



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0099431
(43) 공개일자 2018년09월05일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02H 9/02 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H02H 9/023 (2018.01)
Y02E 40/69 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-0123536
- (22) 출원일자 2017년09월25일
심사청구일자 2017년09월25일
- (30) 우선권주장
1020170026036 2017년02월28일 대한민국(KR)

- (71) 출원인
송실대학교산학협력단
서울특별시 동작구 상도로 369 (상도동)
- (72) 발명자
임성훈
서울특별시 동작구 상도로53길 8, 312동 1501호
(상도동, 래미안상도3차아파트)
- 최상재
서울특별시 송파구 마천로35길 18, 506호 (마천동, 마천동아남아파트)
- (74) 대리인
특허법인엠에이피에스

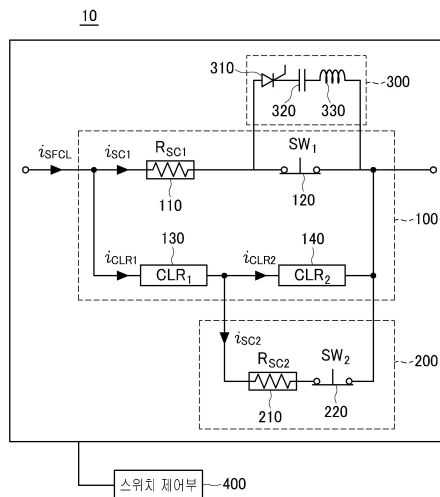
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 교류 및 직류용 이중 켄치 한류 장치

(57) 요약

제 1 전류 흐름 경로 및 제 2 전류 흐름 경로를 제공하는 제 1 전류 제한부 및 제 1 전류 제한부에 접속되어 제 3 전류 흐름 경로를 제공하는 제 2 전류 제한부를 포함하며, 제 1 및 제 3전류 흐름 경로의 저항은 각각 제 2 전류 흐름 경로의 저항보다 작으며, 입력 전류가 제 1 임계값 이하인 경우 입력 전류가 제 1 전류 흐름 경로로 흐르도록 동작하고, 입력 전류가 제 1 임계값을 초과하고 제 2 임계값 이하인 경우 입력 전류의 적어도 일부가 제 3 전류 흐름 경로로 흐르도록 동작하되 입력 전류의 일부가 제 3 전류 흐름 경로로 흐를 경우 입력 전류의 나머지는 제 2 전류 흐름 경로로 흐르도록 동작하며, 입력 전류가 제 2 임계값을 초과하는 경우 입력 전류가 제 2 전류 흐름 경로로 흐르도록 동작하는 이중 켄치 한류 장치를 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류
Y10S 505/85 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

교류 및 직류용 이중 켄치 한류 장치에 있어서,

제 1 전류 흐름 경로 및 제 2 전류 흐름 경로를 제공하는 제 1 전류 제한부; 및

상기 제 1 전류 제한부에 접속되어, 제 3 전류 흐름 경로를 제공하는 제 2 전류 제한부를 포함하며,

상기 제 1 및 제 3 전류 흐름 경로의 저항은 각각 상기 제 2 전류 흐름 경로의 저항보다 작으며,

입력 전류가 제 1 임계값 이하인 경우, 상기 입력 전류가 상기 제 1 전류 흐름 경로로 흐르도록 동작하고,

입력 전류가 상기 제 1 임계값을 초과하고 제 2 임계값 이하인 경우, 상기 입력 전류의 적어도 일부가 상기 제 3 전류 흐름 경로로 흐르도록 동작하되, 상기 입력 전류의 일부가 상기 제 3 전류 흐름 경로로 흐를 경우 상기 입력 전류의 나머지는 상기 제 2 전류 흐름 경로로 흐르도록 동작하며,

입력 전류가 상기 제 2 임계값을 초과하는 경우, 상기 입력 전류가 상기 제 2 전류 흐름 경로로 흐르도록 동작하는, 이중 켄치 한류 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 전류 제한부는,

입력단과 출력단 사이에 직렬 연결된 제 1 초전도 소자 및 제 1 스위치와, 상기 입력단과 상기 출력단 사이에 직렬 연결된 제 1 한류 저항 및 제 2 한류 저항을 포함하고,

상기 제 1 초전도 소자 및 제 1 스위치와, 상기 제 1 한류 저항 및 제 2 한류 저항은 병렬 연결되며,

상기 제 2 전류 제한부는,

직렬 연결된 제 2 초전도 소자 및 제 2 스위치를 포함하고,

상기 제 2 전류 제한부는 상기 제 2 한류 저항에 병렬 연결된 것인, 이중 켄치 한류 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 입력 전류가 상기 제 1 임계값 이하인 경우, 상기 제 1 스위치 및 제 2 스위치를 각각 턴온시켜 상기 제 1 초전도 소자 및 제 1 스위치를 경유하여 전류가 흐르도록 동작하고,

상기 입력 전류가 상기 제 1 임계값을 초과하고 상기 제 2 임계값 미만인 경우, 상기 제 1 스위치를 턴오프시키고 상기 제 2 스위치를 턴온시켜 상기 제 1 한류 저항, 제 2 초전도 소자 및 제 2 스위치를 경유하여 전류가 흐르도록 동작하고,

상기 입력 전류가 상기 제 2 임계값을 초과하는 경우, 상기 제 1 스위치 및 제 2 스위치를 각각 턴오프시켜 상기 제 1 한류 저항 및 제 2 한류 저항을 경유하여 전류가 흐르도록 동작하는, 이중 켄치 한류 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 전류 제한부는,

입력단과 출력단 사이에 직렬 연결된 제 1 초전도 소자 및 제 1 스위치와, 상기 제 1 초전도 소자 및 제 1 스위치에 각각 병렬 연결된 제 1 한류 저항 및 제 2 한류 저항을 포함하고,

상기 제 2 전류 제한부는,

상기 제 2 한류 저항의 일단과 상기 출력단 사이에 직렬 연결된 제 2 스위치 및 제 2 초전도 소자를 포함하는 것인, 이중 켄치 한류 장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 입력 전류가 상기 제 1 임계값 이하인 경우, 상기 제 1 스위치 및 제 2 스위치를 각각 턴온시켜 상기 제 1 초전도 소자 및 제 1 스위치를 경유하여 전류가 흐르도록 동작하고,

상기 입력 전류가 상기 제 1 임계값을 초과하고 상기 제 2 임계값 미만인 경우, 상기 제 1 스위치를 턴오프시키고 상기 제 2 스위치를 턴온시켜 상기 입력 전류의 일부는 상기 제 1 한류 저항을 경유하여 흐르도록 하고, 상기 입력 전류의 나머지는 상기 제 2 한류 저항, 제 2 스위치 및 제 2 초전도 소자를 경유하여 흐르도록 동작하고,

상기 입력 전류가 상기 제 2 임계값을 초과하는 경우, 상기 제 1 스위치 및 제 2 스위치를 각각 턴오프시켜 상기 제 1 한류 저항을 경유하여 전류가 흐르도록 동작하는, 이중 켄치 한류 장치.

