(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0076095
(43) 공개일자 2016년06월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02H 3/06 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0185831
(22) 출원일자 2014년12월22일
심사청구일자 2014년12월22일

(71) 출원인
부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 신선로 365 (용당동, 부경대학교)
(72) 발명자
김인동
부산광역시 해운대구 좌동순환로 217길 19 310동 401호(좌동 건영1차아파트)
김진영
부산광역시 동래구 온천천로319번가길 25-5
(74) 대리인
이철희

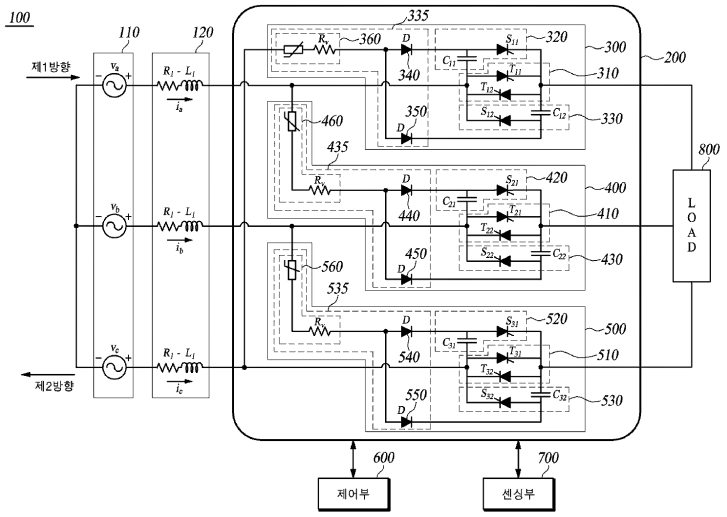
전체 청구항 수 : 총 21 항

(54) 발명의 명칭 **사고 전류를 차단하기 위한 차단장치 및 그 방법**

(57) 요 약

본 실시예는 전력 계통에서 발생하는 모든 사고에 의한 사고 전류를 신속하게 차단하며, 부하 측의 상태와 관계없이 차단부의 재충전이 가능하도록 동작하여 추가적인 장치 없이 동작책무에 따른 재투입과 재차단의 동작을 수행할 수 있는 차단장치 및 그 방법을 제공한다.

대 표 도



명 세 서

청구범위

청구항 1

N(N≥2)상의 전력 계통에서 N개의 차단제어 유닛을 구비하여 전력 계통의 사고 발생 시 사고 전류를 차단하는 차단장치에 있어서, 상기 차단제어 유닛은,

어느 한 상의 교류 입력전원과 부하 사이에 연결되며, 스위칭 소자가 제1 방향 및 상기 제1 방향과 반대되는 제2 방향으로 병렬로 위치하여 상기 부하에 전력을 공급하는 메인 전력공급부;

상기 메인 전력공급부의 제1 방향의 스위칭 소자와 병렬로 연결되어 상기 전력 계통의 사고 감지 시 상기 제1 방향의 사고 전류를 차단하는 제1 차단부;

상기 제1 차단부와 병렬 연결되고, 상기 메인 전력공급부의 제2 방향의 스위칭 소자와 병렬로 연결되어 상기 전력 계통의 사고 감지 시 상기 제2 방향의 사고 전류를 차단하는 제2 차단부;

상기 어느 한 상과는 다른 상의 교류 입력전원과 상기 제1 차단부 및 상기 제2 차단부에 각각 연결되며, 상기 다른 상의 교류 입력과 상기 어느 한 상의 교류 입력 사이의 선간전압을 이용하여 상기 제1 차단부 및 상기 제2 차단부를 충전하는 충전부; 및

상기 메인 전력공급부, 상기 제1 차단부 및 상기 제2 차단부의 동작을 제어하는 제어부

를 포함하는 것을 특징으로 하는 차단장치.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 메인 전력공급부는 제1 메인 스위칭 소자 및 제2 메인 스위칭 소자를 포함하고, 상기 제1 메인 스위칭 소자는 상기 제1 방향의 전류를 공급하며, 상기 제2 메인 스위칭 소자는 상기 제2 방향의 전류를 공급하는 것을 특징으로 하는 차단장치.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 제1 차단부는 상기 제1 메인 스위칭 소자와 병렬로 연결되며, 제1 보조 커패시터 및 제1 보조 스위칭 소자를 포함하고, 상기 제1 보조 커패시터와 상기 제1 보조 스위칭 소자의 접점이 상기 충전부와 연결되어 상기 선간전압을 수신하는 것을 특징으로 하는 차단장치.

청구항 4

제 2항에 있어서,

상기 제2 차단부는 상기 제2 메인 스위칭 소자와 병렬로 연결되며, 제2 보조 커패시터 및 상기 제2 보조 스위칭 소자를 포함하고, 상기 제2 보조 커패시터와 상기 제2 보조 스위칭 소자의 접점이 상기 충천부와 연결되어 상기 선간전압을 수신하는 것을 특징으로 하는 차단장치.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 충전부는 상기 다른 상의 교류 입력전원과 연결된 배리스터, 상기 배리스터를 매개로 각각 병렬 연결된 제1 다이오드 및 제2 다이오드를 포함하며, 상기 제1 다이오드는 상기 제1 차단부의 제1 보조 커패시터와 제1 보조 스위칭 소자의 접점에 연결되고, 상기 제2 다이오드는 상기 제2 차단부의 제2 보조 커패시터와 제2 보조 스위칭 소자의 접점에 연결되어 상기 제1 보조 커패시터 및 상기 제2 보조 커패시터를 상기 선간전압을 이용하여 충전하는 것을 특징으로 하는 차단장치.

청구항 6

제 2항에 있어서,

상기 제어부는 상기 전류 계통에서 발생하는 전압강하, 전압상승 및 단락 사고 중 적어도 어느 하나의 상기 전류 계통의 사고 감지 시 상기 제1 메인 스위칭 소자 및 상기 제2 메인 스위칭 소자를 턴 오프(Turn Off)하여 상기 사고 전류를 차단하는 것을 특징으로 하는 차단장치.

청구항 7

제 3항에 있어서,

상기 N개의 차단제어 유닛에 포함된 각각의 상기 제1 차단부는 상기 제어부의 제어에 의하지 않고 상기 충전부의 제1 다이오드를 매개로 공급되는 상기 선간전압에 의해 자연 충전되는 것을 특징으로 하는 차단장치.

청구항 8

제 4항에 있어서,

상기 N개의 차단제어 유닛에 포함된 각각의 상기 제2 차단부는 상기 제어부에 의해 상기 N개의 차단제어 유닛에 포함된 각각의 상기 제2 메인 스위칭 소자가 턴 온되는 경우 상기 충전부의 제2 다이오드를 매개로 공급되는 상기 선간전압에 의해 충전되는 것을 특징으로 하는 차단장치.

청구항 9

제 2항에 있어서,

상기 제어부는 상기 제1 차단부 및 상기 제2 차단부가 충전되었다고 판단된 경우에 상기 제1 메인 스위칭 소자 및 상기 제2 메인 스위칭 소자를 동시에 턴 온하여 상기 부하로 전력이 공급되도록 제어하는 것을 특징으로 하는 차단장치.

청구항 10

제 3항에 있어서,

상기 제1 차단부는 상기 전력 계통의 사고가 감지되고 상기 메인 전력공급부가 상기 제1 방향으로 통전되고 있는 경우, 상기 제어부의 제어에 따라 상기 제1 보조 스위칭 소자를 턴 온하여 상기 제1 메인 스위칭 소자에 대한 역 바이어스 전압이 발생하도록 제어함으로써 상기 제1 방향에 대한 사고 전류를 차단하는 것을 특징으로 하는 차단장치.

청구항 11

제 4항에 있어서,

상기 제2 차단부는 상기 전력 계통의 사고가 감지되고 상기 메인 전력공급부가 상기 제2 방향으로 통전되고 있는 경우, 상기 제어부의 제어에 따라 상기 제2 보조 스위칭 소자를 턴 온하여 상기 제2 메인 스위칭 소자에 대한 역 바이어스 전압이 발생하도록 제어함으로써 상기 제2 방향에 대한 사고 전류를 차단하는 것을 특징으로 하는 차단장치.

청구항 12

제 5항에 있어서,

상기 사고 전류의 차단 과정에서 전압이 감소된 상기 제1 보조 커패시터 및 상기 제2 보조 커패시터는 상기 충전부에 의해 재충전되는 것을 특징으로 하는 차단장치.

청구항 13

제 12항에 있어서,

상기 N개의 차단제어 유닛에 포함된 각각의 상기 제1 보조 커패시터는 상기 제어부의 제어에 위하지 않고 상기 충전부의 제1 다이오드를 매개로 공급되는 상기 선간전압에 의해 자연 재충전되는 것을 특징으로 하는

차단장치.

청구항 14

제 12항에 있어서,

상기 N개의 차단제어 유닛에 포함된 각각의 상기 제2 보조 커패시터는 상기 제어부에 의해 상기 N개의 차단제어 유닛에 포함된 각각의 상기 제2 메인 스위칭 소자가 턴 온되는 경우 상기 충전부의 제2 다이오드를 매개로 공급되는 상기 선간전압에 의해 재충전되는 것을 특징으로 하는 차단장치.

청구항 15

제 12항에 있어서,

상기 제어부는 상기 제1 보조 커패시터 및 제2 보조 커패시터에 대한 재충전이 완료된 시점으로부터 소정 시간 내에 상기 N개의 차단제어 유닛에 포함된 상기 메인 전력 공급부의 상기 스위칭 소자를 턴 온하여 상기 차단장치에 대한 재투입 동작이 수행되도록 제어하는 것을 특징으로 하는 차단장치.

청구항 16

제 15항에 있어서,

상기 제어부는 상기 차단장치의 재투입 동작의 수행 결과에 근거하여 상기 전력 계통의 사고가 유지되고 있는 것으로 판단되는 경우 상기 사고 전류에 대한 재차단 동작이 수행되도록 제어하는 것을 특징으로 하는 차단장치.

청구항 17

제 6항에 있어서,

상기 N상의 전력 계통에서 입력전원의 중성점이 지상 접지이며, 상기 전력 계통에서 지락 사고가 발생한 경우,

상기 제어부는, 상기 지락 사고에 따른 사고 전류가 차단된 후 상기 사고 전류가 차단된 시점을 기준으로 상기 선간전압의 2 내지 3 싸이클 이후에, 상기 N개의 차단제어 유닛에 포함된 각각의 상기 제2 메인 스위칭 소자를 턴 온하여 상기 제2 차단부의 제2 보조 커패시터가 상기 선간전압에 의해 재충전되도록 제어하는 것을 특징으로 하는 차단장치.

청구항 18

제 17항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 제2 보조 커패시터를 재충전하는 과정에서 상기 지락 사고가 유지되고 있는 것으로 판단되는 경우 상기 제2 보조 커패시터의 재충전 과정을 중지하고 상기 사고 전류의 재차단 과정이 수행되도록 제어하는 것을 특징으로 하는 차단장치.

청구항 19

제 6항에 있어서,

상기 N상의 전력 계통에서 입력전원의 중성점이 지상 접지이며, 상기 전력 계통에서 지락 사고가 발생한 경우,

상기 제어부는, 상기 지락 사고에 따른 사고 전류가 차단된 후 상기 사고 전류가 차단된 시점을 기준으로 상기 N개의 차단제어 유닛에 포함된 각각의 상기 제1 메인 스위칭 소자를 턴 온하여 전류를 측정하고, 측정결과에 따라 상기 지락 사고의 지속 여부를 판별하는 것을 특징으로 하는 차단장치.

청구항 20

제 19항에 있어서,

상기 제어부는 상기 지락 사고에 의한 문제가 해결된 것으로 판단된 경우 상기 N개의 차단제어 유닛에 포함된 모든 보조 커패시터가 재충전되도록 제어하는 것을 특징으로 하는 차단장치.

청구항 21

제1 방향의 전력을 공급하는 제1 메인 스위칭 소자 및 제2 방향의 전력을 공급하는 제2 메인 스위칭 소자를 포함하는 메인 전력공급부, 제1 보조 커패시터 및 제1 보조 스위칭 소자를 포함하는 제1 차단부, 제2 보조 커패시터 및 제2 보조 스위칭 소자를 포함하는 제2 차단부, 배리스터와 제1 다이오드 및 제2 다이오드를 포함하는 충전부를 구비한 차단장치를 이용하여 N(N≥2)상의 전력 계통에서 전력 계통의 사고 발생 시 사고 전류를 차단하는 방법에 있어서,

다른 상의 교류 입력과 어느 한 상의 교류 입력 사이의 선간전압에 의해 상기 제1 차단부를 충전하는 제1 차단부 충전과정;

상기 메인 전력공급부가 상기 제2 방향으로 통전되도록 하여 상기 제2 차단부가 상기 선간전압에 의해 충전되도록 제어하는 제2 차단부 충전과정;

상기 제1 차단부 및 상기 제2 차단부가 충전되었다고 판단된 경우에 상기 메인 전력공급부가 양방향으로 통전되도록 하여 부하에 전류가 공급되도록 제어하는 전력 공급과정;

상기 전력 계통의 사고 감지 시 상기 메인 전력공급부의 통전방향에 기초하여 상기 제1 차단부 또는 상기 제2 차단부 중 어느 하나의 차단부를 동작시켜 상기 메인 전력공급부의 제1 방향에 대한 역 바이어스 전압 또는 상기 메인 전력공급부의 제2 방향에 대한 역 바이어스 전압이 발생되도록 제어하는 차단 과정;

상기 어느 하나의 차단부가 상기 제1 차단부인 경우 모든 스위칭 소자를 턴 오프하여 상기 제1 차단부를 상기 선간전압에 의해 재충전하는 과정; 및

상기 어느 하나의 차단부가 상기 제2 차단부인 경우 상기 제2 메인 스위칭 소자를 턴 온하여 상기 제2 차단부를 상기 선간전압에 의해 재충전하는 과정

을 포함하는 것을 특징으로 하는 사고 전류의 차단방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 실시예는 사고 전류를 차단하기 위한 차단장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 이하에 기술되는 내용은 단순히 본 실시예와 관련되는 배경 정보만을 제공할 뿐 종래기술을 구성하는 것이 아님을 밝혀둔다.

[0003] 현대 사회는 IT 산업의 발전과 더불어 전력 품질에 민감하게 반응하는 부하들이 널리 보급되고 있다. 더욱이 강풍, 낙뢰 등의 자연형상에 민감한 분산전원이 보급되는 추세이므로 안정적인 전력 공급 기술이 요구된다. 전력계통의 고장은 전선의 접촉에 의해 빈번하게 발생한다. 이때, 전력계통의 고장에 의해 발생하는 사고 전류의 신속한 차단이 이루어지지 않는다면 사고 전류의 급격한 증가와 전기 화재를 동반하게 되므로 큰 피해가 발생하게 된다. 또한, 사고 전류의 차단 이후에 전력이 빠르게 재공급되지 않고 오랜 시간 동안 차단 상태로 유지된다면 2차적 경제적 손실이 발생한다. 이러한, 이유로 차단기에는 단락사고를 판별하여 신속하게 차단하는 기술과 정상 동작을 위한 재투입, 재차단 기술이 가장 중요하다.

[0004] 사고 계통을 신속하게 차단하는 기술로는 기계식 차단기와 반도체 차단기(Solid-State Circuit Breaker: SSCB)가 사용된다. 이 중, 반도체 차단기는 4 [ms] 이내로 차단이 가능하여 사고 최대전류 보다 매우 낮은 전류에서 차단이 되므로 기계식 차단기에 비해 널리 사용되고 있다. 한편, 종래의 반도체 차단기는 단락 사고가 발생 시 정상 상태에서 충전된 커패시터의 전압으로 단락 사고에 따른 사고 전류의 최초 차단은 가능하다. 하지만, 종래의 반도체 차단기는 단락 사고가 유지되고 있는 상태에서 사고 전류를 차단하는 과정에서 사용된 커패시터의 재충전이 불가능하다. 이에 종래의 반도체 차단기는 정상 동작을 위한 재투입 동작 또한 불가능하며, 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 단락 사고 상태에서 커패시터를 재충전하기 위한 추가적인 장치가 요구된다는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 발명의 일 실시예는, 전력 계통에서 발생하는 모든 사고에 의한 사고 전류를 신속하게 차단하며, 부하 측의 상태와 관계없이 차단부의 재충전이 가능하도록 동작하여 추가적인 장치 없이 동작책무에 따른 재투입과 재차단의 동작을 수행할 수 있는 차단장치 및 그 방법을 제공하는 데 주된 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0006] N(N≥2)상의 전력 계통에서 N개의 차단제어 유닛을 구비하여 전력 계통의 사고 발생 시 사고 전류를 차단하는 차단장치에 있어서, 상기 차단제어 유닛은, 어느 한 상의 교류 입력전원과 부하 사이에 연결되며, 스위칭 소자가 제1 방향 및 상기 제1 방향과 반대되는 제2 방향으로 병렬로 위치하여 상기 부하에 전력을 공급하는 메인 전력공급부; 상기 메인 전력공급부의 제1 방향의 스위칭 소자와 병렬로 연결되어 상기 전력 계통의 사고 감지 시 상기 제1 방향의 사고 전류를 차단하는 제1 차단부; 상기 제1 차단부와 병렬 연결되고, 상기 메인 전력공급부의 제2 방향의 스위칭 소자와 병렬로 연결되어 상기 전력 계통의 사고 감지 시 상기 제2 방향의 사고 전류를 차단하는 제2 차단부; 상기 어느 한 상과는 다른 상의 교류 입력전원과 상기 제1 차단부 및 상기 제2 차단부에 각각 연결되며, 상기 다른 상의 교류 입력과 상기 어느 한 상의 교류 입력 사이의 선간전압을 이용하여 상기 제1 차단부 및 상기 제2 차단부를 충전하는 충전부; 및 상기 메인 전력공급부, 상기 제1 차단부 및 상기 제2 차단부의 동작을 제어하는 제어부를 포함하는 것을 특징으로 하는 차단장치를 제공한다.

[0007] 또한, 본 실시예의 다른 측면에 의하면 제1 방향의 전력을 공급하는 제1 메인 스위칭 소자 및 제2 방향의 전력을 공급하는 제2 메인 스위칭 소자를 포함하는 메인 전력공급부, 제1 보조 커패시터 및 제1 보조 스위칭 소자를 포함하는 제1 차단부, 제2 보조 커패시터 및 제2 보조 스위칭 소자를 포함하는 제2 차단부, 배리스터와 제1 다이오드 및 제2 다이오드를 포함하는 충전부를 구비한 차단장치를 이용하여 N(N≥2)상의 전력 계통에서 전력 계통의 사고 발생 시 사고 전류를 차단하는 방법에 있어서, 다른 상의 교류 입력과 어느 한 상의 교류 입력 사이의 선간전압에 의해 상기 제1 차단부를 충전하는 제1 차단부 충전과정; 상기 메인 전력공급부가 상기 제2 방향으로 통전되도록 하여 상기 제2 차단부가 상기 선간전압에 의해 충전되도록 제어하는 제2 차단부 충전과정; 상기 제1 차단부 및 상기 제2 차단부가 충전되었다고 판단된 경우에 상기 스위칭 제어에 의해 상기 메인 전력공급부가 양방향으로 통전되도록 하여 부하에 전류가 공급되도록 제어하는 전력 공급과정; 상기 전력 계통의 사고 감지 시 상기 메인 전력공급부의 통전방향에 기초하여 상기 제1 차단부 또는 상기 제2 차단부 중 어느 하나의 차단부를 동작시켜 상기 메인 전력공급부의 제1 방향에 대한 역 바이어스 전압 또는 상기 메인 전력공급부의 제2 방향에 대한 역 바이어스 전압이 발생되도록 제어하는 차단 과정; 상기 어느 하나의 차단부가 상기 제1 차단부인 경우 모든 스위치를 턴 오프하여 상기 제1 차단부를 상기 선간전압에 의해 재충전하는 과정; 및 상기 어느 하나의 차단부가 상기 제2 차단부인 경우 상기 제2 메인 스위칭 소자를 턴 온하여 상기 제2 차단부를 상기 선간전압에 의해 재충전하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 사고 전류의 차단방법을 제공한다.

발명의 효과

[0008] 본 실시예에 따르면, 전력 계통에서 발생하는 모든 사고에 의한 사고 전류를 신속하게 차단하며, 부하 측의 상태와 관계없이 차단부의 재충전이 가능하도록 동작하여 추가적인 장치 없이 동작책무에 따른 재투입과 재차단의 동작을 반복하여 수행할 수 있는 효과가 있다.

