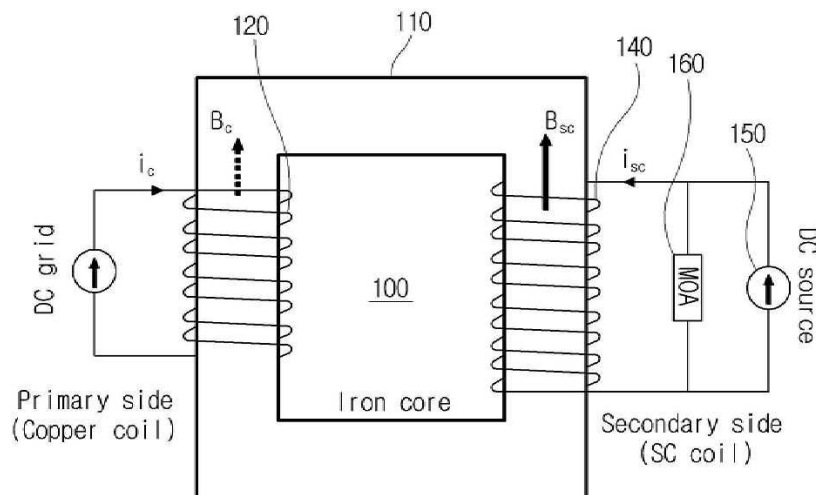
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 포화철심형 직류용 초전도 한류기

(57) 요약

본 발명의 포화철심형 직류용 초전도 한류기는, 자기장 흐름 경로가 되는 철심; 상기 철심의 1차측에 위치하며, 직류 계통상에서 직류 전력의 공급 경로를 형성하는 1차측 코일; 상기 철심의 2차측에 위치하며, 초전도 선재가 감겨진 2차측 코일; 상기 2차측 코일에 디폴트 직류 전류를 공급하는 직류 전원; 및 상기 직류 전원과 병렬 연결된 전력 소모 소자를 포함할 수 있다. 여기서, 상기 전력 소모 소자는, MOA(Metal Oxide Arrester)로 구성될 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01F 2006/001 (2013.01)

Y02E 40/60 (2020.08)

Y10S 505/85 (2013.01)

Y10S 505/88 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

자기장 흐름 경로가 되는 철심;
상기 철심의 1차측에 위치하며, 직류 계통상에서 직류 전력의 공급 경로를 형성하는 1차측 코일;
상기 철심의 2차측에 위치하며, 초전도 선재가 감겨진 2차측 코일;
상기 2차측 코일에 디폴트 직류 전류를 공급하는 직류 전원; 및
상기 직류 전원과 병렬 연결된 전력 소모 소자
를 포함하는 포화철심형 직류용 초전도 한류기.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 전력 소모 소자는, MOA(Metal Oxide Arrester)로 구성된 것을 특징으로 하는 포화철심형 직류용 초전도 한류기.

청구항 3

제1항에 있어서,
정상 상태에서 상기 2차측 코일에는, 상기 철심을 포화시킬 수 있을 만큼의 전류가, 상기 1차측 코일과 반대 방향으로 흐르는 포화철심형 직류용 초전도 한류기.

청구항 4

제3항에 있어서,
고장 상태에서 상기 철심은, 상기 2차측 코일에 의해 포화된 방향과 반대 방향으로 포화 방향이 바뀌는 포화철심형 직류용 초전도 한류기.

청구항 5

제1항에 있어서,
상기 1차측 코일의 일단은 직류 계통의 직류 전력 공급단에 연결되고, 타단은 부하에 연결되는 포화철심형 직류용 초전도 한류기.

청구항 6

단상 교류나 3상 교류 전력이 입력되는 교류 전력 입력단;
상기 교류 전력 입력단의 교류 전력을 직류 전력으로 변환하는 직류 변환 회로;
상기 직류 변환 회로의 출력단에 연결된 직류단 커패시터;

상기 직류 변환 회로의 출력단의 일단과 부하 사이에 연결되며, 내부 철심의 포화 방향의 변경으로 인해 인덕턴스가 발생하고, 이에 따라 단락 전류의 상승을 억제하는 포화철심형 한류 장치를 포함하는 직류 계통.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 포화철심형 한류 장치는,

자기장 흐름을 위한 철심;

상기 철심의 1차측에 위치하며 상기 직류단의 일단과 부하 사이에 연결되는 1차측 코일;