청구항 6

제 2 항 또는 제 4항에 있어서,

상기 제 1 스위치에 병렬 연결되는 자가 공진 회로부를 더 포함하고,

상기 자가 공진 회로부는,

직렬 연결된 사이리스터, 커패시터 및 코일을 포함하는, 이중 켄치 한류 장치.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 입력 전류가 직류 전류이되 상기 제 1 임계값을 초과하고 상기 제 2 임계값 미만인 경우, 상기 사이리스터가 도통되어 상기 자가 공진 회로부에 전류가 흐르는 것인, 이중 켄치 한류 장치.

청구항 8

제 2 항 또는 제 4 항에 있어서,

상기 제 1 내지 제 3 전류 흐름 경로, 상기 제 1 초전도 소자 및 제 2 초전도 소자의 전류 또는 전압에 기초하여 상기 제 1 및 제 2 스위치의 동작을 제어하는 스위치 제어부를 더 포함하는, 이중 켄치 한류 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 교류 및 직류용 초전도 한류 장치에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 일반적으로 전력계통의 어느 한 곳에 단락과 같은 사고가 발생한 경우에 사고지점에서 인접한 차단기가 동작한다. 이를 통해, 상위 단의 건전한 전력선과 단락이 발생한 선로를 차단함으로써 과전류 누설로 인한 전력 손실을 줄이고 주변 전력용 기기를 보호한다. 이처럼 전체 계통시스템의 다운현상을 방지하여 다른 건전한 선로에 전력을 연속적으로 공급할 수 있도록 초전도체를 이용한 전류 제한기가 사용되고 있다.
- [0003] 전력계통 장치나 회로는 정상 상태의 경우 연속정격전류가 흐른다. 하지만, 전력계통 장치나 회로 상에 문제가 발생하거나 장치나 회로가 건널 수 있는 범위 이상의 전류인 고장전류가 인가되면, 고장전류로 인해 전력계통 장치나 회로 내부의 주요 구성이 손상을 입게 된다.
- [0004] 이러한 고장전류 발생을 방지하기 위해, 전력계통 장치나 회로의 궤도 회로에 접속하여 전류를 조절할 수 있는 한류 장치가 개발되었다. 특히, 극저온 상태에서 전기 저항이 실질적으로 0에 가깝고, 온도가 높아질수록 저항이 급격히 증가하는 특성을 갖는 초전도체를 이용한 초전도 한류 장치에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.
- [0005] 이와 관련하여, 대한민국 등록특허 제 10-1182968호(발명의 명칭: 하이브리드 초전도 한류기)에는, 전력 입력단으로 입력되는 전력을 전력 출력단으로 출력하면서 고장전류의 발생을 감지하는 초전도체와, 초전도체의 출력전력을 진공 인터럽터를 통해 전력 출력단으로 전달하고 초전도체가 고장전류를 감지하였을 경우에 진공 인터럽터를 개로시킴과 동시에 보호접점이 폐로되면서 전력 입력단의 전력을 우회시켜 진공 인터럽터로 출력하는 고속 스위치와, 진공 인터럽터와 전력 출력단의 사이에 구비되고 초전도체가 고장전류를 감지하였을 경우에 턴 오프되면서 진공 인터럽터가 개로될 때 발생하는 아크를 제거하는 전력용 반도체 스위칭 유닛과, 전력 입력단 및 전력 출력단의 사이에 접속되는 커패시터와, 커패시터와 병렬 접속되는 한류저항을 포함하는 초전도 한류기가 개시되어 있다.
- [0006] 그러나 위와 같은 종래의 초전도 한류기는, 스위칭 차단 후에 고장전류 크기에 따른 유동적인 전류 제한이 아닌 획일적 고장전류 제한을 한다. 이는 고장전류가 작은 경우 계통 차단기에서 고장의 유무를 확인할 수 없어 주 차단기의 동작을 방해한다는 문제점이 있다.
- [0007] 따라서, 초전도 소자의 배치 구조와 스위칭 소자를 이용하여, 고장전류의 크기에 따라 가동되는 초전도 소자의 개수 및 경로를 조절하여 고장전류를 제한하는 방법이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명의 일부 실시예는 주 스위치부로서의 트리거형 초전도 한류 장치에 초전도 소자를 포함한 보조 스위치부를 추가함으로써 이중 켄치를 유도하고, 각각의 초전도 소자에 계전기를 연동하여 전류의 크기에 따라 스위칭 동작을 다르게 제어함으로써 제한 임피던스를 조절할 수 있는 이중 켄치 한류 장치를 제공하고자 한다.
- [0009] 또한, 본 발명의 일부 실시예는 초전도 한류 장치의 전류 변화에 의해 공진이 발생하는 자가공진회로(self-resonance circuit)를 추가함으로써, 직류 전류에 대해서도 스위치의 손상 없이 안정적으로 한류 할 수 있는 이중 켄치 한류 장치를 제공하고자 한다.
- [0010] 다만, 본 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제들로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0011] 상기한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 일 측면에 따른 교류 및 직류용 이중 켄치 한류 장치는 제 1 전류 흐름 경로 및 제 2 전류 흐름 경로를 제공하는 제 1 전류 제한부; 및 상기 제 1 전류 제한부에 접속되어, 제 3 전류 흐름 경로를 제공하는 제 2 전류 제한부를 포함하며, 상기 제 1 및 제 3 전류 흐름 경로의 저항은 각각 상기 제 2 전류 흐름 경로의 저항보다 작으며, 입력 전류가 제 1 임계값 이하인 경우, 상기 입력 전류가 상기 제 1 전류 흐름 경로로 흐르도록 동작하고, 입력 전류가 상기 제 1 임계값을 초과하고 제 2 임계값 이하인 경우, 상기 입력 전류의 적어도 일부가 상기 제 3 전류 흐름 경로로 흐르도록 동작하되, 상기 입력 전류의 일부가 상기 제 3 전류 흐름 경로로 흐를 경우 상기 입력 전류의 나머지는 상기 제 2 전류 흐름 경로로 흐르도록 동작하며, 입력 전류가 상기 제 2 임계값을 초과하는 경우, 상기 입력 전류가 상기 제 2 전류 흐름 경로로 흐르도록 동작한다.