[0009] 또한, 본 실시예는 기존의 반도체 차단기에 비해 배리스터의 개수를 줄이고 저렴한 저항을 사용함으로써 비용 측면을 절감할 수 있는 효과가 있다.

[0010] 또한, 본 실시예에 따른 차단장치는 3상 전원의 접지 방식에 관계없이 적용이 가능하여 응용범위가 넓다는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 본 실시예에 따른 차단장치 및 그를 이용한 전력공급장치의 회로도를 도시한 도면이다.

도 2는 본 실시예에 따른 차단장치의 각 모드 별 동작을 도시한 도면이다.

도 3은 본 실시예에 따른 차단장치의 각 모드에 따른 동작 파형을 도시한 도면이다.

도 4는 본 실시예에 따른 차단장치가 충전 모드로 동작 시 커패시터를 충전하는 루프를 예시한 예시도이다.

도 5는 본 실시예에 따른 차단장치가 재충전 모드로 동작 시 방전된 커패시터를 재충전하는 루프를 예시한 예시도이다.

도 6은 본 실시예에 따른 커패시터를 충전하기 위한 충전 모드의 등가회로이다.

도 7은 본 실시예에 따른 차단장치의 차단 모드를 세분화한 도면이다.

도 8은 본 실시예에 따른 차단장치가 차단 모드로 동작 시 어느 한 상에 흐르는 각 소자의 전류 파형을 도시한 도면이다.

도 9는 본 실시예에 따른 도 7에 도시된 차단장치의 차단 모드의 각 서브 모드 중 제1 서브 모드에 대한 등가회로를 도시한 도면이다.

도 10은 본 실시예에 따른 도 7에 도시된 차단장치의 차단 모드의 각 서브 모드 중 제2 서브 모드에 대한 등가회로이다.

도 11은 본 실시예에 따른 도 10에 도시된 회로의 등가회로이다.

도 12는 본 실시예에 따른 도 7에 도시된 차단장치의 차단 모드의 각 서브 모드 중 제3 서브 모드에 대한 등가회로이다.

도 13은 본 실시예에 따른 도 12의 회로에 대한 등가회로이다.

도 14는 본 실시예에 따른 수학식 17을 이용하여 구한 도 12의 회로에 대한 등가회로이다.

도 15는 본 실시예에 따른 도 14의 회로를 간소화한 도면이다.

도 16 내지 도 18은 본 실시예에 따른 각 소자의 용량과 상전류의 최대값의 관계를 도시한 도면이다.

도 19는 본 실시예에 따른 도 5의 회로에 대한 등가회로이다.

도 20은 본 실시예에 따른 차단장치 및 그를 이용한 접지 방식의 전력공급장치에서 지락 사고가 발생한 경우를 예시한 도면이다.

도 21은 본 실시예에 따른 접지 방식의 전력공급장치에서 차단장치가 재충전 모드로 동작하는 제1 방법을 예시한 도면이다.

도 22는 본 실시예에 따른 차단장치가 재충전 모드에서 제1 방법으로 동작하는 경우, 방전된 커패시터가 재충전되는 루프를 예시한 예시도이다.

도 23은 본 실시예에 따른 접지 방식의 전력공급장치에서 차단장치가 재충전 모드로 동작하는 제2 방법을 예시한 도면이다

도 24는 본 실시예에 따른 차단장치가 재충전 모드에서 제2 방법으로 동작하는 경우, 지락 사고의 지속 여부를 검출하는 루프를 예시한 예시도이다.

도 25는 본 실시예에 따른 차단장치가 전력 계통의 사고 발생 시 사고 전류를 차단하는 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 이하, 본 발명의 일부 실시예들을 예시적인 도면을 통해 상세하게 설명한다. 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 한다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.

[0013] 도 1은 본 실시예에 따른 차단장치 및 그를 이용한 전력공급장치의 회로도를 도시한 도면이다. 한편, 도 1에서는 전력공급장치(100)가 3상의 전력공급장치로 구현된 경우를 예시하였으나 반드시 이에 한정되지는 않고 N(N≥2)상의 전력공급장치로 구현될 수 있다.

[0014] 도 1에 도시한 바와 같이, 본 실시예에 따른 전력공급장치(100)는 입력전원부(110), 입력부하(120), 제1 내지 제3 차단제어 유닛(300, 400, 500)을 포함한 차단장치(200), 제어부(600), 센싱부(700) 및 부하(800)를 포함한

다.

[0015] 입력전원부(110)는 N개의 상의 교류 입력전원을 포함하여 차단장치(200) 및 부하(600)에 N개의 상의 교류 입력을 제공한다. 한편, 도 1에 도시된 전력공급장치(100)는 3상의 전력공급장치로 구현되었으며, 이에, 입력전원부(110)는 제1 내지 제3상의 교류 입력전원을 구비한다. 이때, 입력전원부(110)에 구비된 제1 내지 제3상의 교류 입력전원은 서로 Y 결선된다.

[0016] 입력전원부(110)에 구비된 제1 내지 제3상의 교류 입력전원은 각각 해당 상의 교류 입력전원과 다른 하나의 교류 입력전원 사이의 선간전압을 해당 상의 교류 입력전원에 연결된 차단제어 유닛으로 제공한다. 예컨대, 제1 상의 교류 입력전원은 제1 차단제어 유닛(300)의 메인 전력공급부(310)에 선간전압 Vac를 제공하고, 제1 차단제어 유닛(300)의 제1 차단부(320) 및 제2 차단부(330)에는 선간전압 Vac가 (-)인 경우(즉, Vca가 (+)인 경우) 충전전류를 제공한다.

[0017] 입력 부하(120)는 입력전원부(110) 내 N개의 상의 교류 입력전원에 각각 직렬 연결된 저항 및 인덕터를 구비한다. 이러한, 입력 부하(120)는 입력전원부(110) 내 N개의 상의 교류 입력전원에 각각 직렬 연결된 저항 및 인덕터를 구비함으로써 전력공급장치(100) 내부로 입력 저항 및 입력 인덕턴스를 제공한다.

[0018] 차단장치(200)는 전력공급장치(100)의 부하(800) 측에서 전력 계통의 사고 발생 시 사고로 인해 야기되는 사고 전류를 신속하게 차단하는 한편, 전력 계통의 사고가 유지가 유지되고 있는 상태에서도 사고 전류가 차단되는 과정에서 사용된 커패시터가 충전되도록 동작한다. 이를 통해, 본 실시예에 따른 차단장치(200)는 부하(800) 측의 상태와 상관없이 차단장치(200)의 전원의 재투입과 재차단 동작이 가능하도록 동작한다. 전력 계통의 사고는 전류 계통에서 발생하는 전압강하, 전압상승 및 단락 사고 등을 의미하나 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.

[0019] 본 실시예에 따른 차단장치(200)는 충전 모드, 정상 모드, 차단 모드 및 재충전 모드의 4가지 동작 모드로 동작한다. 충전 모드는 전력 계통의 사고가 발생하기 이전에 차단장치(200) 내 충전부 즉, 커패시터를 초기 충전하는 동작 모드이다.정상 모드는 부하(800)에 전력을 공급하는 동작 모드이다. 차단 모드는 전력공급장치(100)의 부하(800) 측에서 전력 계통의 사고 발생 시 사고 전류를 차단하는 동작 모드이다. 재충전 모드는 재투입 동작을 수행하기 위해 차단 모드에서 사용된 차단장치(200)의 커패시터를 재충전하는 동작 모드이다. 한편, 본 실시예에 따른 차단장치(200)는 차단 모드 이후에 차단 모드에서 사용된 차단장치(200)의 커패시터를 재충전하는 재충전 모드를 수행함에 따라 부하(800)에 전력을 재공급하는 재투입 모드 및 재투입 결과에 따라 사고 전류를 재차단하는 재차단 모드를 추가로 수행할 수 있다.

[0020] 차단장치(200)는 입력전원부(110) 및 부하(800) 사이에 구현되며, N개의 차단제어 유닛을 구비한다. 차단장치(200)에 구비되는 차단제어 유닛의 개수는 전력공급장치(100)의 입력전원부(100)에 포함된 교류 입력전원의 개수에 비례한다. 한편, 도 1에 도시된 전력공급장치는 3상의 전력공급장치로 구현되었으며, 이에 차단장치(200)는 제1 내지 제3 차단제어 유닛(300, 400, 500)을 구비한다. 한편, 도 1에서는 제어부(600) 및 센싱부(700)가 차단장치(200)와 별개의 장치로 구현되어 있는 것으로 도시하였지만, 이는 일 실시예에 불과하며, 차단장치(200)는 제어부(600) 및 센싱부(700)를 포함하는 형태로 구현될 수 있다.

[0021] 제1 차단제어 유닛(300)은 메인 전력공급부(310), 제1 차단부(320), 제2 차단부(330) 및 충전부(335)를 포함한다. 제2 차단제어 유닛(300)은 메인 전력공급부(410), 제1 차단부(420), 제2 차단부(430) 및 충전부(435)를 포함한다. 제3 차단제어 유닛(500)은 메인 전력공급부(510), 제1 차단부(520), 제2 차단부(530) 및 충전부(535)를 포함한다.

[0022] 한편, 차단장치(200)에 포함된 각 차단제어 유닛(300, 400, 500)은 동일한 방법으로 동작하도록 제어되며, 이하, 제1 차단제어 유닛(300)을 예시하여 차단장치(200)의 동작을 설명하도록 한다.

[0023] 메인 전력공급부(310)는 어느 한 상의 교류 입력전원과 부하 사이에 연결되며, 스위칭 소자가 제1 방향 및 제1 방향과 반대되는 제2 방향으로 병렬로 위치하여 부하(800)에 전력을 공급한다. 즉, 메인 전력공급부(310)는 입력전원부(100) 내 제1 상의 교류 입력전원에 연결되며, 제1 상의 교류 입력전원과 다른 적어도 어느 한 상의 교류 입력전원 사이의 선간전압을 제공받아 제1 방향 및 제2 방향으로 교번하여 부하(800)에 전력을 공급한다.

[0024] 메인 전력공급부(310)는 제1 메인 스위칭 소자(T11) 및 제2 메인 스위칭 소자(T12)를 포함한다. 제1 메인 스위칭 소자(T11)는 제1 방향의 전력을 공급하며, 제2 메인 스위칭 소자(T12)는 제2 방향의 전력을 공급한다. 이러한, 제1 메인 스위칭 소자 및 제2 메인 스위칭 소자의 동작은 제어부(600)로부터의 스위칭 제어에 의해 제어된다.

[0025] 제1 메인 스위칭 소자(T11) 및 제2 메인 스위칭 소자(T12)는 차단장치(200)가 정상 모드로 동작하는 경우 예컨대, 제1 차단부(320) 및 제2 차단부(330)가 충전되었다고 판단된 경우에 동시에 제어부(600)의 스위칭 제어에 의해 턴 온된다. 이를 통해, 메인 전력공급부(310)는 제1 상의 교류 입력전원(Va)과 다른 적어도 어느 한 상의 교류 입력전원 사이의 선간전압을 제1 방향 및 제2 방향으로 교번하여 부하(800)로 공급함으로써 부하에 전력을 전달한다.

[0026] 한편, 제1 메인 스위칭 소자(T11) 및 제2 메인 스위칭 소자(T12)는 차단장치(200)가 차단 모드로 동작 시 턴 오프된다. 이때, 제1 메인 스위칭 소자(T11) 및 제2 메인 스위칭 소자(T12)는 제어부(600)의 스위칭 제어에 의해 턴 오프될 수도 있지만, 차단 모드 동작 과정에서 제1 차단부(320) 또는 제2 차단부(330)로 인해 발생하는 역 바이어스 전압에 의해 자동으로 턴 오프될 수도 있다. 이에 대한 자세한 설명은 제1 차단부(320) 및 제2 차단부(330)를 설명하는 과정에서 후술하도록 한다.

[0027] 제1 차단부(320)는 출력 양단이 메인 전력공급부(310)와 병렬로 연결되며, 제1 차단부(320)의 출력 양단 사이에 서로 직렬 연결된 제1 보조 커패시터(C11) 및 제1 보조 스위칭 소자(S11)를 포함한다. 이때, 제1 보조 커패시터(C11)와 제1 보조 스위칭 소자(S11)의 접점은 충전부(335)와 연결되며, 이를 통해 충전부(335)로부터 제1 상의 교류 입력전원(Va)과 다른 어느 한 상의 교류 입력전원(Vc) 사이의 선간전압(Vca=Vc-Va)을 수신한다. 이러한, 제1 차단부(320)의 제1 보조 커패시터(C11)는 제1 차단부(320)와 직렬로 연결되는 충전부(335) 즉, 제1 다이오드(340) 및 배리스터(Varistor)를 매개로 하여 공급되는 선간전압(Vca=Vc-Va)에 의해 제어부(600)의 제어에 의하지 않고 자연 충전된다. 단, 제1 보조 커패시터(C11)는 선간전압 Vca가 (+)이고 배리스터의 통전전압보다 커지게 되는 경우 충전이 이루어진다.

[0028] 제1 차단부(320)는 출력 양단이 메인 전력공급부(310)와 병렬로 연결되어 전력공급장치(100)의 부하(800) 측에서 전력 계통의 사고 감지 시 메인 전력공급부(310)의 제1 방향에 대한 역 바이어스 전압을 발생시킨다. 한편, 제1 차단부(320)는 메인 전력공급부(310)에 흐르는 전류의 방향이 제1 방향인 상태(즉, 선간전압 Vab, Vac 중 적어도 하나가 (+)인 경우)에서 전력 계통의 사고 발생 시 메인 전력공급부(310)의 제1 방향에 대한 역 바이어스 전압을 발생시킨다. 즉, 메인 전력공급부(310)에 흐르는 전류의 방향이 제1 방향인 상태에서 전력 계통의 발생 시 제1 보조 스위칭 소자(S11)가 턴 온되며, 제1 보조 스위칭 소자(S11)가 턴 온되는 경우, 제1 보조 커패시터(C11)에 의해 메인 전력공급부(310)의 제1 방향에 대한 역 바이어스 전압이 제1 메인 스위칭 소자(T11)의 양단에 인가되어 제1 메인 스위칭 소자(T11)에 발생할 수 있는 사고 전류가 차단된다. 이때, 제1 보조 커패시터(C11)는 사고 전류를 차단하는 과정에서 방전된다.

[0029] 한편, 메인 전력공급부(310)의 제1 메인 스위칭 소자(T11) 및 제2 메인 스위칭 소자(T12)는 차단장치(200)가 차단 모드로 동작 시 예컨대, 전력 계통의 사고 감지 시 강제로 턴 오프된다. 이때, 제1 메인 스위칭 소자(T11) 및 제2 메인 스위칭 소자(T12)는 제1 차단부(320)로 인해 전력 계통의 사고에 따른 사고 전류가 차단된 후 제1 상의 교류 입력전원(Va)과 다른 어느 한 상의 교류 입력전원(Vc) 사이의 선간전압(Vca=Vc-Va) 크기가 충전부(335)의 가변 저항부(360) 내 배리스터의 통전전압 보다 커진 후 통전전압으로 다시 하강한 시점까지 턴 오프되며, 이 시점 이후에 턴 온될 수 있다. 배리스터는 일단이 제1 차단부(320)의 입력단 및 제2 차단부(330)의 입력단에 연결되고 타단이 다른 상의 입력전원(Vc)에 연결된다. 이러한, 배리스터는 그 양단에 인가되는 전압이 증가함에 따라 저항이 감소하는 특성을 가지는 소자로 구성될 수 있으며, 이를 통해, 커패시터의 과충전을 방지하는 역할을 수행한다. 가변저항부(360)는 배리스터 이외에 추가 저항(Rv)을 구비할 수도 있다.

[0030] 한편, 제1 차단부(320) 내 제1 보조 커패시터(C11)는 제1 메인 스위칭 소자(T11) 및 제2 메인 스위칭 소자(T12)가 턴 오프되는 기간 내 공급되는 선간전압(Vca)에 의해 자연 재충전되며, 이를 통해, 차단장치(200)에서 발생하는 사고 전류를 재차단할 수 있다.

[0031] 제2 차단부(330)는 제1 차단부(320)와 병렬 연결되며, 메인 전력공급부(310)의 제2 메인 스위칭 소자(T12)와 병렬로 연결되어 전력 계통의 사고 감지 시 제2 방향의 사고 전류를 차단한다. 한편, 제2 차단부(330)는 제2 차단부(330)의 출력 양단 사이에 서로 직렬 연결된 제2 보조 커패시터(C12) 및 제2 보조 스위칭 소자(S12)를 포함한다. 이때, 제2 보조 커패시터(C12)와 제2 보조 스위칭 소자(S12)의 접점은 충전부(335)와 연결되며, 이를 통해 충전부(335)로부터 제1 상의 교류 입력전원(Va)과 다른 어느 한 상의 교류 입력전원(Vc) 사이의 선간전압(Vca=Vc-Va)을 수신한다. 이러한, 제2 차단부(330)의 제2 보조 커패시터(C12)는 제어부(600)의 스위칭 제어에 의해 메인 전력공급부(310)가 제2 방향으로 통전되는 경우 직렬로 연결되는 충전부(335) 즉, 제2 다이오드(350) 및 배리스터를 매개로 하여 공급되는 선간전압(Vca=Vc-Va)에 의해 초기 충전된다. 단, 제2 보조 커패시터(C12)는 선간전압 Vca가 (+)이고 배리스터의 통전전압보다 커지게 되는 경우 충전이 이루어진다. 한편, 제2 차단부

(330)의 충전을 위해 메인 전력공급부(310)의 제2 메인 스위칭 소자(T12)는 제1 차단부(320)의 충전이 완료되었다고 판단된 경우에 제어부(600)의 스위칭 제어에 의해 턴 온(Turn On)된다.

[0032] 제2 차단부(330)는 출력 양단이 메인 전력공급부(310)와 병렬로 연결되어 전력공급장치(100)의 부하(800) 측에서 전력 계통의 사고 감지 시 메인 전력공급부(310)의 제2 방향에 대한 역 바이어스 전압을 발생시킨다. 한편, 제2 차단부(330)는 메인 전력공급부(310)에 흐르는 전류의 방향이 제2 방향인 상태(즉, 선간전압 Vab, Vac 중 적어도 하나가 (-)인 경우)에서 전력 계통의 사고 발생 시 메인 전력공급부(310)의 제2 방향에 대한 역 바이어스 전압을 발생시킨다. 즉, 메인 전력공급부(310)에 흐르는 전류의 방향이 제2 방향인 상태에서 전력 계통의 사고 발생 시 제2 보조 스위칭 소자(S12)가 턴 온되며, 제2 보조 스위칭 소자(S12)가 턴 온되는 경우, 제2 보조 커패시터(C12)에 의해 메인 전력공급부(310)의 제2 방향에 대한 역 바이어스 전압이 제2 메인 스위칭 소자(T12)의 양단에 인가되어 제2 메인 스위칭 소자(T12)에 발생할 수 있는 사고 전류가 차단된다. 이때, 제2 보조 커패시터(C12)는 사고 전류를 차단하는 과정에서 방전된다.

[0033] 한편, 메인 전력공급부(310)의 제1 메인 스위칭 소자(T11) 및 제2 메인 스위칭 소자(T12)는 차단장치(200)가 차단 모드로 동작 시 예컨대, 전력 계통의 사고 감지 시 턴 오프된다. 이때, 제2 메인 스위칭 소자(T12)는 제2 차단부(320)로 인해 전력 계통의 사고에 따른 사고 전류가 차단된 후, 제1 방향으로 전류가 흐르다가 전력 계통의 사고 감지에 의해 사고 전류가 차단된 다른 차단제어 유닛의 해당 상의 교류 입력전원과 다른 어느 한 상의 교류 입력전원 사이의 선간전압의 크기가 배리스터의 통전전압 보다 커진 후 통전전압으로 다시 하강한 시점에 턴 온된다.

[0034] 한편, 제2 차단부(330) 내 제2 보조 커패시터(C12)는 제2 메인 스위칭 소자(T12)가 턴 온되는 시점에 공급되는 선간전압(Vca)에 의해 재충전되며, 이를 통해, 차단장치(200)에서 발생하는 사고 전류를 재차단할 수 있다.

[0035] 충전부(335)는 메인 전력공급부(310)와 연결된 어느 한 상의 교류 입력전원이 아닌 다른 상의 교류 입력전원과 제1 차단부(320) 및 제2 차단부(330)에 각각 연결되며, 다른 상의 교류 입력과 어느 한 상의 교류 입력 사이의 선간전압을 이용하여 제1 차단부(320)와 제2 차단부(330)를 충전한다. 이러한, 충전부(335)에 의한 제1 차단부(320)와 제2 차단부(330)의 충전 방법은 앞서 제1 차단부(320) 및 제2 차단부(330)를 설명하는 과정에서 명시된 각 차단부의 충전 방법과 동일하며 이에 자세한 설명은 생략하도록 한다.