상기 철심의 2차측에 위치하는 2차측 코일;

상기 2차측 코일에 디폴트 전류를 공급하는 전류 전원; 및

상기 전류 전원과 병렬 연결된 전력 소모 소자

를 포함하는 직류 계통.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 2차측 코일은, 초전도 선재로 이루어진 것을 특징으로 하는 직류 계통.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 전력 소모 소자는, MOA(Metal Oxide Arrester)로 구성된 것을 특징으로 하는 직류 계통.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 포화철심형 직류용 초전도 한류기에 관한 것으로, 특히, 초전도체를 이용하여 포화철심형으로 구현한 고전압직류 송전시스템(HVDC)을 위한 직류용 초전도 한류기에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 최근 고전압직류 송전시스템(HVDC)이 전 세계적으로 널리 개발되어 사용되고 있으며, 신재생에너지의 증가로 분산전원이 증가하게 되면서 직류배전에 관한 연구 개발이 활발히 이루어지는 등 전력 변환 장치 기술이 발달되면서 점차 교류 계통에서 직류 계통으로 변화하고 있다. 직류는 전력 변환 이용 이하에 대부분의 부하는 교류를 직류로 변환하여 사용하고 있어 직류로 전력을 공급하면 전력변환손실을 저감할 수 있으며, 장거리 송전에서도 교류에 비해 손실이 적다는 이점을 지니고 있다.

[0004] 그러나, 보호 시스템 관점에서 교류는 주파수를 갖기에 영점이 존재하는 반면 직류는 주파수가 없어서 영점이 존재하지 않는다. 다시 말해 고장 전류(단락사고 또는 지락사고 발생시 기존 정상 전류 보다 수십 배 높은 전류를 말함) 발생시 이를 차단할 수 있는 차단기의 요구사항이 교류에 비해 더 높은 사양이 요구된다. 높은 전류값에서 차단할 경우 아크가 강하게 발생하여 계통 및 부하에 상당한 부담을 부여한다.

[0005] 따라서, 고장전류크기를 줄이기 위한 한류기(fault current limiter)가 요구된다. 기존에 교류 계통에서 사용되는 한류기는 크게 저항형, 포화철심형, 하이브리드형 등이 있다.

[0006] 초전도 소재의 특성을 활용한 초전도 한류기도 다양한 형태로 제안되어 실시되고 있는데, 대부분 초전도의 임계 특성을 이용한 저항형 한류기이다. 저항형 초전도 한류기의 경우 켄치(초전도체가 임계값을 넘었을 때 그 성능을 잃는 현상)에 대한 위험요소가 높다는 단점을 지니고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 10-1996514호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 직류 시스템에서 고장 전류를 효과적으로 차단할 수 있는 포화철심형 직류용 초전도 한류기를 제공하고자 한다.

[0010] 본 발명은 포화철심형 한류기를 이용하여 고전압직류 송전시스템(HVDC)에서의 고장 전류를 대비할 수 있는 포화철심형 직류용 초전도 한류기를 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명의 일 측면에 따른 포화철심형 직류용 초전도 한류기는, 자기장 흐름 경로가 되는 철심; 상기 철심의 1차측에 위치하며, 직류 계통상에서 직류 전력의 공급 경로를 형성하는 1차측 코일; 상기 철심의 2차측에 위치하며, 초전도 선재가 감겨진 2차측 코일; 상기 2차측 코일에 디폴트 직류 전류를 공급하는 직류 전원; 및 상기 직류 전원과 병렬 연결된 전력 소모 소자를 포함할 수 있다.

[0013] 여기서, 상기 전력 소모 소자는, MOA(Metal Oxide Arrester)로 구성될 수 있다.

[0014] 여기서, 정상 상태에서 상기 2차측 코일에는, 상기 철심을 포화시킬 수 있을 만큼의 전류가, 상기 1차측 코일과 반대 방향으로 흐를 수 있다.

[0015] 여기서, 고장 상태에서 상기 철심은, 상기 2차측 코일에 의해 포화된 방향과 반대 방향으로 포화 방향이 바뀔 수 있다.

[0016] 여기서, 상기 1차측 코일의 일단은 직류 계통의 직류 전력 공급단에 연결되고, 타단은 부하에 연결될 수 있다.