발명의 효과

- [0012] 기술한 본 발명의 과제 해결 수단 중 어느 하나에 따른 이중 켄치 한류 장치는 고장 전류의 크기에 따라 전류가 흐르는 경로를 가변적으로 변경할 수 있어, 고장 전류 크기에 따른 유동적 제한 임피던스를 제공할 수 있다.
- [0013] 또한, 본 발명의 과제 해결 수단 중 어느 하나에 따른 이중 켄치 한류 장치는 다중 초전도 소자를 이용하여 상이한 크기의 고장 전류 별로 초기 과전류를 빠르게 제한할 수 있으며, 초전도 소자의 한류에 연이어 주 스위치와 보조 스위치를 각각 온/오프 제어하여 전류 흐름 경로를 변경함으로써 고장전류로부터 한류 장치 내부 구성을 효과적으로 보호할 수 있다.
- [0014] 또한, 본 발명의 과제 해결 수단 중 어느 하나에 따른 이중 켄치 한류 장치는 주 스위치부의 스위치에 병렬로 연결된 자기 공진 회로를 통해 직류 전류에 대해서도 스위치를 손상 없이 안정적으로 동작시킬 수 있으며, 이를 통해 스위치 동작 신뢰성 및 차단 속도가 향상되고 최대 내력 전류량이 증대되는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 이중 켄치 한류 장치의 구성도이다.
- 도 2 a 내지 도 2c는 본 발명의 일 실시예에 따른 이중 켄치 한류 장치에서의 전류 경로를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 이중 켄치 한류 장치의 구성도이다.
- 도 4a 내지 도 4c는 본 발명의 다른 실시예에 따른 이중 켄치 한류 장치에서의 전류 경로를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5는 본 발명에 적용되는 자기 공진 회로에 의한 전류 공진 파형을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본원이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본원의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본원은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본원을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0017] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다.
- [0018] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 이중 켄치 한류 장치의 구성도이다. 그리고, 도 2 a 내지 도 2c는 본 발명의 일 실시예에 따른 이중 켄치 한류 장치에서의 전류 경로를 설명하기 위한 도면이다.
- [0019] 도 1을 참조하면, 이중 켄치 한류 장치(10)는 제 1 전류 제한부(100), 제 2 전류 제한부(200), 자기 공진 회로부(300) 및 스위치 제어부(400)를 포함한다.
- [0020] 제 1 전류 제한부(100)는 전류의 입력단과 출력단 사이에 직렬로 연결된 제 1 초전도 소자(110) 및 제 1 스위치(120)와, 입력단과 출력단 사이에 직렬 연결된 제 1 초전도 소자(110) 및 제 1 스위치(120)에는 병렬로 연결되는 제 1 한류 저항(130) 및 제 2 한류 저항(140)을 포함한다.
- [0021] 이때, 제 1 및 제 2 한류 저항(130, 140)은 각각 하나 이상의 저항(R), 코일(L), 커패시터(C) 중 적어도 하나의 조합으로 이루어질 수 있다. 그리고 제 1 및 제 2 한류 저항(130, 140) 각각의 임피던스 값은 설계자의 의도 또는 사용 용도에 따라 고정된 값으로 미리 설정되어 있을 수 있다.
- [0022] 구체적으로, 제 1 초전도 소자(110) 및 제 1 한류 저항(130)의 일단은 각각 입력단에 접속되고, 제 1 초전도 소자(110)의 타단은 제 1 스위치(120)의 일단에 접속되며, 제 1 한류 저항(130)의 타단은 제 2 한류 저항(140)의 일단에 접속된다. 또한, 제 1 스위치(120) 및 제 2 한류 저항(140)의 타단은 각각 출력단에 접속된다.
- [0023] 제 2 전류 제한부(200)는 직렬로 연결된 제 2 초전도 소자(210) 및 제 2 스위치(220)를 포함하며, 제 2 초전도 소자(210) 및 제 2 스위치(220)는 제 2 한류 저항(140)에 병렬로 연결된다.
- [0024] 구체적으로, 제 2 초전도 소자(210)의 일단은 서로 직렬 연결된 제 1 한류 저항(130) 및 제 2 한류 저항(140) 사이에 접속되고, 제 2 초전도 소자(210)의 타단은 제 2 스위치(220)의 일단에 접속된다. 그리고 제 2 스위치

(220)의 타단은 제 2 한류 저항(140) 및 출력단에 접속된다.

- [0025] 이때, 제 1 전류 제한부(100)는 입력단 및 출력단 사이에 제 1 전류 흐름 경로 및 제 2 전류 흐름 경로를 제공하고, 제 2 전류 제한부(200)는 제 3 전류 흐름 경로를 제공한다.
- [0026] 스위치 제어부(400)는 제 1 내지 제 3 전류 흐름 경로와, 제 1 및 제 2 초전도 소자(110, 210)의 전류 또는 전압을 측정하고, 측정된 전류 또는 전압에 기초하여 제 1 스위치(120) 및 제 2 스위치(220)의 온/오프(on/off) 구동을 제어한다. 이때, 스위치 제어부(400)는 계전기를 포함할 수 있다.
- [0027] 자가 공진 회로부(300)는 서로 직렬 연결된 사이리스터(310), 커패시터(C)(320) 및 코일(L)(330)을 포함한다. 사이리스터(310), 커패시터(C)(320) 및 코일(L)(330)은 제 1 전류 제한부(100)의 제 1 스위치(120)에 병렬로 연결된다.
- [0028] 구체적으로, 사이리스터(310)의 일단은 제 1 스위치(120)의 일단에 접속되고, 사이리스터(310)의 타단은 커패시터(320)의 일단에 접속된다. 그리고 커패시터(320)의 타단은 코일(330)의 일단에 접속되며, 코일(330)의 타단은 제 1 스위치(120)의 타단 및 출력단에 접속된다. 이러한 자가 공진 회로부(300)의 동작에 대해서는 아래 도 5를 참조하여 상세히 설명하도록 한다.
- [0029] 이하, 도 2a 내지 2c를 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 이중 켄치 한류 장치(10)에서의 전류 제한 방식에 대해서 상세히 설명하도록 한다. 도 2a 내지 2c에서는 편의상 자가 공진 회로부(300)를 블록 형태로 간략히 표시하였으나, 앞서 도 1에서 설명한 바와 같이 직렬 연결된 사이리스터(310), 커패시터(320) 및 코일(330)을 포함하는 것이다.
- [0030] 이중 켄치 한류 장치(10)는 고장 전류의 크기에 따라 제 1 및 제 2 스위치(120, 220)의 동작을 다르게 제어한다.
- [0031] 구체적으로, 제 1 전류 제한부(100)의 제 1 초전도 소자(110)가 초기 과도 전류를 제한하고, 이에 연이어 스위치 제어부(400)가 제 1 스위치(120)의 온/오프 동작을 제어하여 제 2 전류 제한부(200)로의 전류(commutating)를 유도한다. 참고로, 이때의 과도 전류는 제 1 초전도 소자(110)의 저항이 상승되어 전류가 차단되도록 하는 제 1 임계값을 초과하는 전류로서, 이하 '1차 과도 전류'라고 지칭한다.
- [0032] 이러한 전류(commutating) 이후에도 과도 전류가 입력되면 제 2 전류 제한부(200)의 제 2 초전도 소자(210)가 과도 전류를 제한하고, 연이어 제 2 스위치(220)의 온/오프 동작을 제어하여 제 1 및 제 2 한류 저항(130, 140)로의 전류(commutating)를 유도한다. 이를 통해 큰 제한 임피던스로 고장 전류를 제한할 수 있다. 이때, 제 2 초전도 소자(210)에 의해 제한되는 과도 전류는 제 2 초전도 소자(210)의 저항이 상승되어 전류가 차단되도록 하는 제 2 임계값을 초과하는 전류로서, 이하 '2차 과도 전류'라고 지칭하도록 한다. 제 1 및 제 2 임계값은 각각 설계자의 의도 또는 사용 용도에 따라 변경 가능하며, 본 발명의 일 실시예에서 제 2 임계값은 제 1 임계값 보다 높은 값으로 설정될 수 있다.
- [0033] 도 2a는 제 1 전류 흐름 경로를 통해 전류가 흐르는 과정을 도시하였다.
- [0034] 입력 전류가 제 1 임계값 이하인 평시에는, 스위치 제어부(400)는 제 1 스위치(120) 및 제 2 스위치(220)를 둘 다 턴온시킨다. 이때, 제 1 초전도 소자(110) 및 제 2 초전도 소자(210)의 초기 임피던스 값은 각각 제 1 및 제 2 한류 저항(130, 140)의 임피던스 값보다 작다. 따라서, 입력 전류는 제 1 초전도 소자(110) 및 제 1 스위치(120)를 경유하여 흐르게 된다. 즉, 제 1 전류 흐름 경로는 도 2a의 ① 경로($i_{SFCL} \rightarrow i_{SC1} \rightarrow i_{SW1}$)로 표현할 수 있다.
- [0035] 도 2b는 제 3 전류 흐름 경로를 통해 전류가 흐르는 과정을 도시하였다.
- [0036] 입력 전류가 제 1 임계값을 초과하고 제 2 임계값 이하인 경우, 즉 1차 과도 전류가 입력되면 스위치 제어부(400)는 제 1 스위치(120)를 턴오프시키고 제 2 스위치(220)를 턴온시킨다. 이때, 1차 과도 전류의 초기 과도 전류는 제 1 초전도 소자(110)에 의해 순간적으로 제한되며, 이에 연이어 제 1 스위치(120)의 턴오프 동작에 따라 입력 전류는 제 3 전류 흐름 경로로 전류(commutating)된다. 이를 통해, 입력 전류는 제 1 한류 저항(130), 제 2 초전도 소자(210) 및 제 2 스위치(220)를 경유하여 흐르게 된다. 즉, 제 3 전류 흐름 경로는 도 2b의 ② 경로($i_{SFCL} \rightarrow i_{CLR1} \rightarrow i_{SC2} \rightarrow i_{SW2}$)로 표현할 수 있다.
- [0037] 도 2c는 제 2 전류 흐름 경로를 통해 전류가 흐르는 과정을 도시하였다.