[0036] 충전부(335)는 다른 상의 교류 입력전원과 연결된 배리스터, 배리스터를 매개로 각각 병렬 연결된 제1 다이오드(340) 및 제2 다이오드(350)를 포함한다. 이때, 제1 다이오드(340)는 제1 차단부(320)의 제1 보조 커패시터(C11)와 제1 보조 스위칭 소자(S11)의 접점에 연결되고, 제2 다이오드(350)는 제2 차단부(330)의 제2 보조 커패시터(C12)와 제2 보조 스위칭 소자(S12)의 접점에 연결되어 제1 보조 커패시터(C11) 및 제2 보조 커패시터(C12)를 선간전압을 이용하여 충전한다.

[0037] 한편, 본 실시예에 따른 충전부(335)는 전력 계통의 사고에 의한 사고 전류가 차단된 후 사고 전류의 차단 과정에서 전압이 감소된 제1 보조 커패시터(C11) 및 제2 보조 커패시터(C12)를 재충전한다. 이때, 본 실시예에 따른 충전부(335)는 전력 계통의 사고가 유지되고 있는 상태에서 제1 보조 커패시터(C11) 및 제2 보조 커패시터(C12)에 대한 재충전 과정을 수행할 수 있다. 이러한, 충전부(335)에 의한 제1 보조 커패시터(C11) 및 제2 보조 커패시터(C12)의 재충전 방법은 앞서 제1 차단부(320) 및 제2 차단부(330)를 설명하는 과정에서 명시된 각 차단부의 충전 방법과 동일하며, 이에 자세한 설명은 생략하도록 한다.

[0038] 제어부(600)는 스위칭 제어에 의해 차단장치(200)의 동작을 제어한다. 즉, 제어부(600)는 스위칭 제어에 의해 메인 전력공급부(310), 제1 차단부(320), 제2 차단부(330) 및 충전부(335)의 동작을 제어하여 메인 전력공급부(310), 제1 차단부(320), 제2 차단부(330) 및 충전부(335)가 앞서 명시된 기능을 수행하도록 제어한다.

[0039] 제어부(600)는 차단장치(200)의 재충전 모드 수행에 따라 차단장치(200) 내 모든 보조 커패시터에 대한 재충전이 완료된 것으로 판단된 경우 재충전 완료 시점으로부터 소정 시간 내에 차단장치(200)에 포함된 메인 전력공급부(310)의 스위칭 소자를 턴 온하여 차단장치(200)에 대한 재투입 동작이 수행되도록 제어한다. 한편, 소정 시간은 차단장치(200)에 대한 동작책무(KS-C-IEC-61000) 규정에 따라 결정된다.

[0040] 제어부(600)는 차단장치(200)의 재투입 동작의 수행 결과에 근거하여 전력 계통의 사고가 여전히 유지되고 있는 것으로 판단되는 경우 차단장치(200)에서 사고 전류를 재차단하기 위한 재차단 동작이 수행되도록 제어한다. 한편, 제어부(600)는 사고 전류의 재차단이 완료된 후 현재까지의 재차단 횟수를 카운트하고, 카운트 결과 현재까지의 재차단 횟수가 기 설정된 임계치보다 큰 경우 차단장치(200)의 동작을 완전히 정지시킨다.

[0041] 센싱부(700)는 전력공급장치(100) 내 전류와 전압을 센싱하고, 센싱 결과를 제어부(600)에 제공한다. 한편, 제

어부(600)는 센싱부(700)로부터 제공받은 센싱 결과를 기반으로 스위칭 제어를 수행하는 한편, 전력 계통의 사고의 발생 여부 및 각 차단부의 충전 여부를 판단할 수 있다.

[0042] 앞서 설명한 바와 같이 본 실시예에 따른 차단장치(200)는 충전 모드, 정상 모드, 차단 모드 및 재충전 모드의 4가지 동작 모드로 동작한다. 이하, 도 2 내지 도 5를 참조하여 각 동작 모드에서 본 실시예에 따른 차단장치(200) 내 제1 내지 제3 차단 제어 유닛(300, 400, 500)의 동작에 대해 설명하도록 한다. 한편, 도 2, 도 4 내지 도 5에 도시된 차단장치(200) 및 전력공급장치(100)는 별도의 도면 부호가 도시되지 않았지만, 도 1에 도시된 도면 부호와 동일한 도면 부호가 적용된다. 또한, 도 2, 도 4 내지 도 5에서는 제어부(600) 및 센싱부(700)를 도시하지 않았지만, 이는 차단장치(200)의 동작을 보다 명확하게 설명하기 위한 일 실시예에 불과하며, 실질적으로는 도 1에 도시된 바와 같이 제어부(600) 및 센싱부(700)가 구비된다.

[0043] 도 2는 본 실시예에 따른 차단장치의 각 모드 별 동작을 도시한 도면이다. 도 3은 본 실시예에 따른 차단장치의 각 모드에 따른 동작 파형을 도시한 도면이다. 도 4는 본 실시예에 따른 차단장치가 충전 모드로 동작 시 커패시터를 충전하는 루프를 예시한 예시도이다. 도 5는 본 실시예에 따른 차단장치가 재충전 모드로 동작 시 방전된 커패시터를 재충전하는 루프를 예시한 예시도이다.

[0044] 한편, 도 2는 차단장치(200)에 포함된 제1 차단제어 유닛(300)이 제1 방향으로 통전되고, 제2 차단제어 유닛(400) 및 제3 차단제어 유닛(500)이 제2 방향으로 통전되는 도중에 전력 계통의 사고가 발생하는 경우를 예시하였다. 이때, 제2 차단제어 유닛(400) 및 제3 차단제어 유닛(500) 중 어느 하나의 차단제어 유닛은 제1 방향으로 통전되는 도중에 전력 계통의 사고가 발생할 수도 있다.

[0045] 도 2a는 본 실시예에 따른 차단장치(200)가 충전 모드로 동작하는 경우를 예시한 도면이다. 충전 모드는 전력 계통의 사고가 발생하기 이전에 차단장치(200) 내 커패시터를 초기 충전하는 동작 모드이다. 차단장치(200) 내 각 차단제어 유닛은 충전된 커패시터를 이용하여 사고 전류를 차단하므로 모든 커패시터의 충전이 선행되어야 한다. 따라서, 차단장치(200) 내 각 차단제어 유닛은 충전 모드에서 선간전압과 배리스터를 이용하여 사고 차단에 요구되는 전압으로 커패시터를 충전하게 된다.

[0046] 이하, 차단장치(200)가 충전 모드로 동작하는 경우(도 3의 t0~t5 구간) 차단장치(200)에 포함된 각 차단제어 유닛(300, 400, 500)의 동작에 대해 설명하도록 한다.

[0047] 제1 차단제어 유닛(300)의 제1 차단부(320) 내 제1 보조 커패시터(C11)는 제1 다이오드(340) 및 배리스터(Varistor)를 매개로 하여 공급되는 제1 상의 교류 입력전원(Va)과 다른 어느 한 상의 교류 입력전원(Vc) 사이의 선간전압(Vca=Vc-Va)에 의해 초기 충전된다. 단, 제1 보조 커패시터(C11)는 선간전압 Vca가 (+)이고 배리스터의 통전전압보다 커지게 되는 경우(도 3의 t0~t0' 구간) 충전이 이루어진다. 도 4a는 차단장치(200)가 충전 모드로 동작하는 경우 제1 차단부(320) 내 제1 보조 커패시터(C11)가 충전되는 루프를 예시한 예시도이다. 도 4a에서 도시하듯이, 차단장치(200)가 충전 모드로 동작 시 제1 차단제어 유닛(300)의 제1 차단부(320) 내 제1 보조 커패시터(C11)가 선간전압(Vca)에 의해 충전되는 것을 확인할 수 있다.

[0048] 마찬가지로, 차단장치(200)가 충전 모드로 동작 시 제2 차단제어 유닛(400)의 제1 차단부(420) 내 제1 보조 커패시터(C21) 및 제3 차단제어 유닛(500)의 제1 차단부(430) 내 제1 보조 커패시터(C22) 또한, 제1 차단제어 유닛(300)의 경우와 동일한 방식에 의해 충전된다. 즉, 제2 차단제어 유닛(400)의 제1 차단부(420) 내 제1 보조 커패시터(C21) 및 제3 차단제어 유닛(500)의 제1 차단부(520) 내 제1 보조 커패시터(C22)는 각 차단제어 유닛에 대응되는 상의 교류 입력전원과 다른 어느 한 상의 교류 입력전원 사이의 선간전압에 의해 초기 충전된다.

[0049] 제1 차단제어 유닛(300)은 충전 모드 시작 시 입력된 선간전압(Vca)에 의해 제1 차단부(320)가 충전된 이후 선간전압(Vca)의 다음 싸이클에서 제어부(600)의 스위칭 제어에 의해 메인 전력공급부(310)의 제2 메인 스위칭 소자(T12)를 턴 온한다. 이때, 제2 메인 스위칭 소자(T12)는 제2 메인 스위칭 소자(T12)가 턴 온된 시점에 입력된 선간전압(Vca)의 1 내지 3싸이클 동안(도 3의 t2~t5 구간) 턴 온된다. 한편, 제2 메인 스위칭 소자(T12)가 턴 온되면 메인 전력공급부(310)가 제2 방향으로 통전되며, 이를 통해, 제2 차단부(330) 내 제2 보조 커패시터(C12)는 제1 상의 교류 입력전원(Va)과 다른 적어도 어느 한 상의 교류 입력전원(Vc) 사이의 선간전압(Vca=Vc-Va))에 의해 충전된다. 마찬가지로, 제2 차단부(330)는 Vc-Va가 +인 경우(도 3의 t3~t3' 구간)에 충전된다. 도 4b는 차단장치(200)가 충전 모드로 동작하는 경우 제2 차단부(330) 내 제2 보조 커패시터(C12)가 충전되는 루프를 예시한 예시도이다. 도 4b에서 도시하듯이, 차단장치(200)가 충전 모드로 동작 시 제1 차단제어 유닛(300)의 제2 차단부(330) 내 제2 보조 커패시터(C12)가 선간전압(Vca)에 의해 충전되는 것을 확인할 수 있다.

[0050] 마찬가지로, 제2 차단제어 유닛(400) 및 제3 차단제어 유닛(500)은 제1 차단제어 유닛(300)의 메인 전력공급부

(310)의 제2 메인 스위칭 소자(T12)가 턴 온된 시점에 동시에 각 차단제어 유닛의 메인 전력공급부의 제2 메인 스위칭 소자를 턴 온한다. 이를 통해, 제2 차단제어 유닛(400)의 제2 차단부(430) 내 제2 보조 커패시터(C22) 및 제3 차단제어 유닛(500)의 제2 차단부(530) 내 제2 보조 커패시터(C32)는 각 차단제어 유닛에 대응되는 상의 교류 입력전원과 다른 어느 한 상의 교류 입력전원 사이의 선간전압에 의해 초기 충전된다.

[0051] 한편, 각 차단제어 유닛의 제2 메인 스위칭 소자를 동시에 턴 온하는 경우, 부하를 포함하는 충전 루프가 추가로 발생할 수 있다. 다만, 이 경우 발생하는 충전 전류는 부하에 의해서 전류의 크기가 작아지므로 별다른 문제가 발생하지 않는다.

[0052] 도 2b는 본 실시예에 따른 차단장치(200)가 정상 모드로 동작하는 경우를 예시한 도면이다.

[0053] 이하, 차단장치(200)가 정상 모드로 동작하는 경우(도 3의 t5~t7 구간) 차단장치(200)에 포함된 각 차단제어 유닛(300, 400, 500)의 동작에 대해 설명하도록 한다.

[0054] 도 2b의 (a)는 차단장치(200)가 정상 모드로 동작하는 시점으로부터 전력 계통의 사고가 발생하기 이전(도 3의 t5~t6)까지의 시점에 차단장치(200)에 포함된 각 차단제어 유닛(300, 400, 500)의 동작을 예시한 예시도이다.

[0055] 제1 차단제어 유닛(300)은 제1 차단부(320) 및 제2 차단부(330)의 충전이 완료되었다고 판단한 경우, 좀더 자세하게는 제2 메인 스위칭 소자(T12)가 턴 온된 시점(t2)에 입력된 선간전압(Vca)의 1 내지 3싸이클이 경과된 시점(t5)에 메인 전력공급부(310)의 제1 메인 스위칭 소자(T11) 및 제2 메인 스위칭 소자(T12)를 동시에 턴 온한다. 이를 통해, 제1 차단제어 유닛(300)은 제1 상의 교류 입력전원(Va)과 다른 적어도 어느 한 상의 교류 입력전원 사이의 선간전압을 선간전압의 싸이클에 따라 제1 방향 및 제2 방향으로 교번하여 부하(800)로 공급함으로써 부하에 전력을 전달한다.

[0056] 마찬가지로, 제2 차단제어 유닛(400) 및 제3 차단제어 유닛(500)은 각 차단제어 유닛의 제1 차단부 및 제2 차단부의 충전이 완료되었다고 판단한 경우 메인 전력공급부의 제1 메인 스위칭 소자 및 제2 메인 스위칭 소자를 동시에 턴 온한다. 이를 통해, 제2 차단제어 유닛(400) 및 제3 차단제어 유닛(500)은 각 차단제어 유닛에 대응되는 상의 교류 입력전원과 다른 어느 한 상의 교류 입력전원 사이의 선간전압을 선간전압의 싸이클에 따라 제1 방향 및 제2 방향으로 교번하여 부하(800)로 공급함으로써 부하에 전력을 전달한다.

[0057] 한편, 도 2b의 (a)는 제1 차단제어 유닛(300)이 제1 방향으로 통전되고, 제2 차단제어 유닛(400) 및 제3 차단제어 유닛(500)이 제2 방향으로 통전되는 경우 부하(800)에 전력이 전달되는 과정을 예시하였다.

[0058] 도 2b의 (b)는 차단장치(200)가 정상 모드로 동작하는 과정에 전력 계통의 사고가 발생한 경우를 예시한 예시도이다. 한편, 도 2b의 (b)는 제1 차단제어 유닛(300)이 제1 방향으로 통전되고, 제2 차단제어 유닛(400) 및 제3 차단제어 유닛(500)이 제2 방향으로 통전되는 도중에 전력 계통의 사고가 발생하는 경우를 예시하였다.

[0059] 도 2b의 (b)에서 도시하듯이, 도 2b의 (b)는 차단장치(200)가 정상 모드로 동작하는 도중 전력 계통의 사고가 발생한 경우(도 3의 t6 시점)를 예시하였다. 이 경우, 전력 계통의 사고가 발생하여 사고 전류(ia)가 증가하고 있지만, 사고 전류의 크기가 사고로 판단되는 기준 전류보다 작으므로 차단장치(200)는 여전히 정상 모드로 동작을 한다. 이후, 차단장치(200)는 사고 전류가 점차 증가하여 기준 전류보다 커지는 시점(도 3의 t7 시점)에 전력 계통의 사고가 발생하였다고 판단하여 차단 모드로 동작한다. 한편, 차단장치(200)는 정상 모드로 동작하는 도중 센싱부(700)로부터 전력공급장치(100) 내 전류와 전압에 대한 센싱 결과를 수신하고, 이를 기반으로 전력 계통의 사고의 발생 여부를 판단한다.

[0060] 도 2c는 본 실시예에 따른 차단장치(200)가 차단 모드로 동작하는 경우를 예시한 도면이다.

[0061] 이하, 차단장치(200)가 차단 모드로 동작하는 경우(도 3의 t7~t13 구간) 차단장치(200)에 포함된 각 차단제어 유닛(300, 400, 500)의 동작에 대해 설명하도록 한다. 한편, 앞서 명시된 바와 같이, 본 실시예는 제1 차단제어 유닛(300)이 제1 방향으로 통전되고, 제2 차단제어 유닛(400) 및 제3 차단제어 유닛(500)이 제2 방향으로 통전되는 도중에 전력 계통의 사고가 발생하는 경우를 예시하였다.

[0062] 도 2c의 (a)는 차단장치(200)가 충전 모드 시 충전된 커패시터를 이용하여 사고 전류를 차단(도 3의 t7~t12)하는 동작을 예시한 예시도이다.

[0063] 본 실시예의 경우, 제1 차단제어 유닛(300)이 제1 방향으로 통전되는 도중에 전력 계통의 사고가 발생하였으며, 이에, 제1 차단제어 유닛(300)은 전력 계통의 사고 감지 시 메인 전력공급부(310)의 제1 방향에 대한 역 바이어스 전압을 발생시킨다. 즉, 제1 차단제어 유닛(300)은 전력 계통의 사고 감지 시 제1 차단부(320)의 제1 보조

스위칭 소자(S11)를 턴 온한다. 이 경우, 제1 보조 커패시터(C11)에 의해 메인 전력공급부(310)의 제1 방향에 대한 역 바이어스 전압이 제1 메인 스위칭 소자(T11)의 양단에 인가되어 제1 메인 스위칭 소자(T11)에 발생할 수 있는 사고 전류가 차단된다. 이때, 제1 보조 커패시터(C11)는 사고 전류를 차단하는 과정에서 방전된다.

[0064] 한편, 제1 차단제어 유닛(300)은 전력 계통의 사고 감지 시(도 3의 t7 시점) 메인 전력공급부(310)의 제1 메인 스위칭 소자(T11) 및 제2 메인 스위칭 소자(T12)를 턴 오프한다. 이때, 제1 메인 스위칭 소자(T11)는 제1 차단부(320)로 인해 발생하는 역 바이어스 전압에 의해 자동으로 턴 오프될 수도 있다. 메인 스위칭 소자(T11) 및 제2 메인 스위칭 소자(T12)는 전력 계통의 사고 감지 시 턴 오프됨으로써 이후, 재충전 모드에서 제1 차단부(320)의 제1 보조 커패시터(C11)가 제1 상의 교류 입력전원(Va)과 다른 적어도 어느 한 상의 교류 입력전원(Vc) 사이의 선간전압(Vca=Vc-Va))에 의해 재충전될 수도 있도록 동작한다.

[0065] 본 실시예의 경우, 제2 차단제어 유닛(400)이 제2 방향으로 통전되는 도중에 전력 계통의 사고가 발생하였으며, 이에 제2 차단제어 유닛(400)은 전력 계통의 사고 감지 시 메인 전력공급부(410)의 제2 방향에 대한 역 바이어스 전압을 발생시킨다. 즉, 제2 차단제어 유닛(400)은 전력 계통의 사고 감지 시 제2 차단부(430)의 제2 보조 스위칭 소자(S22)를 턴 온한다. 이 경우, 제2 보조 커패시터(C22)에 의해 메인 전력공급부(410)의 제2 방향에 대한 역 바이어스 전압이 제2 메인 스위칭 소자(T22)의 양단에 인가되어 제2 메인 스위칭 소자(T22)에 발생할 수 있는 사고 전류가 차단된다. 이때, 제2 보조 커패시터(C22)는 사고 전류를 차단하는 과정에서 방전된다.

[0066] 마찬가지로, 제2 차단제어 유닛(400)은 전력 계통의 사고 감지 시 (도 3의 t7 시점) 메인 전력공급부(410)의 제1 메인 스위칭 소자(T21) 및 제2 메인 스위칭 소자(T22)를 턴 오프한다.

[0067] 한편, 제3 차단제어 유닛(500) 역시 제3 차단제어 유닛(500)이 제3 방향으로 통전되는 도중에 전력 계통의 사고가 발생하였으므로, 전력 계통의 사고 감지 시 메인 전력공급부(510)의 제2 방향에 대한 역 바이어스 전압을 발생시킨다. 이때, 제3 차단제어 유닛(400)은 제2 차단제어 유닛(400)의 방식과 동일하게 동작하여 제2 메인 스위칭 소자(T32)에 발생할 수 있는 사고 전류를 차단한다.

[0068] 한편, 도 2c의 (a)에서 도시하듯이, 각 차단제어 유닛이 각 상전류의 방향에 맞는 보조 스위칭 소자를 턴 온하는 경우 모든 상에는 R1-L1-C 전류가 흐르게 되며 사고 전류는 차단이 된다. 이때, 차단에 이용된 각 차단제어 유닛의 보조 커패시터 C11, C22, C32)는 역방향으로 충전이 된다.

[0069] 도 2c의 (b)는 모든 사고 전류가 차단이 되고, 차단장치(200)에 전류가 흐르지 않는 구간이다(도 3의 t12~t13).

