



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0080608
(43) 공개일자 2025년06월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02H 7/26 (2006.01) H02H 3/44 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02H 7/26 (2013.01)
H02H 3/445 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0168548
(22) 출원일자 2023년11월28일
심사청구일자 2024년01월03일

(71) 출원인
한국기술교육대학교 산학협력단
충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600 (한
국기술교육대학교내)
(72) 발명자
노대석
충청남도 천안시 서북구 봉서산1길 35, 111동 30
1호(쌍용동, 파크밸리동일하이빌)
김윤호
충청남도 천안시 동남구 병천면 가전8길 91, 다온
빌라 B동 304호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김민태

전체 청구항 수 : 총 9 항

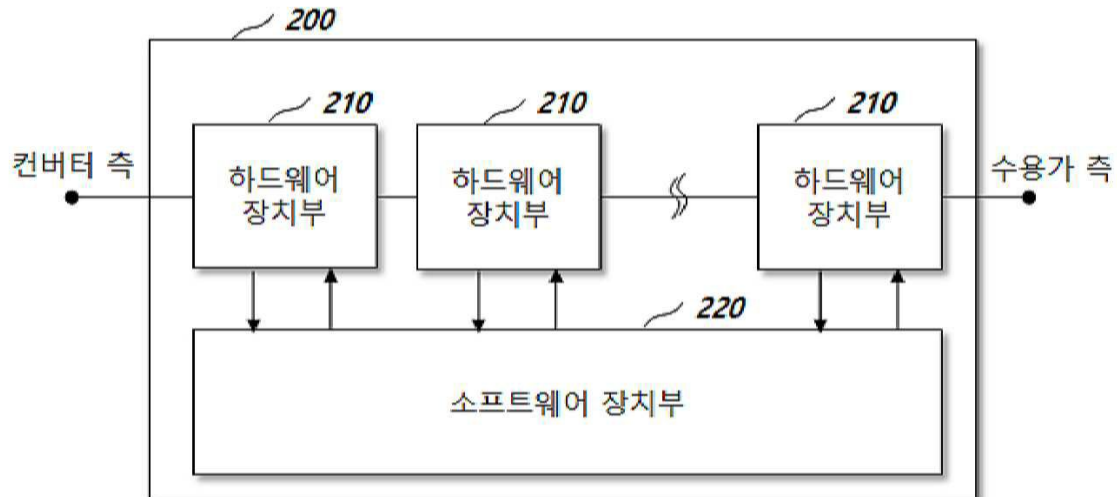
(54) 발명의 명칭 **지능형 사고구간 분리장치 및 이의 운용 방법**

(57) 요약

선로 정수에 따른 사고전류의 경사각 특성을 바탕으로 신속하고 정확하게 사고를 판별할 수 있는 지능형 사고구
간 분리장치 및 이의 운용 방법이 개시된다. LVDC 배전계통에서 정전구간을 최소화시키는 지능형 사고구간 분리
장치는, 컨버터 측에서 소비자 측으로 인가되는 전류의 전송 경로를 제공하는 복수의 하드웨어 장치부들; 및 사

(뒷면에 계속)

대표도 - 도7



고의 발생 유무를 판별하기 위한 각 구간의 선로 임피던스를 고려한 사고전류의 경사각을 산정하고, 상기 사고전류의 경사각이 정정치보다 큰 것으로 체크되면, n번 구간에서 사고가 발생한 것으로 판별하여 상기 하드웨어 장치부들 중 해당 구간에 대응하는 하드웨어 장치부의 동작모드에서 사고전류를 제한시키는 소프트웨어 장치부를 포함한다. 이에 따라, 선로 정수를 고려하여 전류의 경사각을 산정하고, 산정된 값이 정정치를 초과하는 경우 사고로 판별하고 신속하게 사고전류를 제한시켜 사고구간 분리장치의 동작시간을 단축시킴으로써, 정확하게 사고를 판별하고 사고전류를 제한시킬 수 있다.