[0038] 입력 전류가 제 2 임계값을 초과한 경우, 즉 2 차 과도 전류가 입력되면 스위치 제어부(400)는 제 1 스위치(120) 및 제 2 스위치(220)를 둘 다 턴오프시킨다. 이때, 2차 과도 전류는 제 2 초전도 소자(210)에 의해 순간적으로 제한되며, 이에 연이은 제 2 스위치(220)의 턴오프 동작에 따라 입력 전류는 제 2 전류 흐름 경로로 전류(commutating)된다. 이를 통해, 입력 전류는 제 1 한류 저항(130) 및 제 2 한류 저항(140)을 경유하여 흐르게 된다. 즉, 제 2 전류 흐름 경로는 도 2c의 ③ 경로($i_{SFCL} \rightarrow i_{CLR1} \rightarrow i_{CLR2}$)로 표현할 수 있다.

[0039] 한편, 이상에서는 입력 전류가 교류인 경우를 설명하였다. 그런데 본 발명의 일 실시예에 따른 이중 켄치 한류 장치(10)는 입력 전류가 직류이더라도 동일한 한류 동작을 처리한다.

[0040] 일반적으로 직류 전류는 교류와 달리 크기가 0이 되는 시점이 없으므로, 차단 시 아크(arc)가 발생된다. 따라서 종래에는 차단기의 손상을 매번 감수해야만 했다. 그러나 본 발명의 일 실시예에 따른 이중 켄치 한류 장치(10)는 직류 전류가 입력되더라도 자가 공진 회로부(300)에 의한 전류 공진을 통해서 제 1 스위치(120)에 흐르는 전류(i_{SW1})가 순간적으로 크기가 0되는 지점에 도달하도록 공진을 유도할 수 있다.

[0041] 구체적으로, 자가 공진 회로(300)의 커패시터(320) 및 코일(330)과 직렬로 연결된 사이리스터(thyristor)(310)는 외부 신호를 받아 선로를 도통시키는 단방향성 스위치이다. 따라서, 평시(즉, 과도 전류 발생 이전)에는 자가 공진 회로부(300)로는 전류가 흐르지 않다가, 고장 전류 발생으로 사이리스터(310)에 신호가 감지되면 사이리스터(thyristor)(310)가 도통되어 자가 공진 회로부(300)에 전류가 흐르게 된다. 즉, 제 1 스위치(120)에 자가 공진 회로부(300)가 병렬로 연결되어 전류의 공진이 시작된다. 그리고 도 5에서와 같이, 직류 전류가 공진하여 전류 크기가 0이 되는 시점이 발생된다.

[0042] 도 5는 본 발명에 적용되는 자가 공진 회로에 의한 전류 공진 파형을 나타낸 도면이다.

[0043] 도 5를 참조하면, 전류의 크기가 0이 되는 인터럽션 순간에는 제 1 스위치(120)가 동작하여도 아크 발생이 없기 때문에, 스위치 동작에 있어서 동작신뢰성과 차단속도가 향상되며, 최대 내력 전류량을 증대시킬 수 있다.

[0044] 이중 켄치 한류 장치(10)에 직류 전류가 입력된 경우, 과전류 발생 시 자가 공진 회로부(300)에 의해 유도되는 공진에 영향을 받아 제 1 스위치(120)의 전류는 공진된다. 이때, 제 1 스위치(120)를 흐르는 전류 값은 아래 수학적 식 1과 같이 나타낼 수 있다.

[0045] <수학적 식 1>

$$i_{SW_1} = e^{-pt} (i_t \sin qt)$$

[0046]

[0047] 수학적 식 1에서 i_t 는 초기 전류값을 의미하고, p 및 q는 회로 상수이며, t는 시간을 의미한다.

[0048] 결과적으로, 이중 켄치 한류 장치(10)에 직류 전류가 입력될 경우, 1차 과도 전류 발생 시 제 1 초전도 소자(110)에 의해 초기 과도 전류가 한류된 직후 제 1 스위치(120)가 동작하여 전류시키되, 자가 공진 회로부(300)에 의해 직류 전류에 대해 공진이 발생된 상태에서 제 1 스위치(120)가 동작함으로써 스위치에 아크가 발생되지 않는다. 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 이중 켄치 한류 장치(10)는 교류 및 직류에 상관없이 효과적으로 한류 동작을 처리한다.

[0049] 이상 도 5를 참조하여 설명한 자가 공진 회로부(300)의 동작 및 그 효과는, 아래에서 설명할 본 발명의 다른 실시예에 따른 이중 켄치 한류 장치에도 동일하게 적용된다.

[0050] 도 3 은 본 발명의 다른 실시예에 따른 이중 켄치 한류 장치의 구성도이다. 도 4a 내지 도 4c는 본 발명의 다른 실시예에 따른 이중 켄치 한류 장치에서의 전류 경로를 설명하기 위한 도면이다.

[0051] 도 3을 참조하면, 이중 켄치 한류 장치(20)는 제 1 전류 제한부(500), 제 2 전류 제한부(600), 자가 공진 회로부(700) 및 스위치 제어부(800)를 포함한다.