[0070] 도 2d는 본 실시예에 따른 차단장치(200)가 재충전 모드로 동작하는 경우를 예시한 도면이다. 재충전 모드는 차단 모도에서 사용된 커패시터를 재충전하는 구간이다.

[0071] 이하, 차단장치(200)가 재충전 모드로 동작하는 경우(도 3의 t13~t18 구간) 차단장치(200)에 포함된 각 차단제어 유닛(300, 400, 500)의 동작에 대해 설명하도록 한다.

[0072] 제1 차단제어 유닛(300)은 앞서, 차단장치(200)가 차단 모드로 동작하는 경우, 제1 차단부(320)를 이용하여 사고 전류를 차단하였으며, 이에, 사고 전류를 차단하는 과정에서 방전된 제1 차단부(320)의 제1 보조 커패시터(C11)가 재충전이 되어야 한다.

[0073] 한편, 제1 차단제어 유닛(300)의 제1 차단부(320) 내 제1 보조 커패시터(C11)는 전력 계통의 사고에 따른 사고 전류가 차단된 시점(도 3의 t12) 이후에 공급되는 제1 상의 교류 입력전원(Va)과 다른 어느 한 상의 교류 입력전원(Vc) 사이의 선간전압(도 3의 t13~t15 시점 사이에 공급되는 선간전압 Vca)에 의해 재충전된다. 단, 제1 보조 커패시터(C11)는 선간전압 Vca가 (+)이고 배리스터의 통전전압보다 커지게 되는 경우 재충전이 이루어진다. 즉, 제1 보조 커패시터(C11)는 전력 계통의 사고에 따른 사고 전류가 차단된 후, 제1 상의 교류 입력전원(Va)과 다른 어느 한 상의 교류 입력전원(Vc) 사이의 선간전압(Vca)이 배리스터의 통전전압 보다 커진 후 통전전압으로 다시 하강한 시점(도 3의 t12~t15)까지 공급되는 선간전압 Vca에 의해 재충전된다.도 5a는 차단장치(200)가 재충전 모드로 동작하는 경우 제1 차단부(320) 내 제1 보조 커패시터(C11)가 재충전되는 루프를 예시한 예시도이다. 도 5a에서 도시하듯이, 차단장치(200)가 재충전 모드로 동작 시 제1 차단제어 유닛(300)의 제1 차단부(320) 내 제1 보조 커패시터(C11)가 선간전압(Vca)에 의해 충전되는 것을 확인할 수 있다.

[0074] 제2 차단제어 유닛(400)은 앞서, 차단장치(200)가 차단 모드로 동작하는 경우, 제2 차단부(430)를 이용하여 사고 전류를 차단하였으며, 이에, 사고 전류를 차단하는 과정에서 방전된 제2 차단부(430)의 제2 보조 커패시터(C22)가 재충전이 되어야 한다.

[0075] 제2 차단제어 유닛(400)은 전력 계통에 따른 사고 전류가 차단된 후(도 3의 t12), 제1 상의 교류 입력전원(Va)

과 다른 어느 한 상의 교류 입력전원(Vc) 사이의 선간전압(Vca)이 배리스터의 통전전압 보다 커진 후 통전전압으로 다시 하강한 시점(도 3의 t15)에 메인 전력공급부(410)의 제2 메인 스위칭 소자(T22)를 턴 온한다. 이를 통해, 제2 보조 커패시터(C22)는 제2 상의 교류 입력전원과 다른 어느 한 상의 교류 입력전원 사이의 선간전압(Vab)에 의해 재충전된다. 단 제2 보조 커패시터(C22)는 선간전압 Vab가 (+)이고, 배리스터의 통전전압보다 커지게 되는 경우(도 3의 t16~t17 시점) 재충전이 이루어진다. 도 5b는 차단장치(200)가 재충전 모드로 동작하는 경우 제2 차단부(430) 내 제2 보조 커패시터(C22)가 재충전되는 루프를 예시한 예시도이다. 도 5b에서 도시하듯이, 차단장치(200)가 재충전 모드로 동작 시 제2 차단제어 유닛(400)의 제2 차단부(430) 내 제2 보조 커패시터(C22)가 선간전압(Vab)에 의해 충전되는 것을 확인할 수 있다.

[0076] 마찬가지로, 제3 차단제어 유닛(500) 또한 전력 계통의 사고에 따른 사고 전류가 차단된 후(도 3의 t12), 제1 상의 교류 입력전원(Va)과 다른 어느 한 상의 교류 입력전원(Vc) 사이의 선간전압(Vca)이 배리스터의 통전전압보다 커진 후 통전전압으로 다시 하강한 시점(도 3의 t15)에 메인 전력공급부(510)의 제2 메인 스위칭 소자(T32)를 턴 온함으로써 제2 보조 커패시터(C32)를 재충전한다. 도 5c는 차단장치(200)가 재충전 모드로 동작하는 경우 제2 차단부(530) 내 제2 보조 커패시터(C32)가 재충전되는 루프를 예시한 예시도이다. 도 5c에서 도시하듯이, 차단장치(200)가 재충전 모드로 동작 시 제3 차단제어 유닛(500)의 제2 차단부(530) 내 제2 보조 커패시터(C32)가 선간전압(Vbc)에 의해 충전되는 것을 확인할 수 있다.

[0077] 한편, 각 차단제어 유닛의 제2 메인 스위칭 소자를 동시에 턴 온하는 경우, 단락 회로를 포함하는 재충전 루프가 추가로 발생할 수 있다. 다만, 이 경우 발생하는 충전 전류는 기존에 발생하는 충전 루프와 임피던스가 같으므로 별다른 문제가 발생하지 않는다.

[0078] 앞서 설명된 재충전 과정을 이용하여 본 실시예에 따른 차단장치(200)는 사고 전류를 차단하는 과정에서 방전된 커패시터를 모두 재충전하며, 이를 통해, 이후, 차단장치(200)에서 발생하는 사고 전류를 재차단할 수 있다.

[0079] 이하, 도 6 내지 도 19를 참조하여 본 실시예에 따른 차단장치(200)에 구비된 각 소자의 파라미터에 대해 설명하도록 한다. 본 실시예에 따른 차단장치(200)의 시스템 파라미터는 표 1과 같다.

표 1

[0080]

Power rating	5 [kW]
Line voltage	220 [V]
Full load current	13.1 [A]
Line resistance R_l	100 [mΩ]
Line inductance L_l	100 [uH] (0.377%)
Short fault switch	100 [mΩ]
Range of trip settings	13.1 [A] → 50 [A]

[0081] 본 실시예에 따른 차단장치(200)에 구비된 각 소자, 예컨대, Rv, C, SCR(메인 스위칭 소자 및 보조 스위칭 소자), 배리스터는 충전 모드, 차단 모드 재충전 모드에서 각 소자에 흐르는 전류와 전압을 고려하여 선정해야 한다.

[0082] 도 6은 차단장치(200)가 충전 모드로 동작 시 어느 하나의 차단제어 유닛의 커패시터를 충전하기 위한 등가회로이다.

[0083] 본 실시예에 따른 차단장치(200)는 충전 모드로 동작 시, 도 6의 (a)와 같이 커패시터 1개가 충전되는 경우와 도 6의 (b)와 같이 커패시터 2개가 동시에 충전되는 경우로 나누어진다. 한편, 도 6의 (a)와 도 6의 (b)에서 도시하듯이, 선간전압 Vab가 배리스터의 제한 전압 Vv 보다 커지게 되면 충전 전류 Ich가 흐르기 시작한다. 따라서, 충전 회로의 입력 전압 Vab는 수학식 1과 같고, 충전 전류 ich1과 ich2는 수학식 2 및 수학식 3과 같다. 또한, 커패시터에 충전되는 충전 전압 Vch는 수학식 4와 같다.

수학식 1

$$v_{ab}(t) = V_{ab}\sqrt{2}\sin(\omega t + \theta)$$

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{V_v}{V_{ab}\sqrt{2}}\right)$$

[0084]

수학식 2

$$I_{ch1}(s) = \frac{V_{ab}\sqrt{2}s(\omega\cdot\cos\theta + s\cdot\sin\theta) - V_v(s^2+\omega^2))}{2L_l(s^2+\omega^2)(s^2+\frac{2R_l+R_v}{2L_l}s+\frac{1}{2L_lC})}$$

[0085]

수학식 3

$$I_{ch2}(s) = \frac{V_{ab}\sqrt{2}s(\omega\cdot\cos\theta + s\cdot\sin\theta) - V_v(s^2+\omega^2))}{2L_l(s^2+\omega^2)(s^2+\frac{2R_l+R_v}{2L_l}s+\frac{1}{4L_lC})}$$

[0086]

수학식 4

$$V_{ch} = V_{ab}\sqrt{2} - V_v$$

[0087]

[0088] 한편, 충전 모드에서는 커패시터가 과전압으로 충전되는 것을 주의해야 한다. 커패시터에 부족제동의 충전전류가 흐르게 되면 커패시터는 다이오드로 인하여 설계 전압 보단 hv은 전압으로 충전이 된다. 커패시터의 전압이 커지면 사고 전류의 최대값이 커지게 되므로 더 큰 용량의 SCR(Silicon Controlled Rectifier)이 요구된다. 따라서, 저항 Rv와 커패시터 C는 수학식 5의 조건을 만족하도록 선정해야 한다.

수학식 5

$$R_v \geq \sqrt{\frac{8L_l}{C}} - 2R_l$$

[0089]

[0090] 한편, 충전 모드의 충전 전류 ich1,2와 충전 전압 Vch는 다른 모드에 비해 크기가 작으므로 저항 Rv와 커패시터

C는 차단 모드와 재충전 모드를 고려하여 선정된다.

[0091] 도 7은 본 실시예에 따른 차단장치(200)의 차단 모드를 세분화한 도면이다.한편, 도 7은 본 실시예에 따른 차단장치(200)가 차단 모드로 동작 시 즉, 도 3의 t7~t13 구간에서의 차단장치(200)의 동작을 세분화하여 도시하였다. 차단장치(200)의 소자는 사고 전류가 가장 커지는 경우를 고려하여 선정해야 한다. 사고 전류는 3상 단락사고일 때 가장 크며, 도 3의 차단 모드처럼 t6에서 3상 단락사고가 발생하면, a상의 사고 전류는 가장 커지게 된다.

[0092] 도 8은 본 실시예에 따른 차단장치(200)가 차단 모드로 동작 시 어느 한 상에 흐르는 각 소자의 전류 파형을 도시한 도면이다. 한편, 도 8은 도 3의 t7~t12 구간에서 a상에 흐르는 각 소장의 전류 파형을 도시하였다. 도 8의 사고 전류를 차단할 수 있는 소자로 차단장치(200)를 설계하면 차단장치(200)는 모든 사고의 차단이 가능하다. 따라서, 차단장치(200)의 소자를 선정하기 위해서는 도 8의 상전류 ia의 최대 전류와 각 소자에 흐르는 전류의 해석이 요구된다. 도 8에서 상전류 ia의 최대 전류는 배리스터의 제한전압 Vv와 커패시터의 용량에 의해서 t8~t9 구간 또는 t9~t10 구간에서 나타난다. 그러므로 a상에 흐르는 사고 전류의 최대값을 구하기 위해서는 도 7의 차단 모드의 각 서브 모드 1~3(t7~t10) 구간의 전류 해석이 필요하다. 한편, 상전압 Va는 교류 전원이므로 전류의 해석이 매우 복잡하나 DC 전압 Vm으로 계산하여도 무방하며, 이하, 상전압 Va를 Dc 전압 Vm으로 계산하도록 한다.

[0093] 도 9는 본 실시예에 따른 도 7에 도시된 차단장치(200)의 차단 모드의 각 서브 모드 중 제1 서브 모드에 대한 등가회로를 도시한 도면이다. 한편, 도 9는 도 7a 회로의 a상 등가회로를 도시하였다.

[0094] 도 9에서 상전류 ia는 수학식 6이 되며, SCR S11에 흐르는 전류 i_{S11}는 수학식 7이 된다. 한편, 수학식 6의 ia(t7)은 단락 사고로 판단하는 기준 전류이다.

수학식 6

[0095]
$$i_a(t) = \frac{V_m}{R_l} + (i_{a(t_7)} - \frac{V_m}{R_l})e^{-\frac{R_l}{L_l}(t-t^7)}$$

수학식 7

[0096]
$$i_{S11}(t) = C \cdot V_{S11} \cdot \delta(t)$$

[0097] 전류 i_{S11}은 수학식 7처럼 임펄스 전류가 되지만 상전류 ia를 초과하지 못하므로 SCR S11은 데미지를 받지 않는다. SCT T11에 흐르는 전류 i_{T11}은 t7에서 최대값을 가지게 되고 수학식 8을 만족하며 점차 감소하게 된다.

수학식 8

[0098]
$$i_a(t) = i_{S11}(t) + i_{T11}(t)$$

[0099] 도 10은 본 실시예에 따른 도 7에 도시된 차단장치(200)의 차단 모드의 각 서브 모드 중 제2 서브 모드에 대한 등가회로이다. 한편, 도 10의 (a)는 차단장치(200)의 차단 모드의 각 서브 모드 중 제2 서브 모드에 대한 3상 등가회로 이며, 도 10의 (b)는 도 10의 (a)의 등가회로의 불평형 전압을 보상한 3상 등가회로이다.

[0100] 도 10의 (a)에 도시하듯이, a상의 커패시터 전압 V_{C11}은 다른 상의 커패시터 전압 V_{C22}, V_{C32}와 전압 방향이 다르므로 n 지점의 전압이 불평형 상태이다. a상의 등가회로를 구하기 위해서는 n 지점의 전압이 평형 상태가 되어야 하므로 수학식 9와 수학식 10을 이용하여 커패시터의 보상 전압 V_{Ceq}를 구할 수 있다. Z는 선로 임피던스 R1, L1과 커패시터 C의 임피던스이며, 도 10의 (a)와 도 10의 (b)에 흐르는 각 상의 상전류는 같다.

수학식 9

$$\frac{V_n+V_a-V_{ch}}{Z}+\frac{V_n+V_b+V_{ch}}{Z}+\frac{V_n+V_c+V_{ch}}{z}=0$$

[0101]

수학식 10

$$V_{Ceq}=V_n=-\frac{V_{ch}}{3}$$
$$(V_a+V_b+V_c=0)$$

[0102]

[0103] 도 11은 본 실시예에 따른 도 10에 도시된 회로의 등가회로이다. 한편, 도 11은 도 10의 (b) 회로의 a상 라플라스 등가회로이다. 따라서 상전류 ia는 수학식 11이 되며 $I_{(t8)}$는 수학식 6으로부터 구할 수 있다.

수학식 11

$$I_a(s)=\frac{(V_m+sL_lI_{(t8)}+\frac{4}{3}V_{ch})}{L(S^2+\frac{R}{L}s+\frac{1}{LC})}$$

[0104]

[0105] 도 12는 본 실시예에 따른 도 7에 도시된 차단장치(200)의 차단 모드의 각 서브 모드 중 제3 서브 모드에 대한 등가회로이다.

[0106] 도 12에 도시하듯이, t9가 되면 C11과 C22에 충전되는 전압의 합($V_{C11}+V_{C22}$)이 배리스터의 제한 전압 V_v보다 커지므로 전류 i_{Rv}가 흐르게 된다. 전류 i_{Rv}는 제3 서브 모드에서 최대값을 가지며 커패시터 C는 역방향으로 최대 충전이 되므로 도 12의 전류 해석은 반드시 필요하다. 도 12의 회로는 불평형 회로이므로 a상의 등가회로는 다음과 같이 구할 수 있다.

[0107] 도 13은 본 실시예에 따른 도 12의 회로에 대한 등가회로이다. 한편, 도 13의 (a)는 도 12의 회로를 간단하게 나타낸 회로이며, 도 13의 (b)는 도 13의 (a) 회로에 대한 a상 등가회로이다.

[0108] 도 13의 (a)의 회로로부터 테브냉 정리를 이용하여 도 13의 (b) 회로의 Zv'를 구한다면 도 12의 a상 등가회로를 구할 수 있다. 도 13의 (a) 회로에서 xy 단자의 테브냉 등가 전압과 테브냉 등가 임피던스는 수학식 12와 수학식 13이 된다. 그리고, 도 13의 (b)의 회로에서 x'y' 단자의 테브냉 등가 전압과 테브냉 등가 임피던스는 수학식 14와 수학식 15가 된다.

수학식 12

$$V_{xy} = \frac{Z_b}{Z_a + Z_b}(V_a - V_b) = \frac{3Z_b V_a}{2(Z_a + Z_b)}$$

$$(V_a = -\frac{V_b}{2})$$

[0109]

수학식 13

$$Z_{xy} = \frac{2Z_a Z_b}{Z_a + Z_b}$$

[0110]

수학식 14

$$V_{x'y'} = \frac{Z_b}{Z_a + Z_b} V_a = \frac{2}{3} V_{xy}$$

[0111]

수학식 15

$$Z_{x'y'} = \frac{Z_a Z_b}{Z_a + Z_b}$$

[0112]

[0113] 한편, 도 13의 (a)의 회로의 전류 iv는 도 13의 (b)의 회로의 전류 iv'와 같아야 하므로 수학식 16이 되며, 수학식 16을 정리하면 Zv'는 수학식 17이된다.

수학식 16

$$i_v = i_{v'} = \frac{V_{xy}}{Z_{xy} + Z_v} = \frac{V_{x'y'}}{Z_{x'y'} + Z_{v'}}$$

[0114]

수학식 17

$$Z_{v'} = \frac{2}{3} Z_v + \frac{1}{3} \frac{Z_x Z_y}{Z_x + Z_y}$$

[0115]

[0116] 도 14는 본 실시예에 따른 수학식 17을 이용하여 구한 도 12의 회로에 대한 등가회로이다. 한편, 도 14는 본 실시예에 따른 수학식 17을 이용하여 구한 도 12의 회로의 a상 등가회로이다.

[0117] 도 14의 등가회로에서 상전류 ia를 구하기 위해서는 매우 복잡한 계산이 요구된다. 따라서, 도 14의 회로를 간소화할 필요가 있다. 도 14의 L1/3은 t9~t10 구간에서 매우 큰 임피던스로 동작하며 3C는 매우 작은 임피던스로 동작한다. 따라서, 도 14은 도 15와 같이 간소화할 수 있다.

[0118] 도 15는 본 실시예에 따른 도 14의 회로를 간소화한 도면이다.

[0119] 도 15의 상전류 ia와 도 12의 상전류 ia는 거의 같으며, 최대값의 차이는 수십 [mA] 이내로 매우 작다. 도 15의 전류식은 수학식 18, 19, 20과 같다.

수학식 18

$$I_a(s) = \frac{(V_m - \frac{2}{3} V_V + sL_l I_{(t9)})(s + \frac{1}{R_v' C})}{L_l s(s^2 + (\frac{R_l}{L_l} + \frac{1}{R_v' C})s + \frac{(R_l + R_v')}{R_v' L_l C})}$$

[0120]

수학식 19

$$I_{S11}(s) = \frac{(V_m - \frac{2}{3} V_V + sL_l I_{(t9)})}{L_l (s^2 + (\frac{R_l}{L_l} + \frac{1}{R_v' C})s + \frac{(R_l + R_v')}{R_v' L_l C})}$$

[0121]

수학식 20

$$i_{Rv}(t) = i_a(t) - i_{S11}$$

[0122]

[0123] 상전류 ia의 최대값은 L_l, V_V, C에 의해 결정되어지며, 각 소자의 용량에 따른 상전류 ia의 최대값은 도 16과 도

17이 된다.

[0124] 한편, 배리스터의 제한 전압 Vv와 저항 Rv에 따른 커패시터의 최대 전압은 도 18과 같다.

[0125] 도 19는 본 실시예에 따른 도 5의 회로에 대한 등가회로이다. 한편, 도 19는 본 실시예에 따른 차단장치가 재충전 모드로 동작 시 방전된 커패시터 C11를 재충전하는 도 5a의 회로에 대한 등가회로이다.

[0126] 재충전 모드는 충전 모드와는 달리 커패시터가 역방향으로 충전이 되어있다. 따라서, 도 19에서 선간 전압 Vca는 배리스터 제한 전압 Vv보다 작으나 수학식 21을 만족하면 커패시터의 재충전이 시작된다.

수학식 21

[0127] $$V_{ca}(t)+V_{C\max}\geq V_v$$

[0128] 도 19의 회로에서 입력 전압 Vca는 수학식 22가 되며, 재충전 전류 ich3은 수학식 23이 된다. 이때, 커패시터에 충전되는 최종 전압은 충전 모드의 수학식 4와 같다.