[0018] 본 발명의 다른 측면에 따른 직류 계통은, 단상 교류나 3상 교류 전력이 입력되는 교류 전력 입력단; 상기 교류 전력 입력단의 교류 전력을 직류 전력으로 변환하는 직류 변환 회로; 상기 직류 변환 회로의 출력단에 연결된 직류단 커패시터; 및 상기 직류 변환 회로의 출력단의 일단과 부하 사이에 연결되며, 내부 철심의 포화 방향의 변경으로 인해 인덕턴스가 발생하고, 이에 따라 단락 전류의 상승을 억제하는 포화철심형 한류 장치를 포함할 수 있다.

[0019] 여기서, 상기 포화철심형 한류 장치는, 자기장 흐름을 위한 철심; 상기 철심의 1차측에 위치하며 상기 직류단의 일단과 부하 사이에 연결되는 1차측 코일; 상기 철심의 2차측에 위치하는 2차측 코일; 상기 2차측 코일에 디폴트 전류를 공급하는 전류 전원; 및 상기 전류 전원과 병렬 연결된 전력 소모 소자를 포함할 수 있다.

[0020] 여기서, 상기 2차측 코일은, 초전도 선재로 이루어질 수 있다.

[0021] 여기서, 상기 전력 소모 소자는, MOA(Metal Oxide Arrester)로 구성될 수 있다.

발명의 효과

- [0023] 상술한 구성에 따른 본 발명의 포화철심형 직류용 초전도 한류기를 실시하면, 직류 시스템에서 고장 전류를 효과적으로 차단할 수 있는 이점이 있다.
- [0024] 본 발명의 포화철심형 직류용 초전도 한류기는, DC 배전계통의 고장전류 한류에 있어서, 고장 전류 한류를 통한 차단기의 요구 성능을 낮추어 경제적 효과 및 신뢰성 향상시킬 수 있는 이점이 있다.
- [0025] 본 발명의 포화철심형 직류용 초전도 한류기는, 초전도 퀀치 현상을 이용하지 않아, 한류기의 안정성이 높고, 회복시간이 필요하지 않아 재폐로 시간을 단축하는 이점이 있다.
- [0026] 본 발명의 포화철심형 직류용 초전도 한류기는, 한류 동작에 있어서 전자제어가 요구되지 않아 신뢰성이 높은 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 포화철심형 직류용 초전도 한류기를 도시한 구성도.
- 도 2는 도 1의 포화철심형 한류 장치를 구비한 직류 계통을 도시한 회로도.
- 도 3은 포화철심형 DC 초전도 한류기의 고장전류에 따른 철심 포화특성을 나타낸 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 본 발명을 설명함에 있어서 제 1, 제 2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 구성요소들은 용어들에 의해 한정되지 않을 수 있다. 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제 1 구성요소는 제 2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제 2 구성요소도 제 1 구성요소로 명명될 수 있다.
- [0030] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 연결되어 있거나 접속되어 있다고 언급되는 경우는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해될 수 있다.
- [0031] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다.
- [0032] 본 명세서에서, 포함하다 또는 구비하다 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것으로서, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해될 수 있다.
- [0033] 또한, 도면에서의 요소들의 형상 및 크기 등은 보다 명확한 설명을 위해 과장될 수 있다.
- [0035] 일반적으로 직류 계통에 적용되는 초전도 한류기는 저항형 초전도 한류기이다.
- [0036] 저항형 초전도 한류기는 초전도의 퀀치(quench) 현상을 이용하여 고장전류가 발생시 퀀치로 인한 임피던스의 변화를 이용하는 방식이지만, 퀀치로 인한 초전도체 손상에 대한 우려가 높고, 회복시간이 오래 걸린다는 단점을 가지고 있다.
- [0037] 본 발명에서 제시하는 포화철심형 한류기는, 저전도(초전도가 보다 적합함) 코일과 철심을 이용하여 높은 자장으로 코어를 포화시켜 놓고 고장 전류가 발생시 역포화가 발생하면서 인덕턴스 발생하고 고장 전류를 한류하는 방식이다. 따라서, 퀀치 현상이 없고, 긴 회복시간을 필요로 하지 않기 때문에 실 계통에 적용 시 빠른 응답 특성과 빠른 재폐로 등에 유리한 동작 특성을 가진다.
- [0038] 포화철심형 초전도 한류기는 이미 교류 계통용 한류기의 연구 개발이 진행되고 있으나, 직류 계통용 포화철심형 초전도 한류기는 그 구체적 형태가 아직 제안되지 않았다.
- [0039] 직류 계통의 경우 주파수가 없어 포화철심형 한류기를 적용할 경우 교류계통보다 더 많은 이점을 지니고 있다.