[0052] 제 1 전류 제한부(500)는 전류의 입력단과 출력단 사이에 직렬로 연결된 제 1 초전도 소자(510) 및 제 1 스위치(520)와, 제 1 초전도 소자(510) 및 제 1 스위치(520)에 각각 병렬로 연결된 제 1 한류 저항(530) 및 제 2 한류 저항(540)을 포함한다.

[0053] 제 2 전류 제한부(600)는 제 2 한류 저항(540) 및 출력단 사이에 직렬로 연결되며, 서로 직렬 연결된 제 2 초전

도 소자(610) 및 제 2 스위치(620)를 포함한다. 그리고 제 2 한류 저항(540) 및 제 2 전류 제한부(600)는 제 1 한류 저항(530)에 병렬로 연결된다.

- [0054] 이때, 제 1 및 제 2 한류 저항(530, 540)은 각각 하나 이상의 저항(R), 코일(L), 커패시터(C) 중 적어도 하나의 조합으로 이루어질 수 있다. 그리고 제 1 및 제 2 한류 저항(530, 540) 각각의 임피던스 값은 설계자의 의도 또는 사용 용도에 따라 고정된 값으로 미리 설정되어 있을 수 있다.
- [0055] 구체적으로, 제 1 초전도 소자(510), 제 1 한류 저항(530) 및 제 2 한류 저항(540)의 일단은 각각 입력단에 접속되고, 제 1 초전도 소자(510)의 타단은 제 1 스위치(520)의 일단에 접속되며, 제 1 한류 저항(530) 및 제 1 스위치(520)의 타단은 각각 출력단에 접속된다. 또한, 제 2 한류 저항(540)의 타단은 제 2 스위치(620)의 일단에 접속되고, 제 2 스위치(620)의 타단은 제 2 초전도 소자(610)의 일단에 접속되며, 제 2 초전도 소자(610)의 타단은 제 1 한류 저항(530) 및 제 1 스위치(520) 각각의 타단과 출력단에 접속된다.
- [0056] 이때, 제 1 전류 제한부(500)는 입력단 및 출력단 사이에 제 1 전류 흐름 경로 및 제 2 전류 흐름 경로를 제공하고, 제 2 전류 제한부(600)는 제 3 전류 흐름 경로를 제공한다.
- [0057] 스위치 제어부(800)는 제 1 내지 제 3 전류 흐름 경로와, 제 1 및 제 2 초전도 소자(530, 540)의 전류 또는 전압을 측정하고, 측정된 전류 또는 전압에 기초하여 제 1 스위치(520) 및 제 2 스위치(620)의 온/오프(on/off) 구동을 제어한다. 이때, 스위치 제어부(800)는 계전기를 포함할 수 있다.
- [0058] 자가 공진 회로부(700)는 서로 직렬 연결된 사이리스터(710), 커패시터(720) 및 코일(730)을 포함한다. 사이리스터(710), 커패시터(720) 및 코일(730)은 제 1 전류 제한부(500)의 제 1 스위치(520)에 병렬로 연결된다.
- [0059] 구체적으로, 사이리스터(710)의 일단은 제 1 스위치(520)의 일단에 접속되고, 사이리스터(710)의 타단은 커패시터(720)의 일단에 접속된다. 그리고 커패시터(720)의 타단은 코일(730)의 일단에 접속되며, 코일(730)의 타단은 제 1 스위치(520)의 타단 및 출력단에 접속된다. 이러한 자가 공진 회로부(700)의 동작은 앞서 본 발명의 일 실시예에 따른 이중 켄치 한류 장치(10)의 설명에서 상세히 다루었으므로 생략하기로 한다.
- [0060] 이하, 도 4a 내지 4c를 참조하여 본 발명의 다른 실시예에 따른 이중 켄치 한류 장치(20)에서의 전류 제한 방식에 대해서 상세히 설명하도록 한다. 도 4a 내지 4c에서는 편의상 자가 공진 회로부(700)를 블록 형태로 간략히 표시하였으나, 앞서 도 3에서 설명한 바와 같이 직렬 연결된 사이리스터(710), 커패시터(720) 및 코일(730)을 포함하는 것이다.
- [0061] 이중 켄치 한류 장치(20)는 고장 전류의 크기에 따라 제 1 및 제 2 스위치(530, 540)의 동작을 다르게 제어한다.
- [0062] 구체적으로, 제 1 전류 제한부(500)의 제 1 초전도 소자(510)가 초기 과도 전류를 제한하고, 이에 연이어 스위치 제어부(800)가 제 1 스위치(520)의 온/오프 동작을 제어하여 제 1 한류 저항(530)으로의 전류(commutating)와, 동시에 제 2 한류 저항(540) 및 제 2 전류 제한부(600)로의 전류를 유도한다. 참고로, 이때의 과도 전류는 제 1 초전도 소자(510)의 저항이 상승되어 전류가 차단되도록 하는 제 1 임계값을 초과하는 전류로서, 이하 '1차 과도 전류'라고 지칭한다.
- [0063] 이러한 전류(commutating) 이후에도 과도 전류가 입력되면 제 2 전류 제한부(600)의 제 2 초전도 소자(610)가 과도 전류를 제한하고, 연이어 스위치 제어부(800)가 제 2 스위치(620)의 온/오프 동작을 제어하여 제 1 한류 저항(530)으로의 전류(commutating)를 유도한다. 이를 통해 큰 제한 임피던스로 고장 전류를 제한할 수 있다. 이때, 제 2 초전도 소자(610)에 의해 제한되는 과도 전류는 제 2 초전도 소자(610)의 저항이 상승되어 전류가 차단되도록 하는 제 2 임계값을 초과하는 전류로서, 이하 '2차 과도 전류'라고 지칭하도록 한다. 제 1 및 제 2 임계값은 각각 설계자의 의도 또는 사용 용도에 따라 변경 가능하며, 본 발명의 다른 실시예에서 제 2 임계값은 제 1 임계값 보다 높은 값으로 설정될 수 있다.
- [0064] 도 4a는 제 1 전류 흐름 경로를 통해 전류가 흐르는 과정을 도시하였다.
- [0065] 입력 전류가 제 1 임계값 이하인 평시에는, 스위치 제어부(800)는 제 1 스위치(520) 및 제 2 스위치(620)를 둘 다 턴온시킨다. 이때, 제 1 초전도 소자(510) 및 제 2 초전도 소자(610)의 초기 임피던스 값은 각각 제 1 및 제 2 한류 저항(530, 540)의 임피던스 값보다 작다. 따라서, 입력 전류는 제 1 초전도 소자(510) 및 제 1 스위치(520)를 경유하여 흐르게 된다. 즉, 제 1 전류 흐름 경로는 도 4a의 ① 경로($i_{SFCL} \rightarrow i_{SC1} \rightarrow i_{SW1}$)로 표현할 수 있다.