수학식 22

[0129] $$V_{ca}(t)=V_{ca}\sqrt{2}\sin(\omega t+\theta_2)$$

수학식 23

[0130] $$I_{ch3}(s)=\frac{sV_{ca}\sqrt{2}(\omega\cos\theta+s\sin\theta)+(V_{C\max}-V_v)(s^2+\omega^2)}{2L_l(s^2+\omega^2)(s^2+\frac{2R_l+R_v}{2L_l}s+\frac{1}{2L_lC})}$$

[0131] 배리스터 제한 전압 Vv와 커패시어 C는 차단 모드에서 선정되므로 커패시터의 재충전 시간은 저항 Rv를 이용하여 제어할 수 있다. 저항 Rv가 크면 커패시터의 재충전 시간이 길어지고, 커패시터의 최대 전압이 커지게 된다. 따라서, 저항 Rv는 수학식 5를 만족하는 범위 내에서 최저 저항값으로 선정한다.

[0132] 도 20은 본 실시예에 따른 차단장치 및 그를 이용한 접지 방식의 전력공급장치에서 지락 사고가 발생한 경우를 예시한 도면이다. 한편, 도 20에서는 본 실시예에 따른 접지 방식의 전력공급장치(900)의 부하(800) 측에서 지락 사고가 지속되고 있는 상황에서 차단장치가 재충전 모드로 동작 시의 전류의 흐름을 추가로 도시하였다. 또한, 도 20에서는 차단장치(200)에 포함된 제1 차단제어 유닛(300)이 제1 방향으로 통전되고, 제2 차단제어 유닛(400) 및 제3 차단제어 유닛(500)이 제2 방향으로 통전되는 도중에 지락이 발생하는 경우를 예시하였다.

[0133] 한편, 도 20에 도시된 차단장치 및 전력공급장치는 별도의 도면 부호가 도시되지 않았지만, 도 1에 도시된 도면 부호와 동일한 도면 부호가 적용된다. 또한, 도 20에서는 제어부 및 센싱부를 도시하지 않았지만, 실질적으로는 도 1에 도시된 바와 같이 제어부 및 센싱부가 구비된다.

[0134] 본 실시예에 따른 전력공급장치(900)가 접지 방식으로 구현되는 경우, 차단장치(200)는 구조적으로, 도 1 및 도 2에 도시된 차단장치(200)와 동일한 구조로 구현되며, 마찬가지로, 차단장치(200)가 충전모드 및 차단모드로 동작 시의 동작 방식은 도 1 및 도 2에 명시된 바와 동일하다. 다만, 본 실시예에 따른 접지 방식의 전력공급장치(900)의 부하(800) 측에서 지락 사고가 지속되고 있는 상황에서 차단장치가 재충전 모드로 동작 시, 도 20에 도

시된 바와 같은 전류의 흐름이 발생하여, 커패시터의 재충전이 이루어지지 않는다. 즉, 접지 방식의 전력공급장치(900)에서 지락 사고가 유지되고 있는 상태에서 차단장치(200)가 재충전 모드로 동작하는 경우, 도 1 및 도 2에 명시된 바와 같은 방식으로 각 차단제어 유닛의 메인 전력공급부의 제2 메인 스위칭 소자를 턴 온 하더라도 제2 보조 커패시터의 충전이 이루어지지 않으며, 이에, 사고의 재차단이 불가능해진다. 하지만, 본 실시예에 따른 전력공급장치(900)가 접지 방식인 경우에도 제안한 차단장치(200)가 적용 가능해야 한다. 이하, 도 21 및 도 22를 이용하여 본 실시예에 따른 차단장치(200)가 전력공급장치(900)가 접지 방식인 경우에 커패시터를 재충전하는 방법에 대해 설명하도록 한다.

[0135] 도 21은 본 실시예에 따른 접지 방식의 전력공급장치(900)에서 차단장치(200)가 재충전 모드로 동작하는 제1 방법을 예시한 도면이다. 도 22는 본 실시예에 따른 차단장치(200)가 재충전 모드에서 제1 방법으로 동작하는 경우, 방전된 커패시터가 재충전되는 루프를 예시한 예시도이다. 한편, 도 22는 본 실시예에 따른 차단장치(200)가 재충전 모드에서 제1 방법으로 동작하는 경우, 제2 차단제어 유닛의 제2 보조 커패시터(C22)가 재충전되는 루프를 예시한 예시도이다.

[0136] 본 실시예에 따른 차단장치(200)는 재충전 모드로 동작 시, 도 21에 도시된 제1 방법에 의한 재충전 모드처럼 재충전 모드 시작 시(t13) 각 차단제어 유닛의 제2 메인 스위칭 소자를 바로 턴 온하지 않고 약 2 내지 3싸이클 동안 무신호 구간을 가진다(t13~t15). 한편, 앞서 본 실시예의 경우, 차단장치(200)에 포함된 제1 차단제어 유닛(300)이 제1 방향으로 통전되고, 제2 차단제어 유닛(400) 및 제3 차단제어 유닛(500)이 제2 방향으로 통전되는 도중에 지락이 발생한 경우를 예시하였다. 이에, 각 차단제어 유닛의 제2 메인 스위칭 소자가 턴 온되는 시점을 제1 차단제어 유닛(300)에 공급되는 제1 상의 교류 입력전원(Va)과 다른 어느 한 상의 교류 입력전원(Vc) 사이의 선간전압을 기준으로 설명하도록 한다. 즉, 각 차단제어 유닛의 제2 메인 스위칭 소자는 지락에 따른 사고 전류가 차단된 후 공급되는 제1 상의 교류 입력전원(Va)과 다른 어느 한 상의 교류 입력전원(Vc) 사이의 선간전압의 부호가 바뀌는 시점(t13)을 기준으로 2 내지 3 싸이클 이후의 시점인 제1 시점(t15)에 턴 온된다. 이 경우, 도 22에 도시된 바와 같이, 차단장치(200) 제2 차단제어 유닛의 제2 보조 커패시터(C22)는 t13을 기준으로 2 내지 3싸이클 이후의 시점인 t15 사이에 공급되는 다른 상의 상전압(Va-Vv)에 의해 재충전이 이루어지며, 이와 같은 원리에 의해, t13~t15 구간에서 제1 내지 제3 차단제어 유닛의 제2 보조 커패시터(C12, C22, C32)가 순차적으로 재충전이 이루어진다. 이때, 각 차단제어 유닛의 제2 보조 커패시터의 재충전 전압이 사고 차단 가능한 최소 전압으로 선정된다면, 차단장치(200)는 지락사고가 지속되더라도 재투입과 재차단 동작이 가능하게 된다.

[0137] 한편, 본 실시예에 따른 차단장치(200)는 각 차단제어 유닛의 제2 보조 커패시터가 재충전된 이후, 즉, t15 시점에서 각 차단제어 유닛의 제2 메인 스위칭 소자를 턴 온함으로써 도 20의 경우와 같은 전류의 흐름의 지속 여부, 예컨대, 지락의 지속 여부를 판단한다. 이후, 차단장치(200)는 도 20의 경우와 같이 지락 사고가 다시 검출이 된다면 t13~t15 구간에서 재충전된 커패시터를 이용하여 차단 모드로 재동작한다. 이때, 차단장치(200)가 재충전 모드의 제1 시점에서 각 차단제어 유닛의 제2 메인 스위칭 소자를 턴 온하는 것은 하나의 재투입 동작과 같으며, 이를 통해, 본 실시예에 따른 차단장치(200)는 재투입과 재차단 동작이 가능하다.

[0138] 도 23은 본 실시예에 따른 접지 방식의 전력공급장치(900)에서 차단장치(200)가 재충전 모드로 동작하는 제2 방법을 예시한 도면이다. 도 24는 본 실시예에 따른 차단장치(200)가 재충전 모드에서 제2 방법으로 동작하는 경우, 지락 사고의 지속 여부를 검출하는 루프를 예시한 예시도이다.

[0139] 본 실시예에 따른 차단장치(200)의 제2 방법에 의한 재충전 모드는 차단장치(200)가 지락 사고를 직접 검출하고, 이후, 지락 사고가 검출되지 않으면, 차단장치(200)가 차단 모드에서 사용된 차단장치(200)의 커패시터를 재충전하는 방식이다. 본 실시예에 따른 접지 방식의 전력공급장치의 부하(800) 측에서 지락 사고가 지속되고 있는 상황에서 차단장치(200)가 재충전 모드로 동작 시, 도 20에 도시된 바와 같은 전류의 흐름이 발생하여, 커패시터의 재충전이 이루어지지 않는다.

[0140] 본 실시예에 따른 차단장치(200)는 제2 방법에 의한 재충전 모드로 동작 시, 도 23에 도시된 바와 같이 우선적으로 각 차단제어 유닛의 제1 메인 스위칭 소자를 턴 온한다. 한편, 앞서 본 실시예의 경우, 차단장치(200)에 포함된 제1 차단제어 유닛(300)이 제1 방향으로 통전되고, 제2 차단제어 유닛(400) 및 제3 차단제어 유닛(500)이 제2 방향으로 통전되는 도중에 지락이 발생한 경우를 예시하였다. 이에, 각 차단제어 유닛의 제1 메인 스위칭 소자가 턴 온되는 시점을 제1 차단제어 유닛(300)에 공급되는 제1 상의 교류 입력전원(Va)과 다른 어느 한 상의 교류 입력전원(Vc) 사이의 선간전압을 기준으로 설명하도록 한다. 즉, 각 차단제어 유닛의 제1 메인 스위칭 소자는 지락에 따른 사고 전류가 차단된 후 공급되는 제1 상의 교류 입력전원(Va)과 다른 어느 한 상의 교류

입력전원(Vc) 사이의 선간전압의 부호가 바뀌는 시점(t13)에 턴 온된다. 이 경우, 도 24에 도시된 바와 같이, 지락 사고 전류가 흐르게 되며, 이를 통해, 지락 사고 지점의 검출이 가능하다. 이때, 각 차단제어 유닛의 제1 보조 커패시터는 지락 사고에 관계없이 각각에 대응되는 선간전압에 의해 자연 재충전이 이루어지므로, 차단장치(200)는 사고 전류가 재검출되는 경우, 각 차단 제어 유닛의 제1 보조 스위칭 소자를 턴 온함으로써 사고 전류를 재차단할 수 있다. 따라서, 차단장치(200)는 각 차단제어 유닛의 제1 메인 스위칭 소자를 지속적으로 턴 온하여 지락 사고의 지속 여부를 검출할 수 있다.

[0141] 이후, 차단장치(200)는 지락 사고가 정상 복구가 되면, 각 차단제어 유닛의 제2 메인 스위칭 소자를 턴 온하여 각 차단제어 유닛의 제2 보조 커패시터를 재충전하게 된다. 여기서, 차단장치(200)가 제1 메인 스위칭 소자를 동시에 턴 온하는 동작은 일종의 재투입 동작이라 할 수 있다. 이와 같이, 본 실시예에 따른 차단장치(200)는 전력공급장치(900)가 접지 방식으로 구현되는 경우에도 재투입과 재차단의 동작 책무를 수행할 수 있다.

[0142] 도 25는 본 실시예에 따른 차단장치(200)가 전력 계통의 사고 발생 시 사고 전류를 차단하는 방법을 설명하기 위한 순서도이다. 한편, 차단장치(200)는 차단장치(200) 내에 구비된 차단제어 유닛을 이용하여 사고 전류를 차단하며, 차단제어 유닛의 구성은 도 1에 명시된 바와 동일하다. 또한, 도 25에 명시된 사고 전류의 차단 방법은 전력 계통 즉, 전력공급장치가 비접지 방식 또는 접지 방식으로 구현되는 경우 모두 적용 가능하다.

[0143] 본 발명의 일 실시예에 따른 사고 전류를 차단하는 방법은 차단장치(200)가 다른 상의 교류 입력과 어느 한 상의 교류 입력 사이의 선간전압에 의해 제1 차단부를 충전하는 과정으로부터 시작된다(S2510).

[0144] 차단장치(200)는 메인 전력공급부가 제2 방향으로 통전되도록 하여 제2 차단부가 다른 상의 교류 입력과 어느 한 상의 교류 입력 사이의 선간전압에 의해 충전되도록 제어한다(S2520).

[0145] 차단장치(200)는 제1 차단부 및 제2 차단부가 충전되었다고 판단된 경우에 스위칭 제어에 의해 메인 전력공급부가 양방향으로 통전되도록 하여 부하에 전류가 공급되도록 제어한다(S2530).

[0146] 차단장치(200)는 전력 계통의 사고 감지 시 메인 전력공급부의 통전방향에 기초하여 제1 차단부 또는 제2 차단부 중 어느 하나의 차단부를 동작시켜 메인 전력공급부의 제1 방향에 대한 역 바이어스 전압 또는 메인 전력공급부의 제2 방향에 대한 역 바이어스 전압이 발생되도록 제어한다(S2540).

[0147] 차단장치(200)는 어느 하나의 차단부가 제1 차단부인 경우 모든 스위치를 턴 오프하여 제1 차단부를 다른 상의 교류 입력과 어느 한 상의 교류 입력 사이의 선간전압에 의해 재충전한다(S2550).

[0148] 차단장치(200)는 어느 하나의 차단부가 제2 차단부인 경우 제2 메인 스위칭 소자를 턴 온하여 제2 차단부를 다른 상의 교류 입력과 어느 한 상의 교류 입력 사이의 선간전압에 의해 재충전한다(S2560).

[0149] 여기서, 단계 S2510 내지 S2560의 과정은 앞서 설명된 차단장치(200)의 동작 과정과 중복되므로 더 이상의 상세한 설명은 생략한다. 또한, 도 25에서는 차단장치(200)가 단계 S2510 내지 S2560의 과정만을 수행하는 것으로 명시하였으나, 반드시 이에 한정되지 않으며, 단계 S2560 이후에 부하(800)에 전력을 재공급하는 재투입 동작 및 재투입 결과에 따라 사고 전류를 재차단하는 재차단 동작을 추가로 수행할 수 있다.

[0150] 이상의 설명은 본 발명의 실시예의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명의 실시예가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 실시예의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명의 실시예들은 본 발명의 실시예의 기술사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 실시예의 기술사상의 범위가 한정되는 것은 아니다.