또한, 높은 사양이 요구되는 DC 차단기의 요구사양을 낮추어 경제적 효과와 안정성을 높일 수 있다.

- [0041] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 포화철심형 직류용 초전도 한류기를 도시한다.
- [0042] 도시한 포화철심형 직류용 초전도 한류기(100)는, 자기장 흐름 경로가 되는 철심(110); 상기 철심(110)의 1차측에 위치하며, 직류 계통상에서 직류 전력의 공급 경로를 형성하는 1차측 코일(120); 상기 철심(110)의 2차측에 위치하며, 초전도 선재가 감겨진 2차측 코일(140); 상기 2차측 코일에 디폴트 직류 전류를 공급하는 직류 전원(150); 상기 직류 전원(150)과 병렬 연결된 전력 소모 소자(160)를 포함한다.
- [0044] 도시한 바와 같이 포화철심형 직류용 초전도 한류기(100)는, 선로측(이하 1차측)코일(120), 철심(110), 2차측 코일(140), 직류 전원(150)을 위한 DC 전원 장치, 전력 소모 소자(160)로서 MOA(Metal Oxide Arrester)로 구성된다. MOA(Metal Oxide Arrester)는 서지에서 유발된 비교적 큰 전력을 일종의 저항 소자로서 안정적으로 소모시킬 수 있다.
- [0045] 상기 1차측 코일(120)은 선로에 직렬로 연결되어 고장전류가 발생시 순간 높은 전류변화로 상기 철심(110)을 자화(역포화)시키는 역할을 한다.
- [0046] 상기 2차측 코일(140)은 정상상태에서는 일정한 전류가 흐르며 상기 철심(110)을 포화 상태로 유지하는 역할을 한다. 이때, 상기 철심(110)을 포화상태로 유지시키기 위한 전류는 DC 전원 장치를 이용하여 공급한다.
- [0047] 이를 위해, 상기 2차측 코일(140)의 전류방향은 선로에 직렬로 연결된 1차측 코일(120)의 전류 방향과 반대이다. 즉, 상기 철심(110)은 B_{sc} 방향으로 자화되어 포화가 되고 1차측 코일(120)은 상기 철심(110)의 포화로 정상상태에서는 인덕턴스값이 매우 작아 선로에 영향을 미치지 않는다.
- [0048] 다시 말해, 정상 상태에서 상기 2차측 코일(140)에는, 상기 철심을 포화시킬 수 있을 만큼의 전류가 DC 전원 장치에 의해 상기 1차측 코일과 반대 방향으로 흐르고 있다.
- [0049] 상기 2차측 코일(140)에 흐르는 전류는 상기 철심(110)을 포화시키기 위해 1차측 코일의 정상상태 전류보다 훨씬 더 높은 전류를 흘려야 하기 때문에 높은 전류 밀도를 갖는 초전도 선재를 이용하는 것이 바람직하지만, 이에 한정되지 않고 고전도성을 가진 코일로도 구현은 가능하다.
- [0050] 상기 철심(110)은 고장 전류 발생시 빠르게 역자화가 이루어지기 위해 투자율이 높아야 하며, 고장 전류의 에너지를 전달할 수 있을 만큼의 충분한 부피를 가지는 것이 바람직하다.
- [0051] 고장 전류 발생시 1차측에서 유기되는 에너지를 2차측에 전달하게 되는데 이를 소모하기 위해서는, 상기 전력 소모 소자(160)로서 MOA를 2차측 코일과 병렬로 연결하여 고장 전류로부터 유발된 에너지를 소모한다.
- [0053] 다음, 정상 상태 및 고장 발생 상태로 구분하여, 도 1에 도시한 포화철심형 직류용 초전도 한류기의 동작에 대하여 정리한다.
- [0054] 먼저, 정상 상태에서는 상기 1차측 코일(120)에는 직류 계통 선로의 정상 상태 전류가 흐른다. 상기 2차측 코일(140)에는 상기 철심(110)을 포화시킬 수 있을 만큼의 전류가 흐르며, 방향은 상기 1차측 코일(120)과 반대 방향이다. 상기 철심(110)이 포화가 되면, 상기 1차측 코일(120)은 인덕턴스 값이 매우 작아 선로에 영향을 미치지 않는다. 따라서, 정상상태에서는 한류기는 직류 계통 선로에 영향을 미치지 않는다.
- [0055] 이는, 정상 작동 중에 1차측의 직류 바이어스 전류는 1차측에서 철심(110)이 포화되고 코어는 자기 침투성이 낮고, 따라서, 1차측은 직류 계통의 에어-코어 인덕터와 같이 보여짐에 기인한 것이다.
- [0056] 반면, 고장 발생시, 즉, 직류 계통 선로에 단락사고 또는 지락사고가 발생시 고장 전류가 흐르게 된다. 이때, 고장 전류는 정상 상태 전류에 수십배가 흐르게 된다. 다시 말해, 순간 높은 전류 변화로 상기 2차측 코일(140)에 의해 정방향으로 포화가 되어 있던 상기 철심(110)은 반대 방향의 높은 고장 전류로 인하여 포화 방향이 바뀌게 된다. 즉, 상기 철심(110)은, 고장 상황에서는 상기 2차측 코일(140)에 의해 포화된 방향과 반대 방향으로 포화 방향이 바뀌게 된다. 상기 포화 방향의 변경으로 인해 인덕턴스가 발생하게 되면, 고장 전류의 상승을 억제하게 된다.