- [0066] 도 4b는 제 2 및 제 3 전류 흐름 경로를 통해 전류가 흐르는 과정을 도시하였다.
- [0067] 입력 전류가 제 1 임계값을 초과하고 제 2 임계값 이하인 경우, 즉 1차 과도 전류가 입력되면 스위치 제어부(800)는 제 1 스위치(520)를 턴오프시키고 제 2 스위치(620)를 턴온시킨다. 이때, 1차 과도 전류의 초기 과도 전류는 제 1 초전도 소자(510)에 의해 순간적으로 제한되며, 이에 연이은 제 1 스위치(520)의 턴오프 동작에 따라 입력 전류는 제 2 및 제 3 전류 흐름 경로로 분산되어 전류(commutating)된다. 이를 통해, 입력 전류의 일부는 제 1 한류 저항(530)을 경유하여 흐르고, 입력 전류의 나머지는 제 2 한류 저항(540), 제 2 스위치(620) 및 제 2 초전도 소자(610)을 경유하여 흐르게 된다. 즉, 제 2 전류 흐름 경로는 도 4b의 ②' 경로($i_{SFCL} \rightarrow i_{CLR1}$)로 표현할 수 있으며, 제 3 전류 흐름 경로는 도 4b의 ②'' 경로($i_{SFCL} \rightarrow i_{CLR2} \rightarrow i_{SW2} \rightarrow i_{SC2}$)로 표현할 수 있다.
- [0068] 도 4c는 제 2 전류 흐름 경로를 통해 전류가 흐르는 과정을 도시하였다.
- [0069] 입력 전류가 제 2 임계값을 초과한 경우, 즉 2차 과도 전류가 입력되면 제 1 스위치(520) 및 제 2 스위치(620)를 둘 다 턴오프시킨다. 이때, 2차 과도 전류는 제 2 초전도 소자(610)에 의해 순간적으로 제한되며, 이에 연이은 제 2 스위치(620)의 턴오프 동작에 따라 입력 전류는 제 2 전류 흐름 경로로 전류(commutating)된다. 이를 통해, 입력 전류는 제 1 한류 저항(530)을 경유하여 흐르게 된다. 즉, 제 2 전류 흐름 경로는 도 4c의 ③ 경로($i_{SFCL} \rightarrow i_{CLR1}$)로 표현할 수 있으며, 이는 앞서 도 4b의 ②' 와 같다.
- [0070] 전술한 것과 같이 본 발명의 다양한 실시예에 따른 이중 켄치 한류 장치는 고장전류의 크기에 따라 전류가 흐르는 경로를 가변적으로 변경할 수 있어 고장전류로부터 한류 장치 내부 구성을 효과적으로 보호하면서도, 한류 장치를 통해 보호하고자 하는 대상(예: 전력 계통)도 효과적으로 보호할 수 있다.
- [0071] 전술한 본원의 설명은 예시를 위한 것이며, 본원이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본원의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.
- [0072] 본원의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본원의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

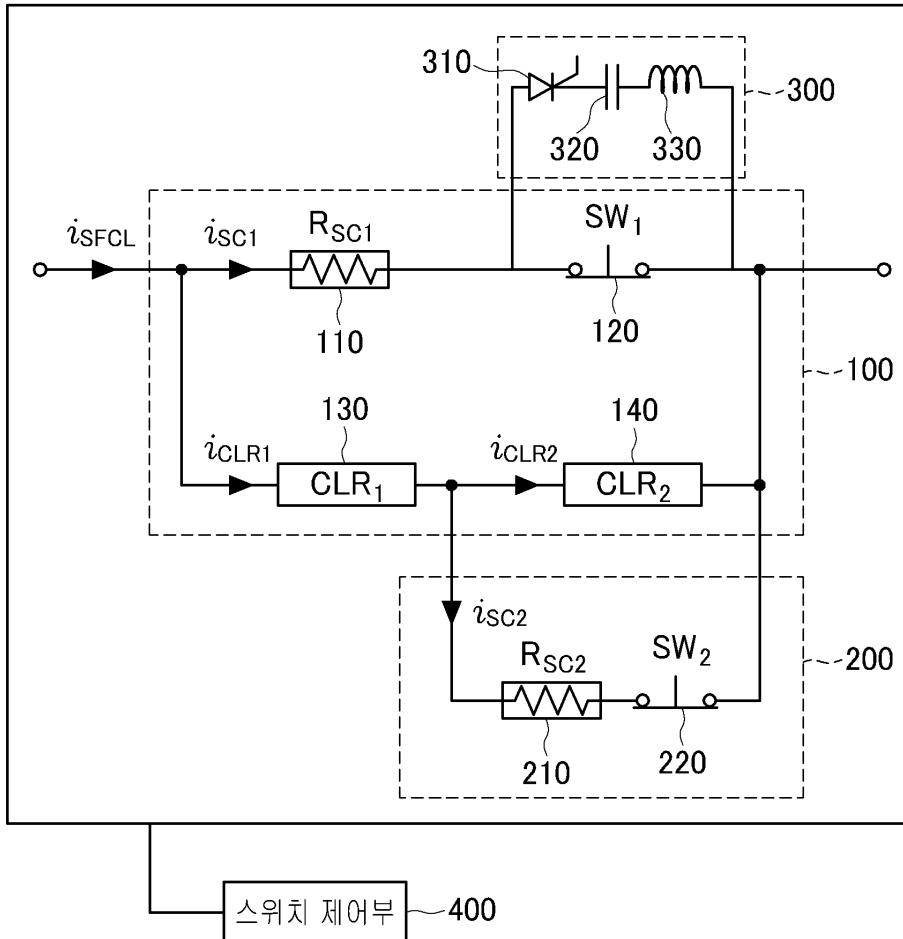
부호의 설명

- [0073] 10, 20: 이중 켄치 한류 장치 100, 500: 제 1 전류 제한부
- 200, 600: 제 2 전류 제한부 110, 510: 제 1 초전도 소자
- 120, 520: 제 1 스위치 130, 530: 제 1 한류 저항
- 140, 540: 제 2 한류 저항 210, 610: 제 2 초전도 소자
- 220, 620: 제 2 스위치 300, 700: 자가 공진 회로부
- 310, 710: 사이리스터 320, 720: 커패시터
- 330, 730: 코일 400, 800: 스위치 제어부