부호의 설명

[0151] 100: 전력공급장치 110: 입력전원부

120: 입력부하 200: 차단장치

300: 제1 차단제어 유닛 310: 메인 전력공급부

320: 제1 차단부 330: 제2 차단부

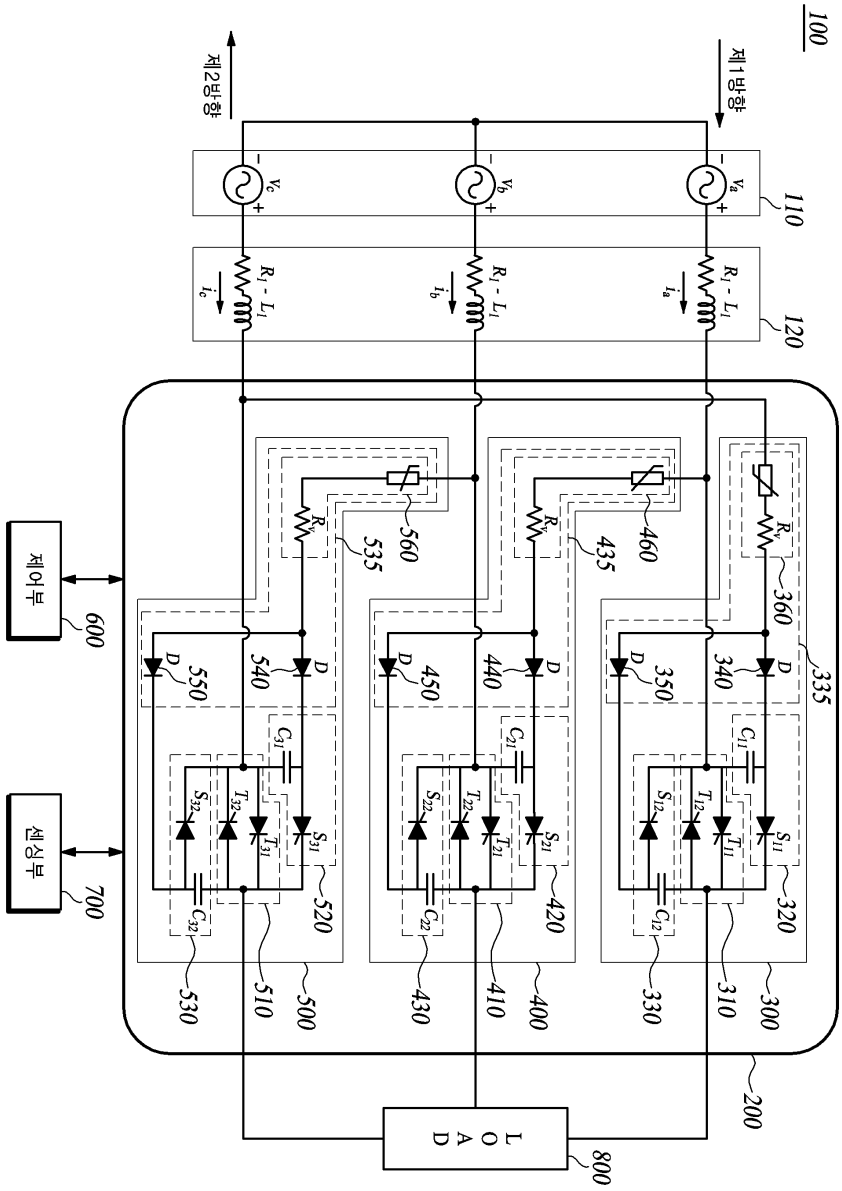
335: 충전부 400: 제2 차단제어 유닛

500: 제3 차단제어 유닛 600: 제어부

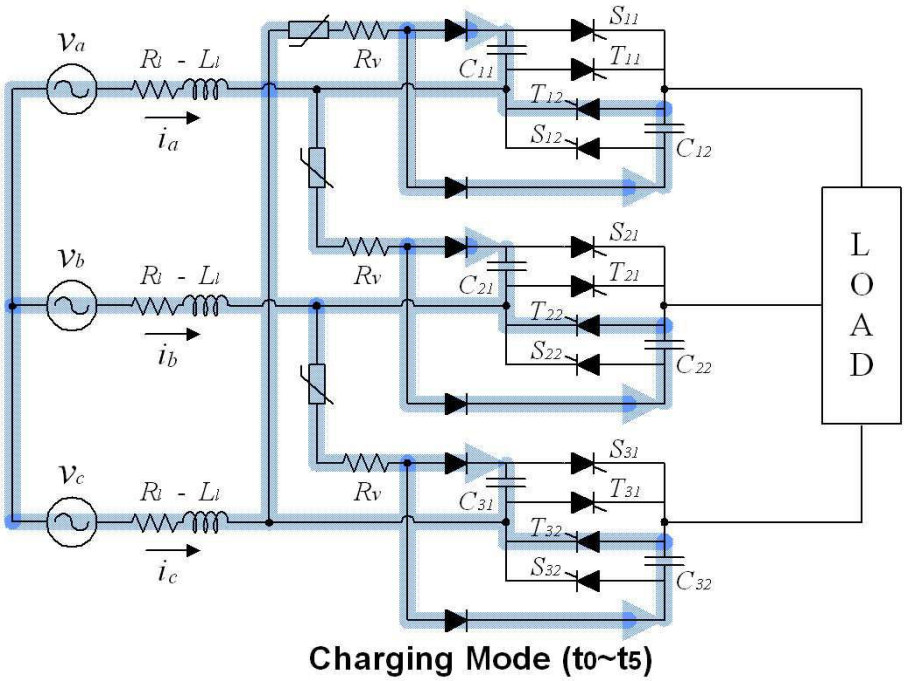
700: 센싱부 800: 부하

도면

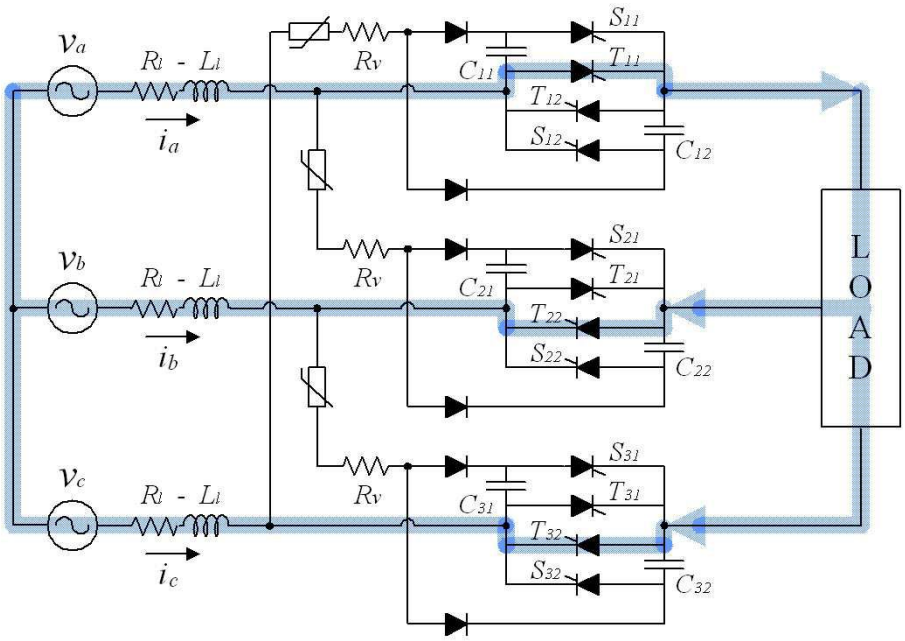
도면1



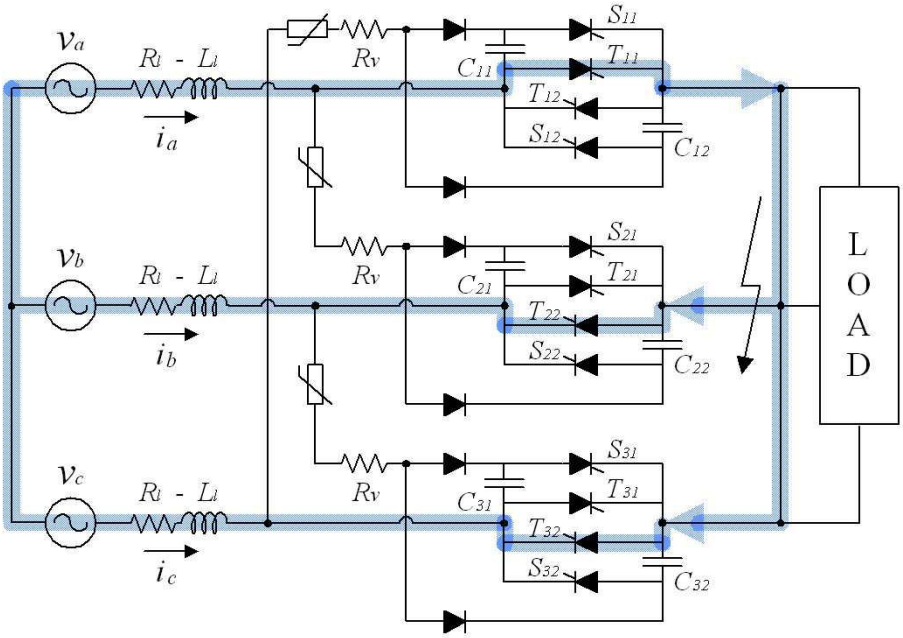
도면2a


v_a
v_b
v_c
R_l - L_l
i_a
i_b
i_c
R_v
C_{11}
C_{21}
C_{31}
S_{11}
T_{11}
T_{12}
S_{12}
C_{12}
S_{21}
T_{21}
T_{22}
S_{22}
C_{22}
S_{31}
T_{31}
T_{32}
S_{32}
C_{32}
LOAD
Charging Mode (t_0~t_5)

도면2b

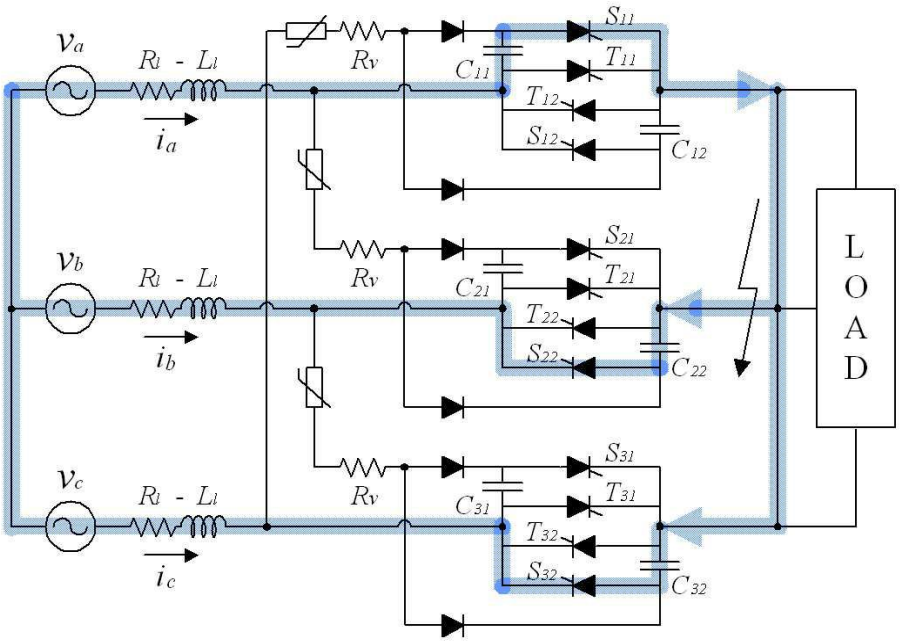


(a) Normal Mode (t_5~t_6)

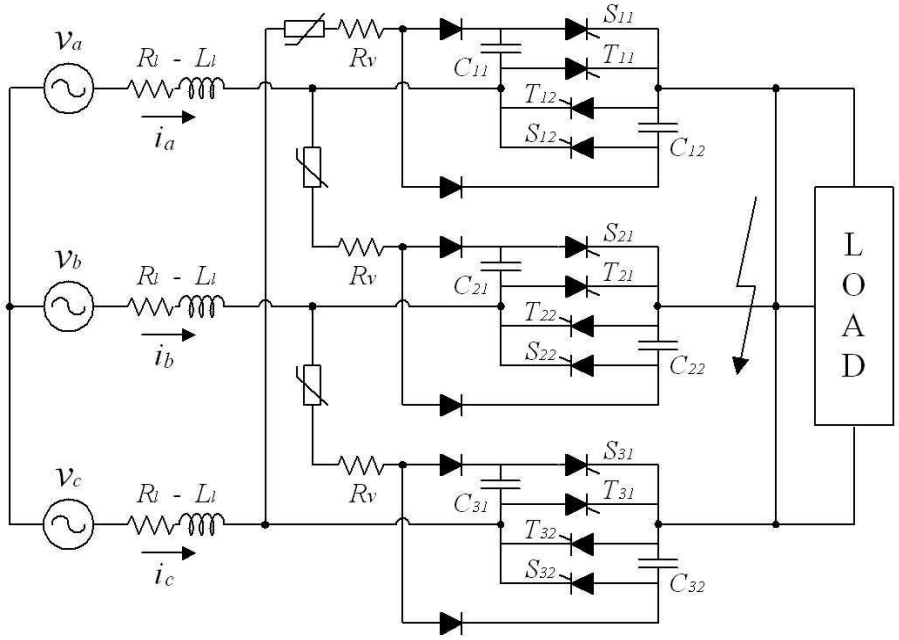


(b) Normal Mode (short fault : t_6~t_7)

도면2c

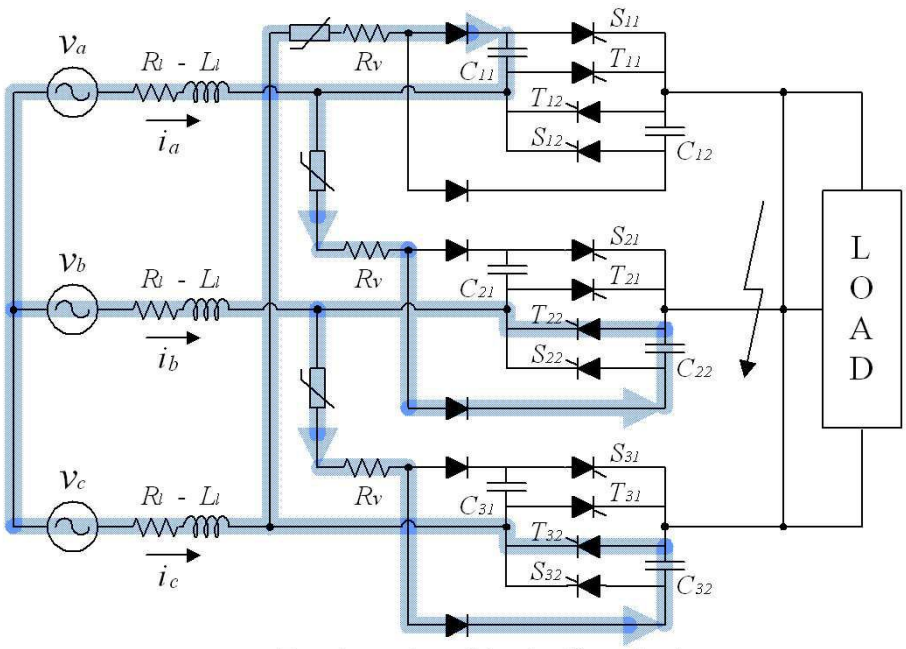


(a) Breaking Mode (t_7~t_{12})



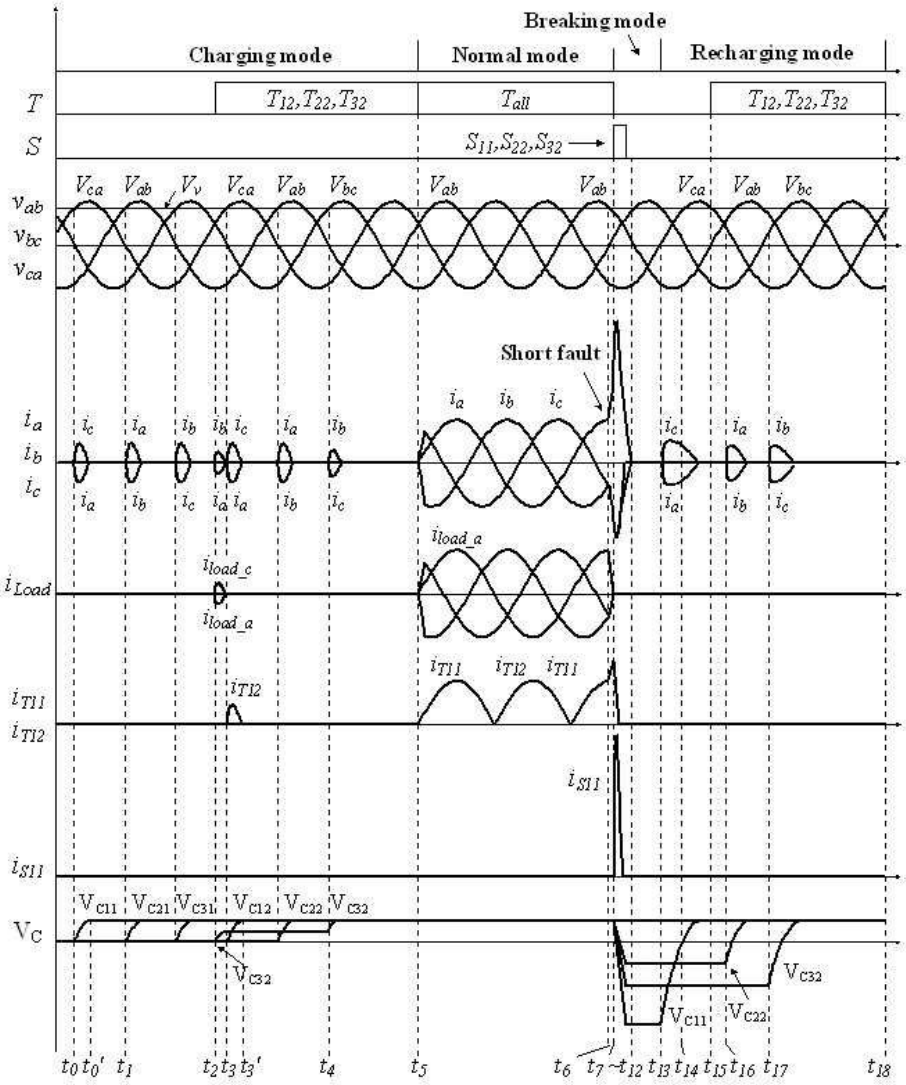
(b) Breaking Mode (t_{12}~t_{13})

도면2d

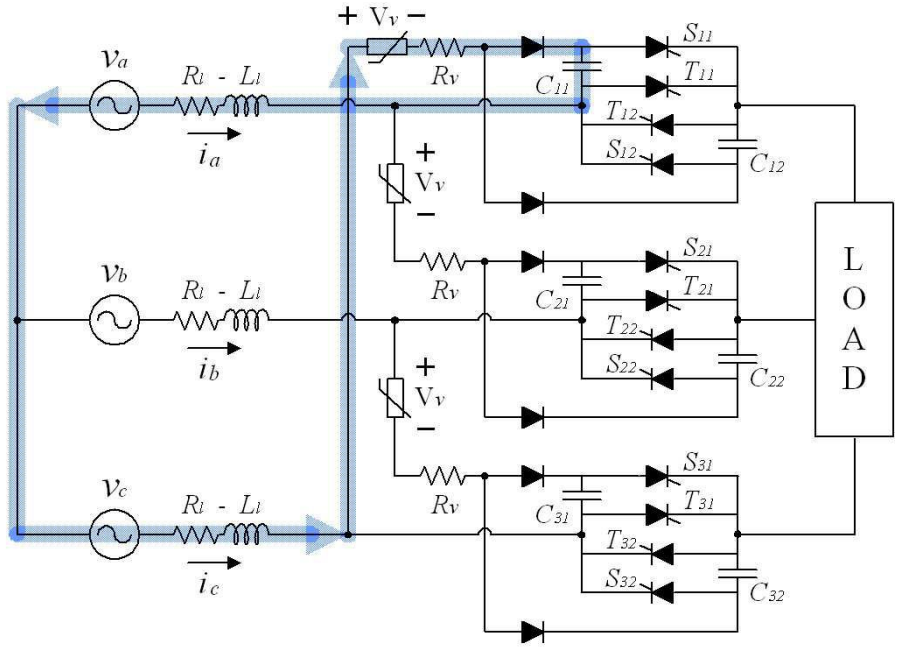


Recharging Mode (t_{13}~t_{18})

도면3

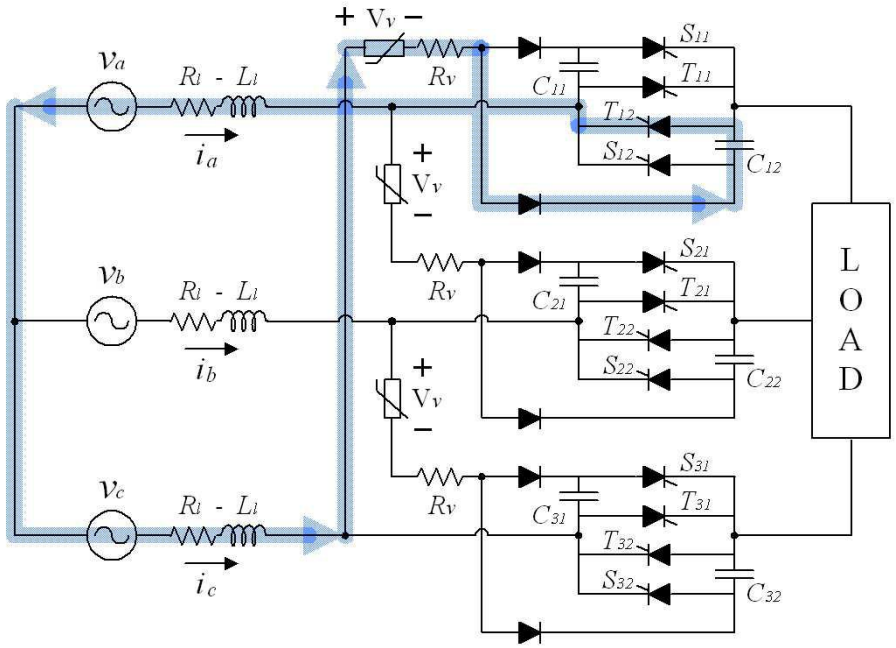

Breaking mode
Charging mode
Normal mode
Recharging mode
T
S
T_{12}, T_{22}, T_{32}
T_{all}
S_{11}, S_{22}, S_{32}
v_{ab}
v_{bc}
v_{ca}
Short fault
i_a
i_b
i_c
i_{load_c}
i_{load_a}
i_{Load}
i_{T11}
i_{T12}
i_{S11}
V_C
V_{C11} V_{C21} V_{C31} V_{C12} V_{C22} V_{C32}
t_0 t_0' t_1 t_2 t_3 t_3' t_4 t_5 t_6 t_7 ~t_{12} t_{13} t_{14} t_{15} t_{16} t_{17} t_{18}

도면4a



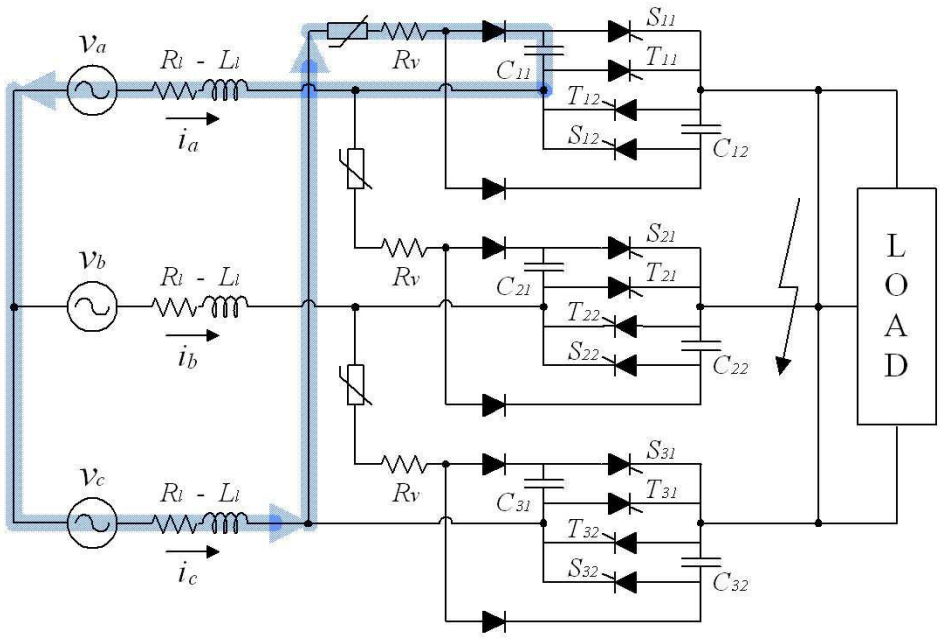
Charging loop of C11 (t0~t0')

도면4b



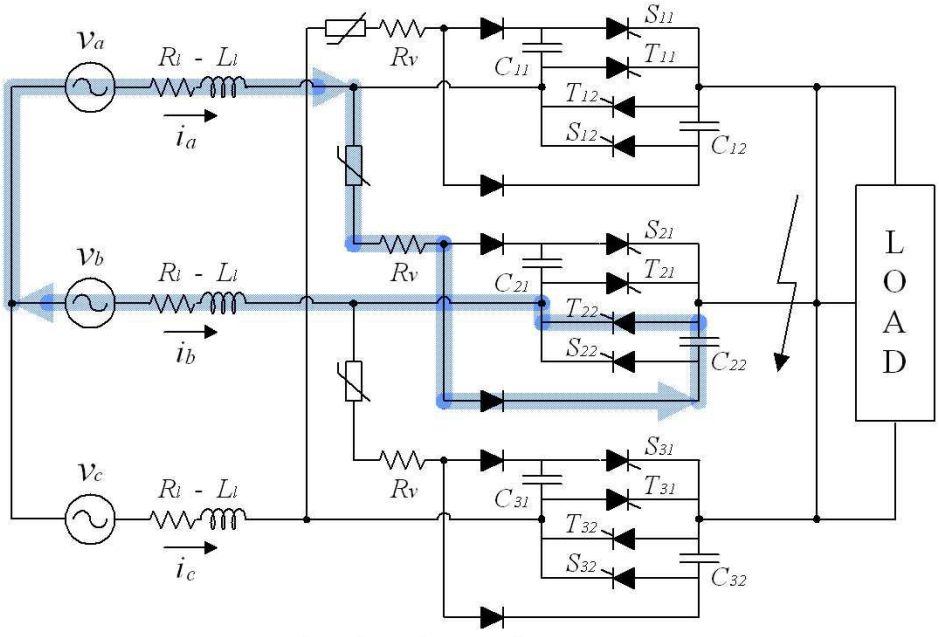
Charging loop of C12 (t3~t3')