- [0057] 상기 1차측 전류에 의해 2차측으로 유기되는 에너지는 상기 MOA를 통해 소모되게 되어, DC 전원 장치에는 영향을 미치지 않는다. 즉, 직류 계통상 결함이 발생하면 철심이 더 이상 포화되지 않고 투과성이 증가하고, 이로 인해 1차측의 인덕턴스가 증가하여 결함 전류의 상승이 억제된다.
- [0058] 또한, 고장 전류 한류를 통해 DC 차단기의 부담을 줄여 준다. 차단기에 의해 차단이 이루어지게 되면 전류가 0이 되고, 다시 상기 철심(110)은 역포화 상태로 되돌아간다. 이때, 이미 MOA에서 고장 전류로 인한 에너지를 모두 소모하기에 바로 재폐로를 하여도 문제가 없다.
- [0060] 도 2는 도 1의 포화철심형 한류 장치를 구비한 직류 계통을 도시한 회로도이다.
- [0061] 도시한 직류 계통은, 단상 교류나 3상 교류 전력이 입력되는 교류 전력 입력단; 상기 교류 전력 입력단의 교류 전력을 직류 전력으로 변환하는 직류 변환 회로(D1 ~ D6); 상기 직류 변환 회로의 출력단에 연결된 직류단 커패시터(Vdc); 상기 직류 변환 회로의 출력단의 일단과 부하 사이에 연결되는 포화철심형 한류 장치(100)를 포함한다.
- [0062] 이때, 상기 포화철심형 한류 장치(100)는, 도 1에 도시한 구성을 가질 수 있으며, 자기장 흐름을 위한 철심(110); 상기 철심(110)의 1차측에 위치하며, 상기 직류단의 일단과 부하 사이에 연결되는 1차측 코일(120); 상기 철심의 2차측에 위치하는 2차측 코일(140); 상기 2차측 코일(140)에 디폴트 전류를 공급하는 전류 전원(150); 및 상기 전류 전원과 병렬 연결된 전력 소모 소자(160)를 구비할 수 있다.
- [0063] 상기 포화철심형 한류 장치(100)는, 도 1에 도시한 바와 같은 SI-SFCL(saturated iron core superconducting fault current limiter) 장비로 구현될 수 있다.
- [0064] 도시한 회로도에서는 상기 교류 전력 입력단으로서, 2상 교류 입력단이 적용되었으며, 상기 3상 교류 전력 입력단과 상기 직류 변환 회로(D1 ~ D6) 사이에는 인덕터를 개재하였다.
- [0065] 도시한 회로도에서 상기 직류단 커패시터(Vdc)와 상기 포화철심형 한류 장치(100) 사이의 R 및 L은 선로 저항 및 선로 인덕턴스를 의미한다.
- [0066] 도시한 직류 계통에서 부하측에서 단락(Short circuit)이 발생되면, 단락 전류의 경로를 형성하는 상기 포화철심형 한류 장치(100)에 의해, 즉각적으로 한류된다. 이때, 상술한 바와 같이, 상기 포화철심형 한류 장치(100)의 철심의 포화 방향의 변경으로 인해 인덕턴스가 발생하고, 이에 따라 단락 전류의 상승을 억제하게 된다. 이후, 차단기에 의해 차단이 이루어지게 되면 전류가 0이 되고, 다시 상기 철심(110)은 역포화 상태로 복귀한다.
- [0068] 도 3은 포화철심형 DC 초전도 한류기의 고장전류에 따른 철심 포화특성을 나타낸 그래프이다.
- [0069] 도시한 바와 같이, 정상 상태에서는 한류기의 철심이 포화 상태로 수렴하다가, 고장전류가 발생하면 상기 철심이 수렴된 포화 방향과 반대 방향으로 방향이 급격히 바뀌어 역포화됨을 알 수 있다. 이후, 고장이 제거되면 상기 철심은 다시 포화 상태로 수렴된다.
- [0070] 도시한 급격한 포화에서 역포화로의 천이 과정 동안, 고장 전류 한류 효과가 높아지므로, 이 과정 동안 차단기를 동작시키면, 차단기의 요구 성능을 낮추어, 차단기의 경제성 및 신뢰성을 동시에 달성할 수 있다.
- [0072] 본 발명이 속하는 기술 분야의 당업자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있으므로, 이상에서 기술한 실시 예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적인 것이 아닌 것으로서 이해해야만 한다. 본 발명의 범위는 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 등가개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