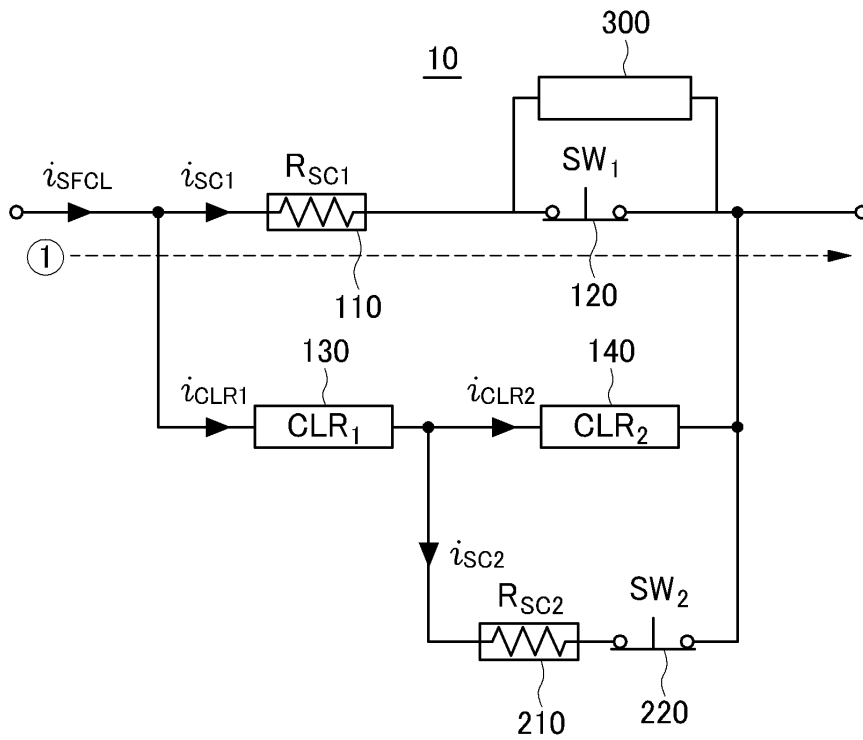
도면

도면1

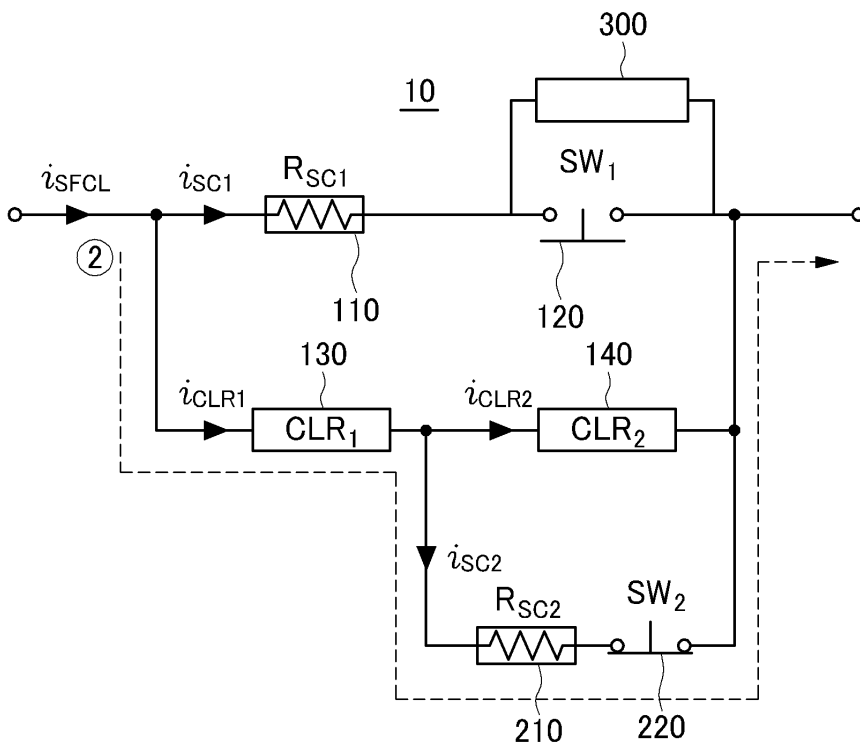
10



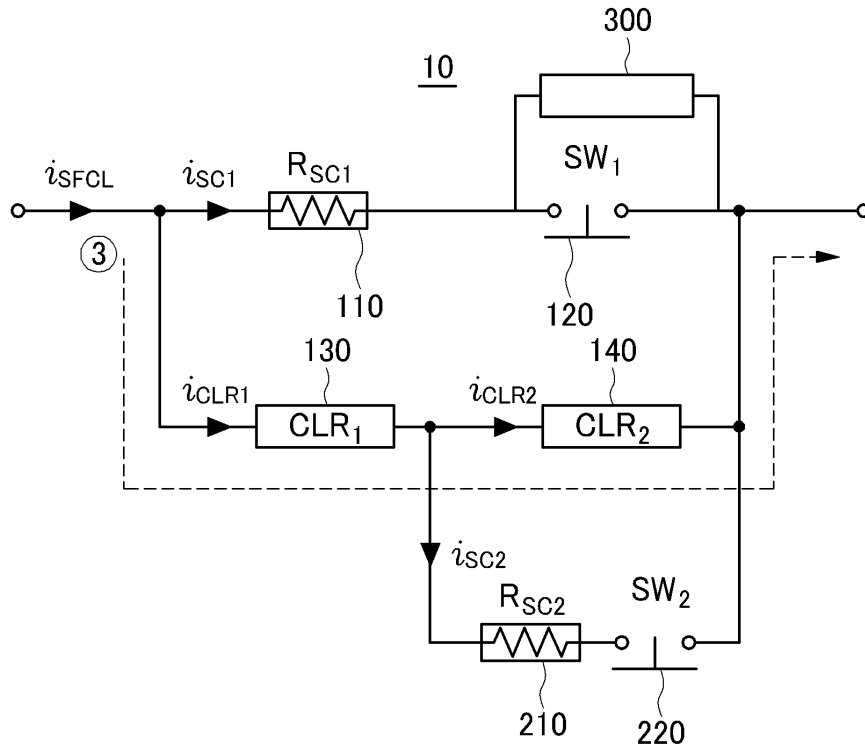
도면2a



도면2b

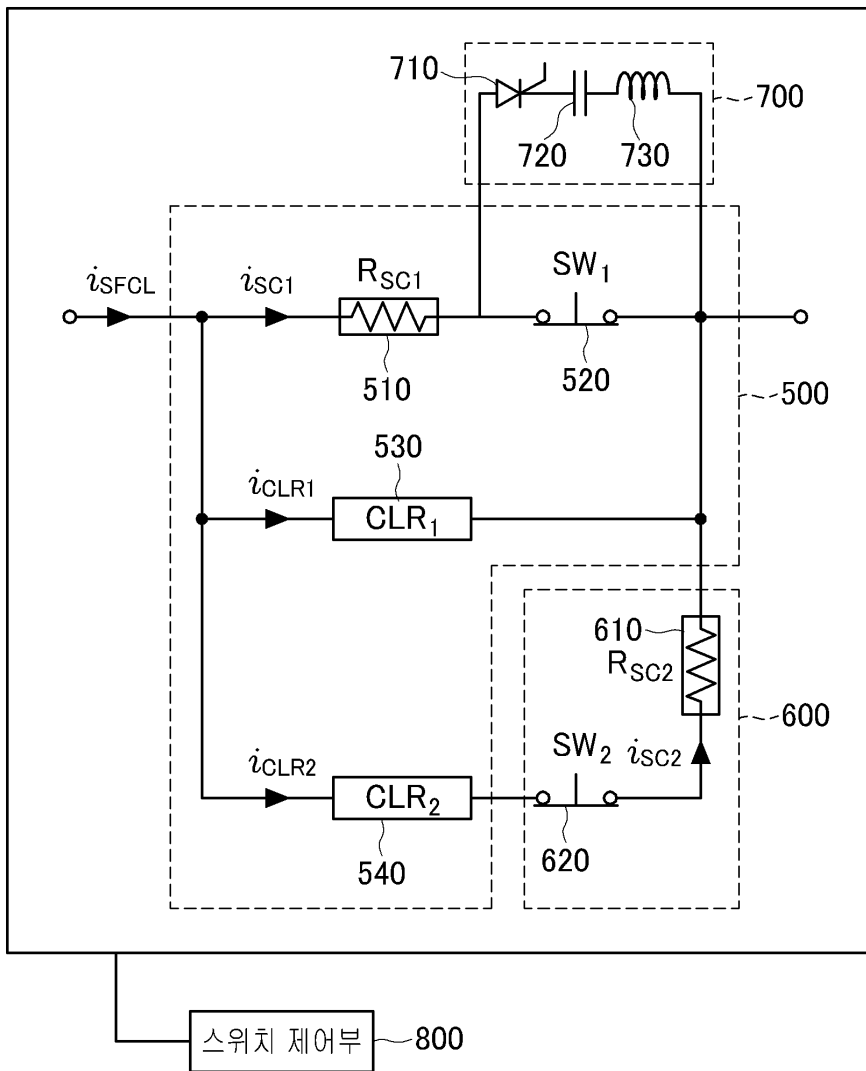