도면5a



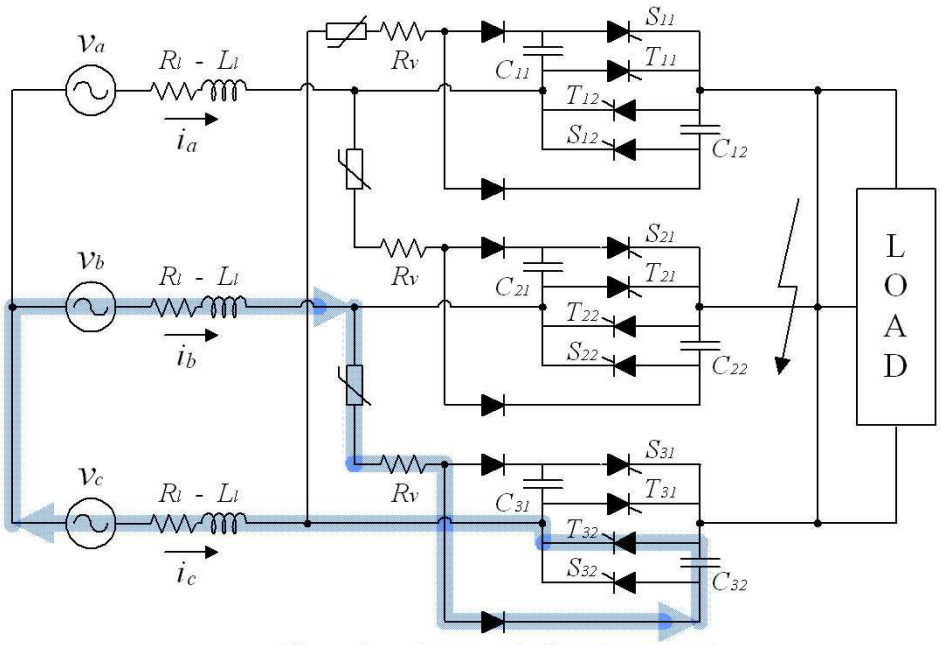
Charging loop of C_{11} ($t_{13} \sim t_{15}$)

도면5b



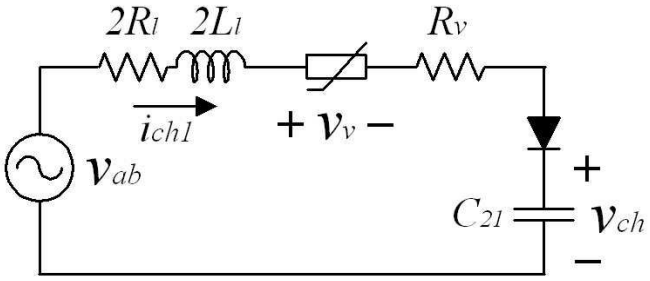
Charging loop of C_{22} ($t_{16} \sim t_{17}$)

도면5c

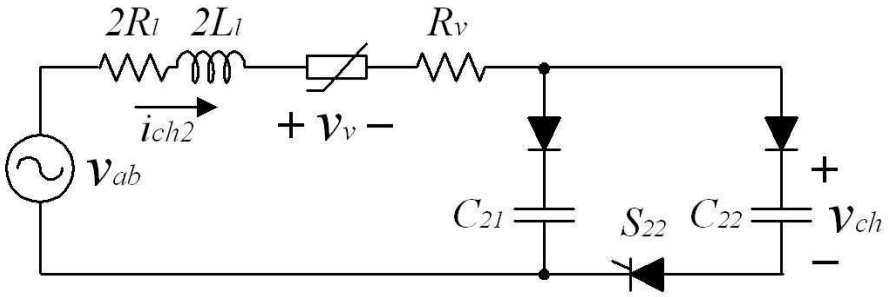


Charging loop of C_{32} ($t_{17} \sim t_{18}$)

도면6

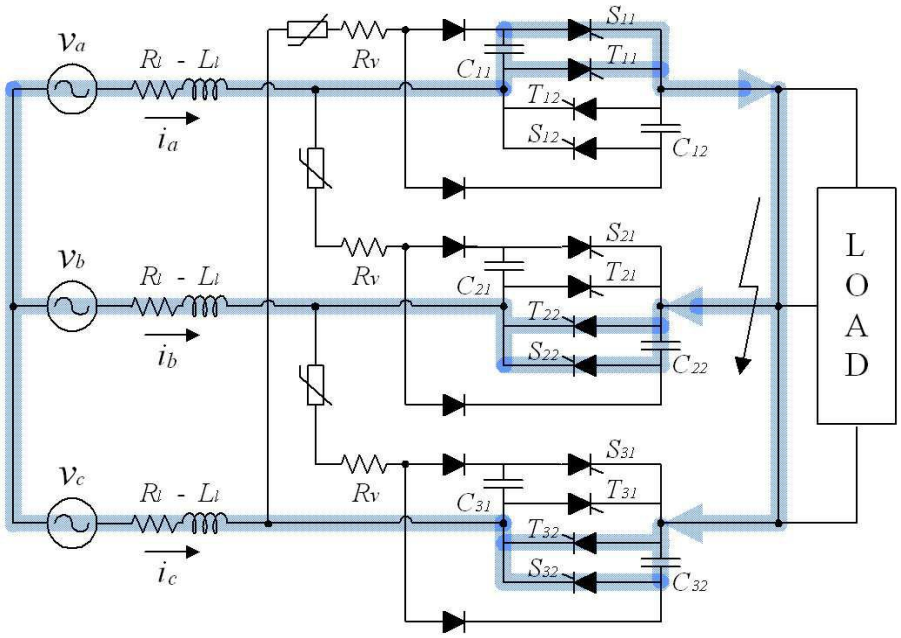


(a) C_{21} charging circuit



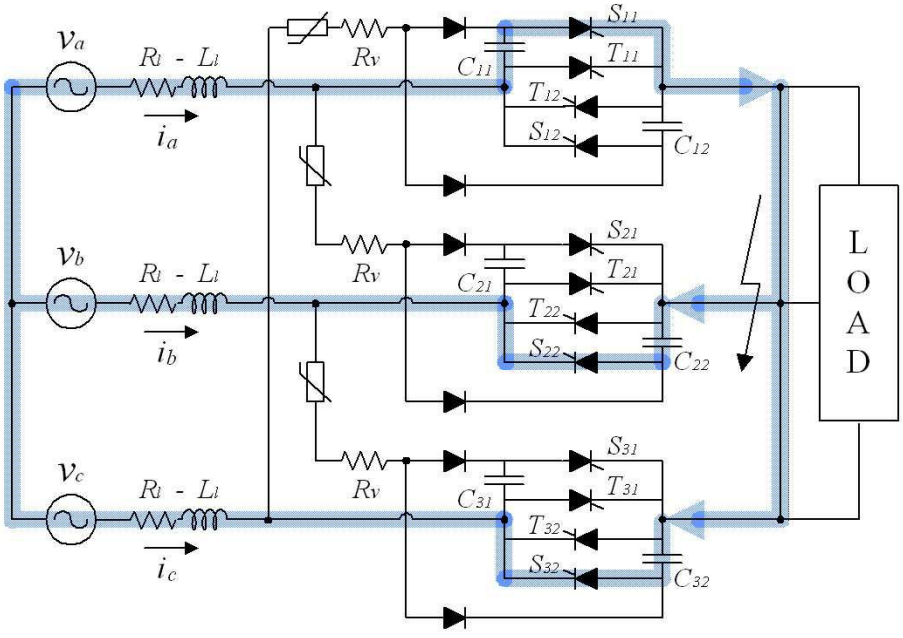
(b) C_{21}, C_{22} charging circuit

도면7a



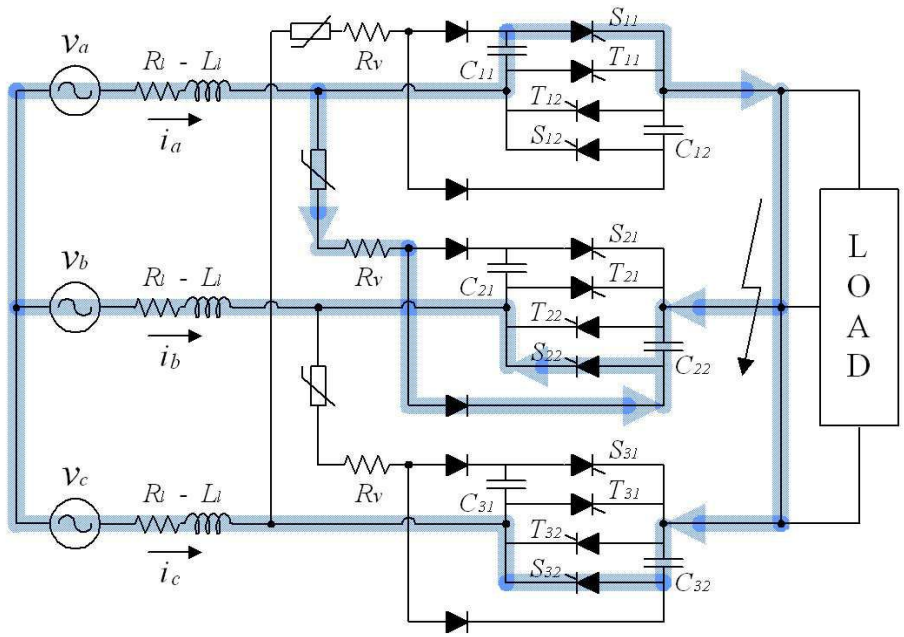
Sub Mode 1 (Breaking Mode : t_7~t_8)

도면7b



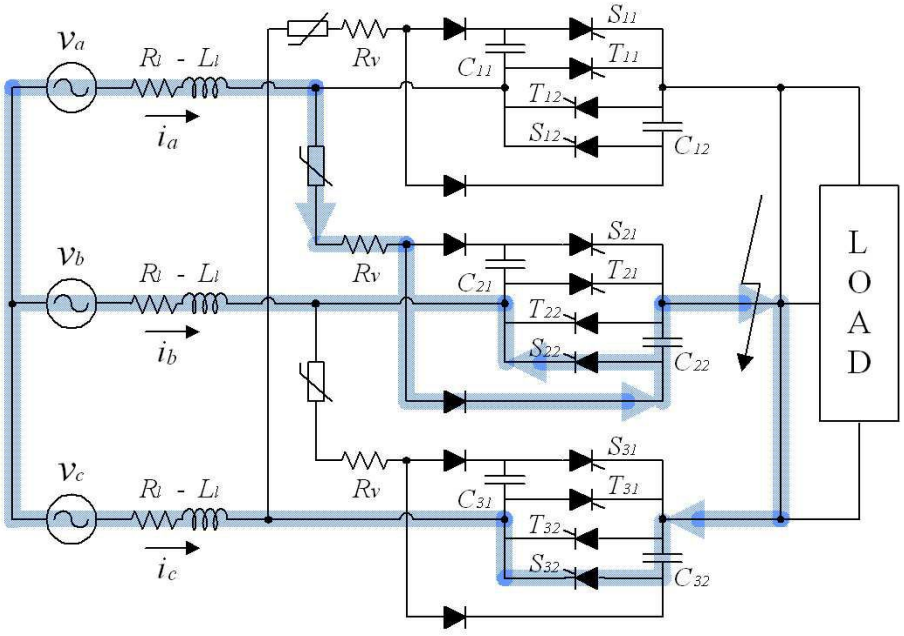
Sub Mode 2 (Breaking Mode : t_8~t_9)

도면7c



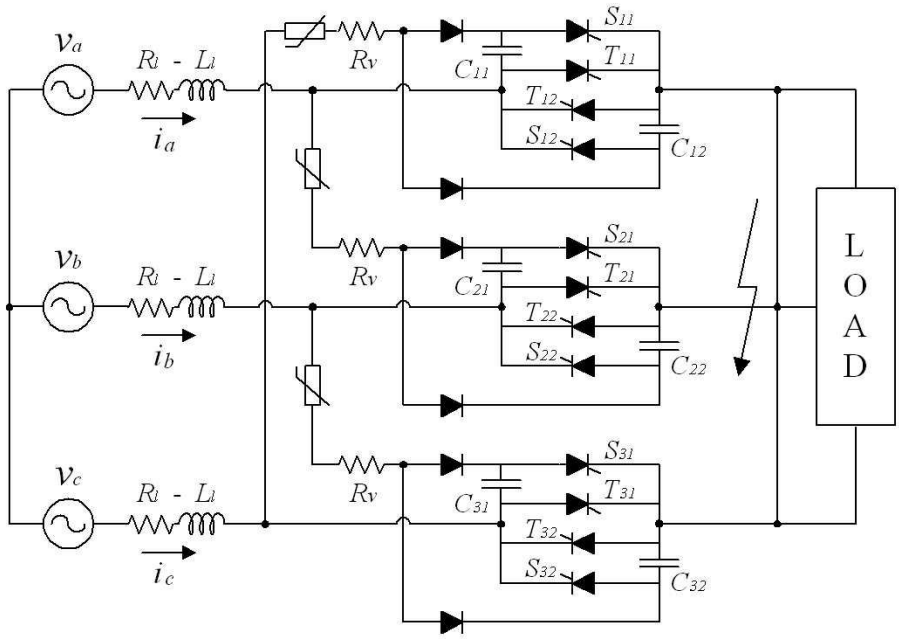
Sub Mode 3 (Breaking Mode : t_9~t_{10})

도면7d



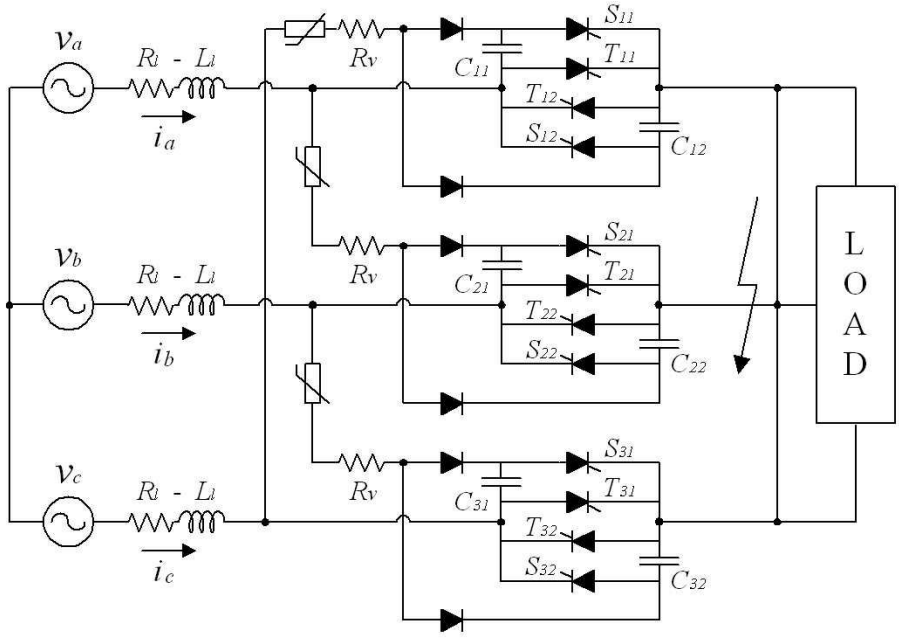
Sub Mode 4 (Breaking Mode : t_{10}~t_{11})

도면7e



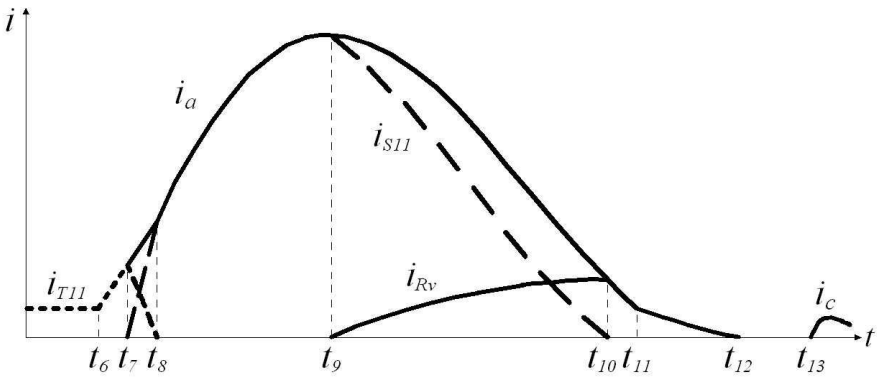
Sub Mode 6 (Breaking Mode : t_{12}~t_{13})

도면7f

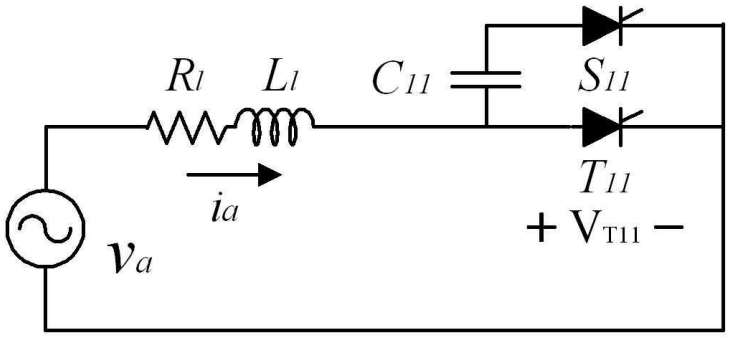


Sub Mode 6 (Breaking Mode : t_{12}~t_{13})