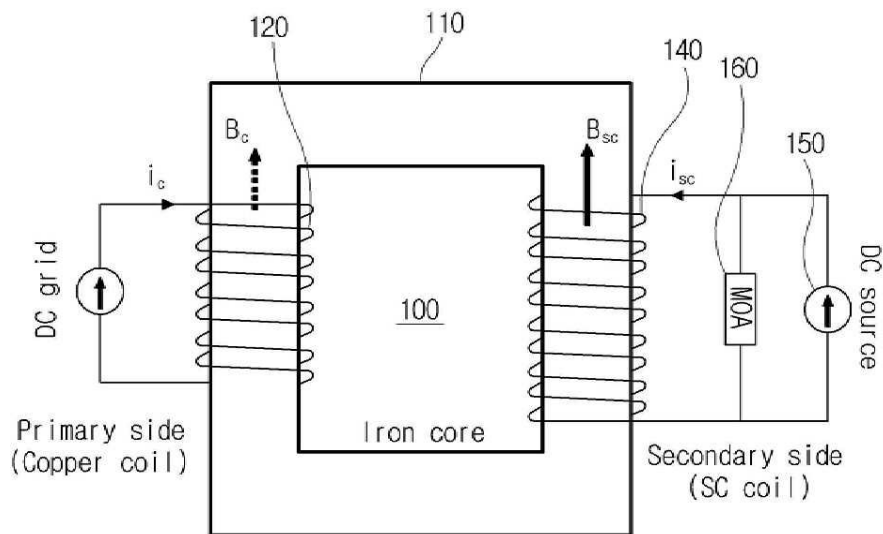
부호의 설명

- [0074] 100 : 포화철심형 직류용 초전도 한류기

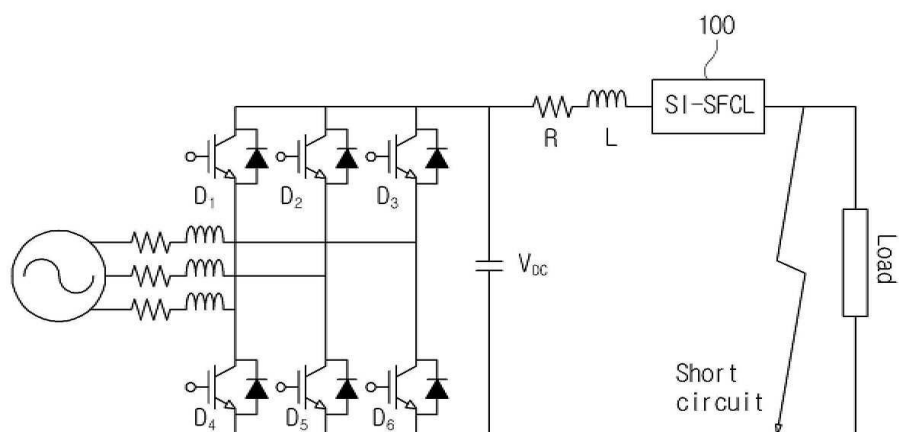
- 110 : 철심
- 120 : 1차측 코일
- 140 : 2차측 코일
- 150 : 전류 전원
- 160 : 전력 소모 소자

도면

도면1



도면2



도면3