도면2c

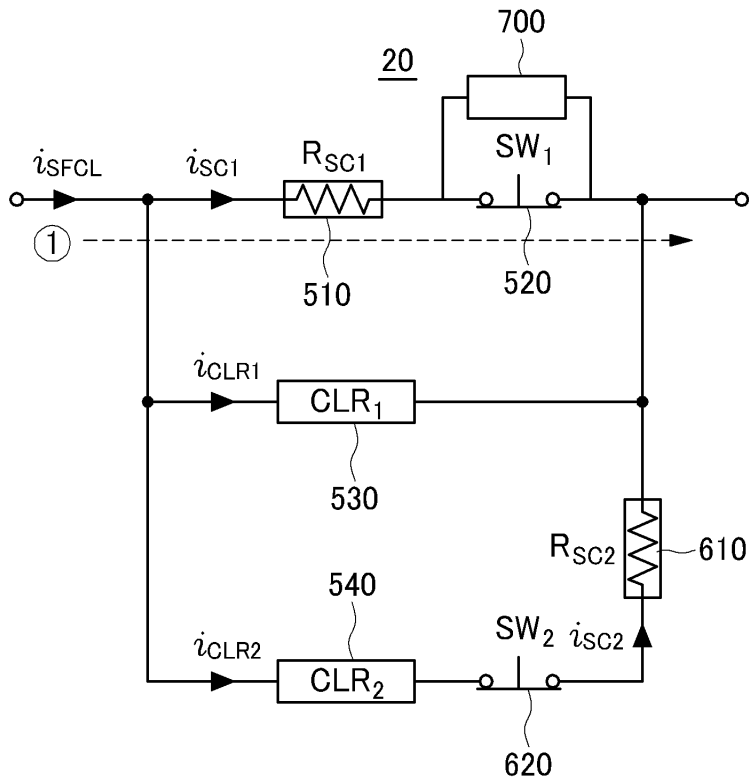


도면3

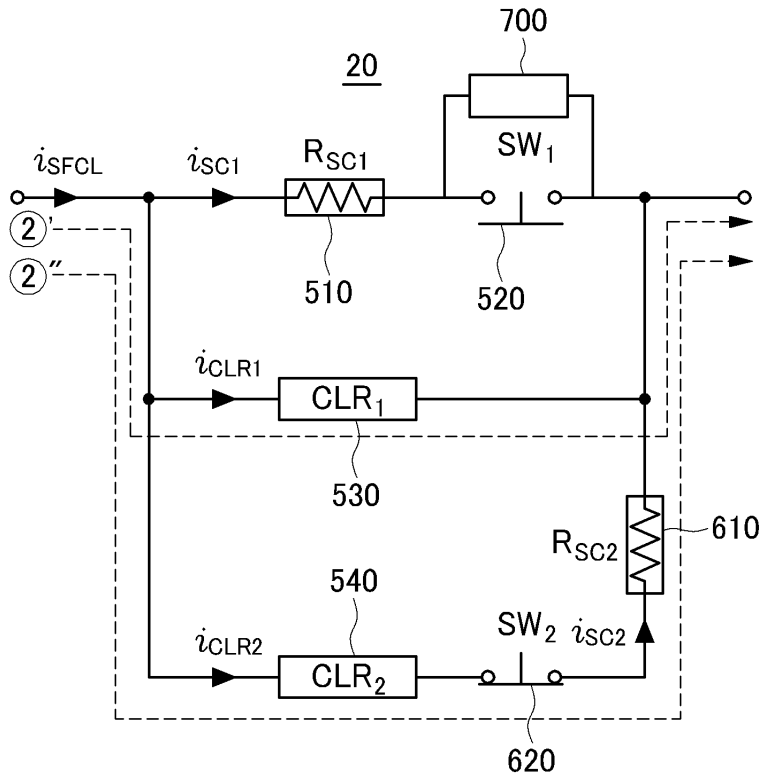
20



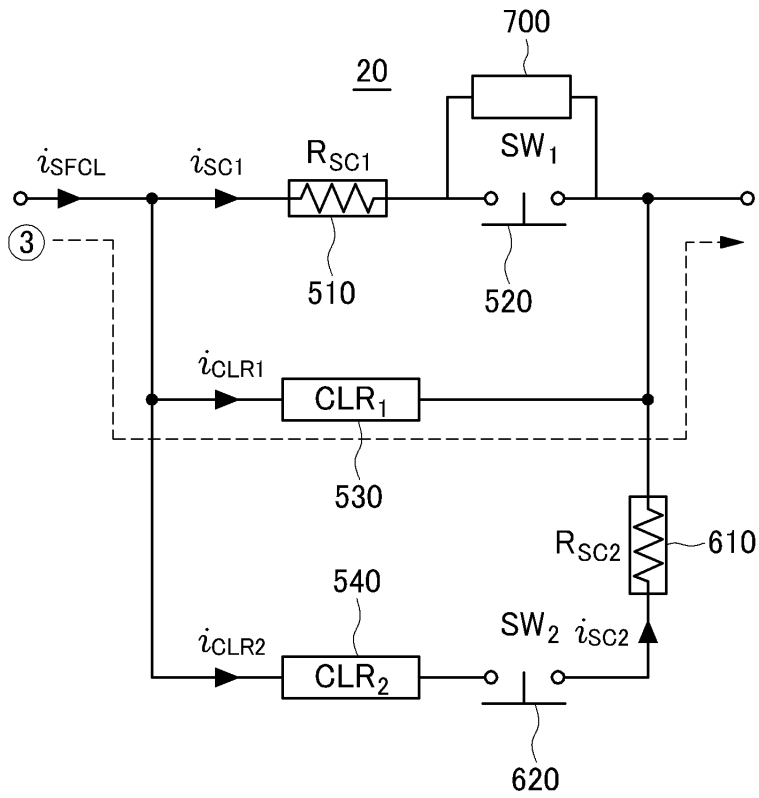
도면4a



도면4b



도면4c



도면5