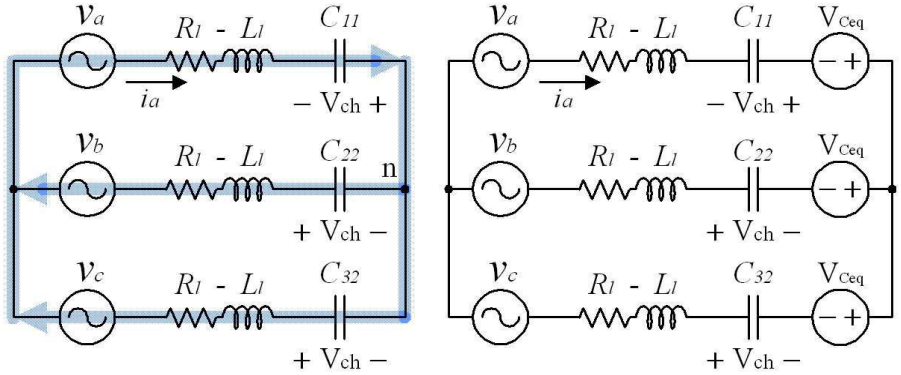
도면8



도면9

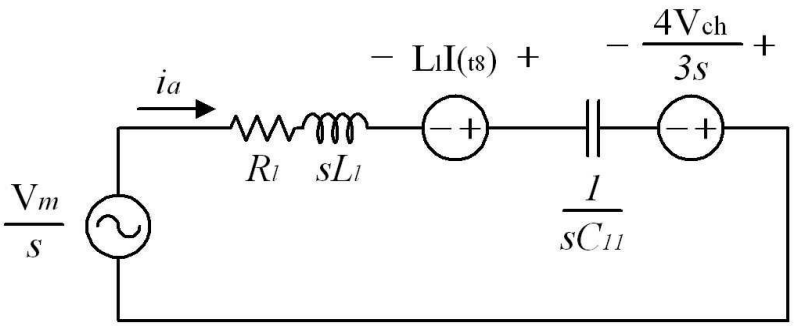


도면10

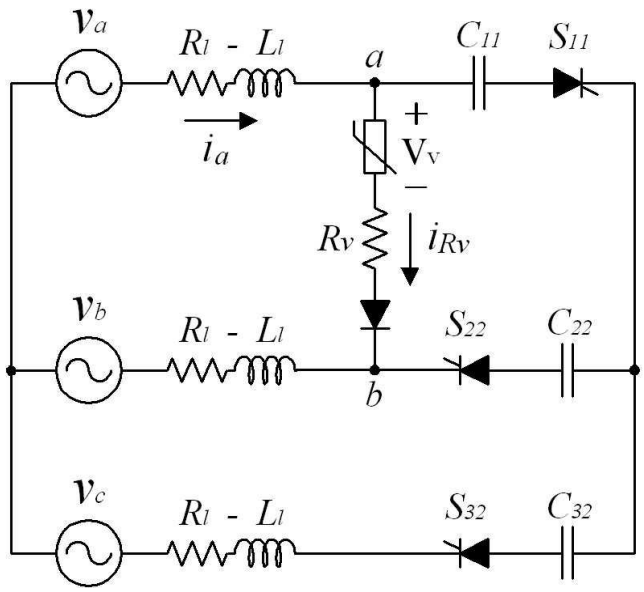


(a) Equivalent circuit of Mode 2 (b) Voltage balance circuit of Mode 2

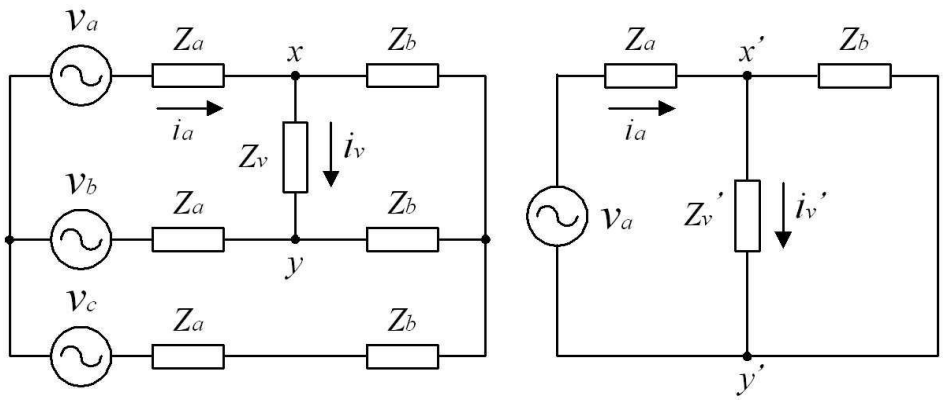
도면11



도면12

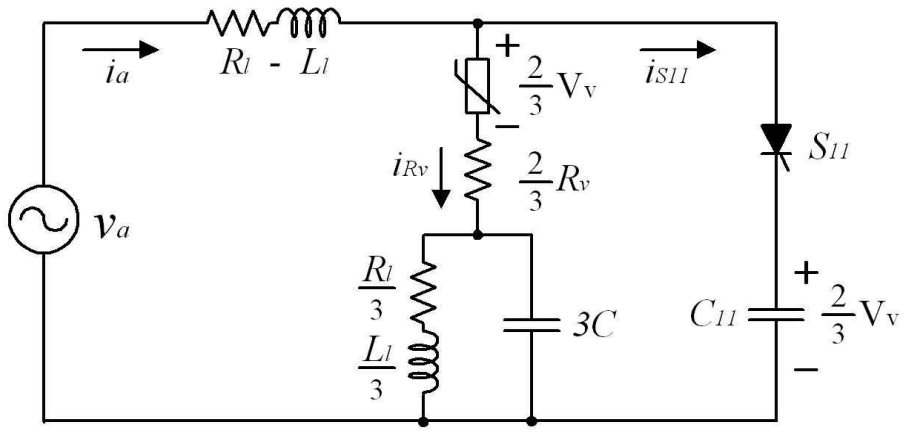


도면13

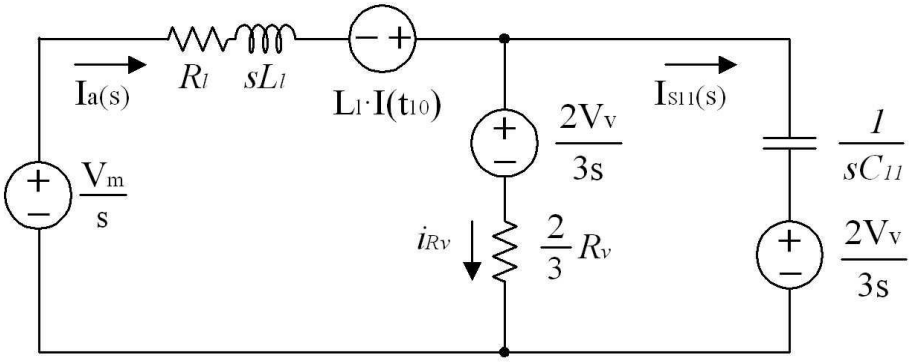


(a) 3 Phase circuit including Zv (b) a Phase circuit including Zv'

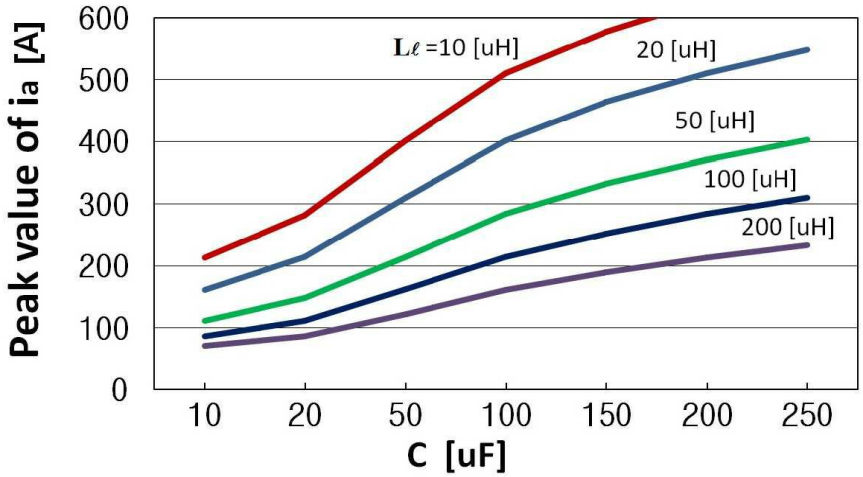
도면14



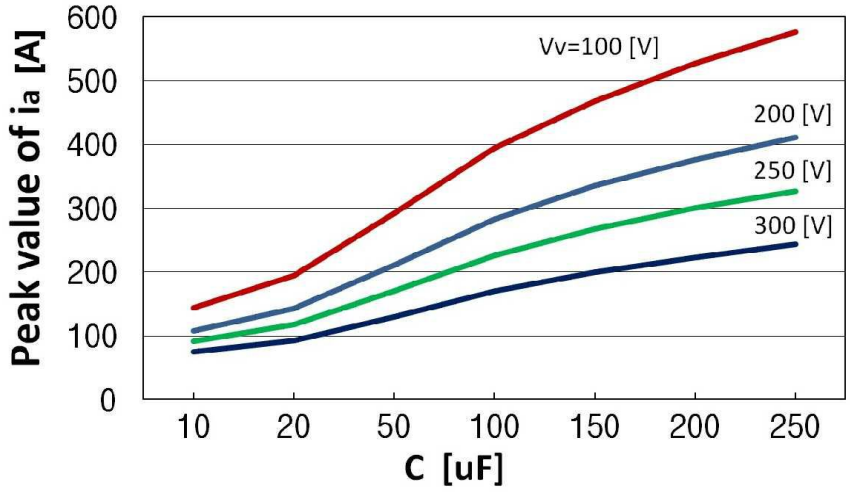
도면15



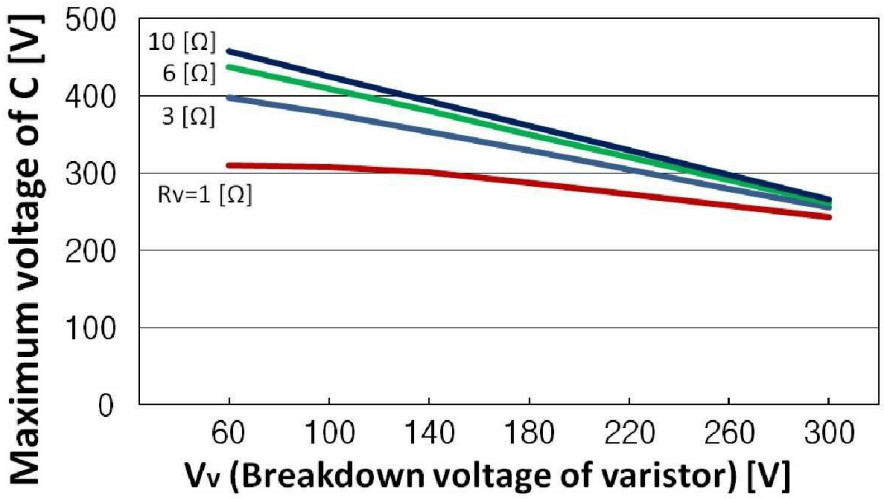
도면16



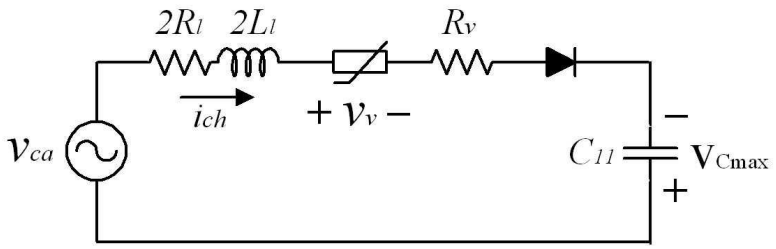
도면17



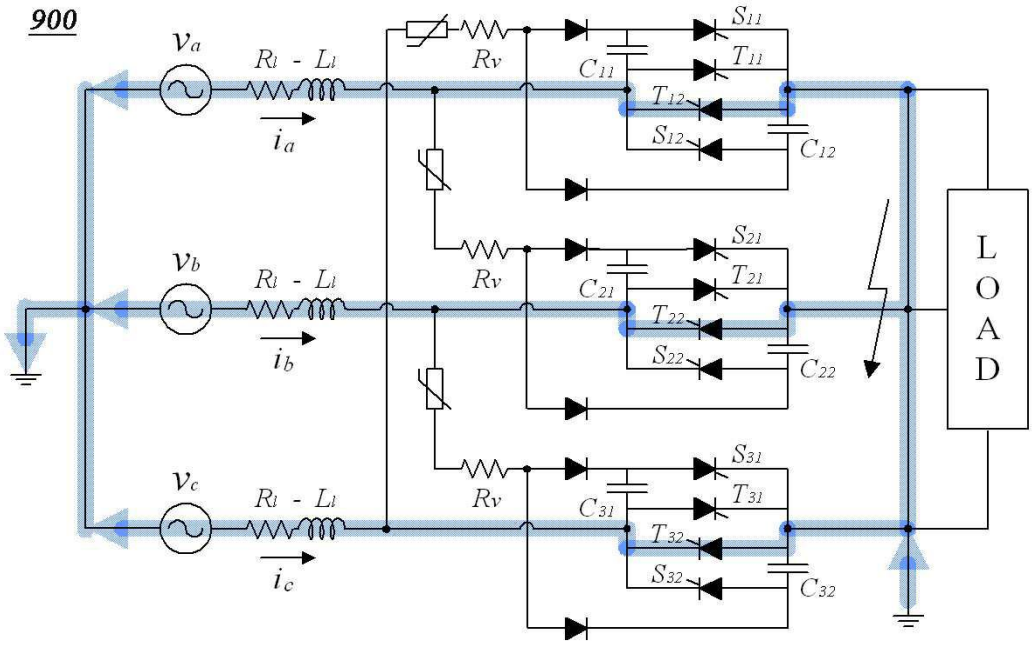
도면18



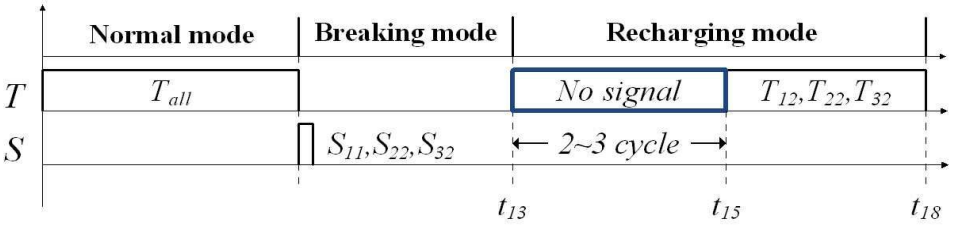
도면19



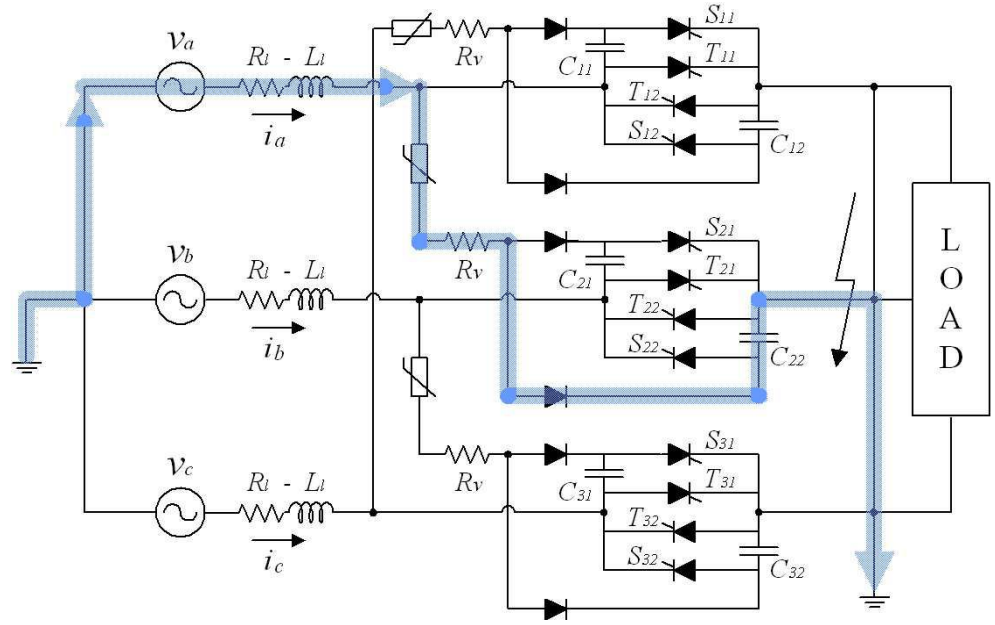
도면20



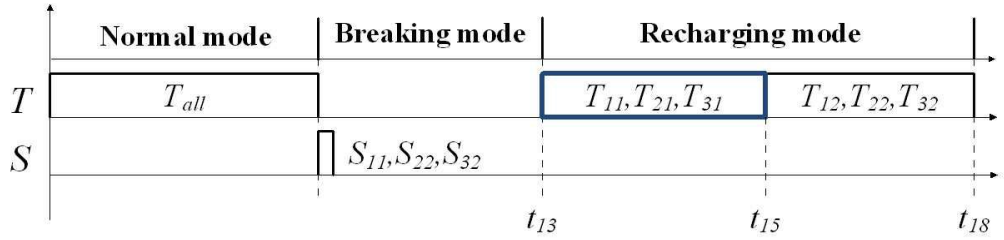
도면21



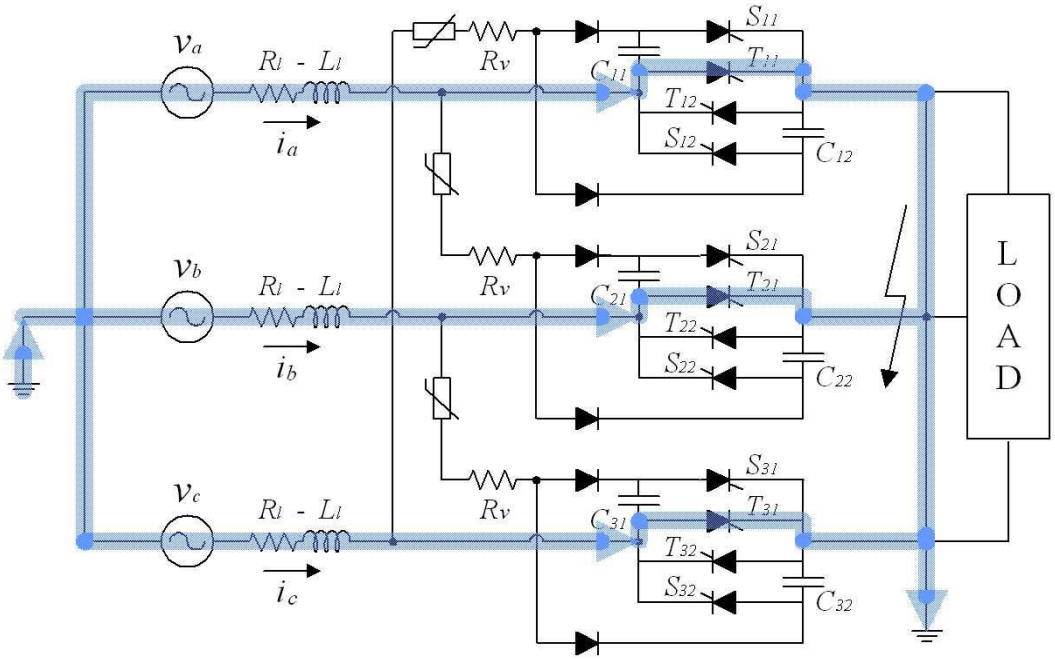
도면22



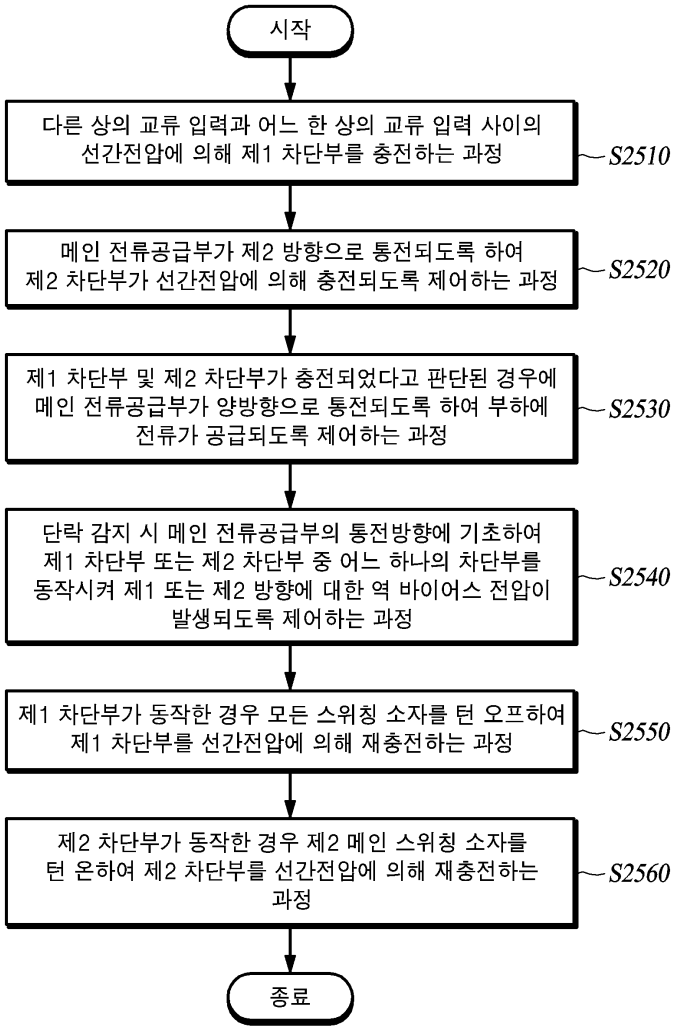
도면23


Normal mode
Breaking mode
Recharging mode
T
S
T_{all}
T_{11},T_{21},T_{31}
T_{12},T_{22},T_{32}
S_{11},S_{22},S_{32}
t_{13}
t_{15}
t_{18}

도면24


v_a
v_b
v_c
R_l - L_l
i_a
i_b
i_c
R_v
C_{11}
C_{21}
C_{31}
S_{11}
T_{11}
T_{12}
S_{12}
C_{12}
S_{21}
T_{21}
T_{22}
S_{22}
C_{22}
S_{31}
T_{31}
T_{32}
S_{32}
C_{32}
LOAD

도면25


시작
다른 상의 교류 입력과 어느 한 상의 교류 입력 사이의 선간전압에 의해 제1 차단부를 충전하는 과정
S2510
메인 전류공급부가 제2 방향으로 통전되도록 하여 제2 차단부가 선간전압에 의해 충전되도록 제어하는 과정
S2520
제1 차단부 및 제2 차단부가 충전되었다고 판단된 경우에 메인 전류공급부가 양방향으로 통전되도록 하여 부하에 전류가 공급되도록 제어하는 과정
S2530
단락 감지 시 메인 전류공급부의 통전방향에 기초하여 제1 차단부 또는 제2 차단부 중 어느 하나의 차단부를 동작시켜 제1 또는 제2 방향에 대한 역 바이어스 전압이 발생되도록 제어하는 과정
S2540
제1 차단부가 동작한 경우 모든 스위칭 소자를 턴 오프하여 제1 차단부를 선간전압에 의해 재충전하는 과정
S2550
제2 차단부가 동작한 경우 제2 메인 스위칭 소자를 턴 온하여 제2 차단부를 선간전압에 의해 재충전하는 과정
S2560
종료