(72) 발명자

이민행

충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1634-13, 별밭하우스 1동 301호

노성은

충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1628-11, 시애틀 305호

이나경

충청남도 천안시 동남구 병천면 가전6길 19-1, 남향빌 302호

이예빈

충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1628-15, 테크빌 304호

유현상

충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1634-17, 4동 204호

김세진

충청남도 천안시 동남구 병천면 가전8길 102, 3동 303호 (라이프원룸)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345370650
과제번호	LINC3.0-2023-31
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	산학연협력고도화지원
연구과제명	3단계산학연협력선도대학육성사업(LINC3.0)(0.5)
기 여 율	1/2
과제수행기관명	한국기술교육대학교
연구기간	2023.03.01 ~ 2024.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415188415
과제번호	20224000000160
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국에너지기술평가원
연구사업명	에너지인력양성사업(에텍)
연구과제명	DC 그리드 에너지 혁신연구센터
기 여 율	1/2
과제수행기관명	한양대학교에리카산학협력단
연구기간	2023.04.01 ~ 2023.12.31

청구범위유예 : 있음

임시명세서출원 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

LVDC 배전계통에서 정전구간을 최소화시키는 지능형 사고구간 분리장치에서,

컨버터 측에서 소비자 측으로 인가되는 전류의 전송 경로를 제공하는 복수의 하드웨어 장치부들; 및

사고의 발생 유무를 판별하기 위한 각 구간의 선로 임피던스를 고려한 사고전류의 경사각을 산정하고, 상기 사고전류의 경사각이 정정치보다 큰 것으로 체크되면, n번 구간에서 사고가 발생한 것으로 판별하여 상기 하드웨어 장치부들 중 해당 구간에 대응하는 하드웨어 장치부의 동작모드에서 사고전류를 제한시키는 소프트웨어 장치부를 포함하는 것을 특징으로 하는 지능형 사고구간 분리장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 사고전류의 경사각($S_{fault}(n)$)은,

$$S_{fault}(n) = \frac{\Delta I_{fault}(n)}{\Delta t}$$

(여기서, $\Delta I_{fault}(n)$: 구간내 고장전류의 변화, n : 구간번호)에 의해 산정되는 것을 특징으로 하는 지능형 사고구간 분리장치.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 하드웨어 장치부들 각각은,

직렬 연결된 복수의 메인 스위치들을 포함하는 메인 스위치 모듈;

직렬 연결된 복수의 전류제한 스위치들을 포함하는 전류제한 스위치 모듈;

상기 전류제한 스위치 모듈의 후단에 직렬 연결된 전류제한 저항;

해당 하드웨어 장치부의 1차측과 2차측, 및 상기 메인 스위치 모듈의 양단 전압을 측정하는 전압센서; 및

해당 하드웨어 장치부의 1차측, 주 통전부, 및 전류 제한부의 전류를 각각 측정하는 전류센서를 포함하는 것을 특징으로 하는 지능형 사고구간 분리장치.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 소프트웨어 장치부는,

산정한 경사각의 크기가 설정한 기준치를 초과하면, 사고가 발생한 것으로 판별하여 지능형 사고구간 분리장치의 보조 및 주 동작모드로 전환시키는 CCS(code composer studio) 툴; 및

상기 하드웨어 장치부들의 제어 및 통신을 위한 제어보드를 포함하는 것을 특징으로 하는 지능형 사고구간 분리장치.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 CCS 툴은 사고전류의 경사각 특성을 이용하여 신속하게 동작모드를 전환하고 사고전류를 제한하도록 상기 메인 스위치 모듈 및 상기 전류제한 스위치 모듈을 제어하는 것을 특징으로 하는 지능형 사고구간 분리장치.

청구항 6

제4항에 있어서, 상기 CCS 틀은 전류센서에서 수집한 전류의 크기를 한 사이클마다 전류의 변화량과 경사각을 산정하는 것을 특징으로 하는 지능형 사고구간 분리장치.

청구항 7

제4항에 있어서, 상기 제어보드는,

복수의 전압 및 전류 계측과 스위치를 동시에 제어하는 디지털 신호 프로세서;

사고구간 분리용 보호장치의 스위치의 턴-온/오프와 MC 동작을 위해 사용되는 PWM 포트;

사고구간 분리용 보호장치 내의 센서로부터 입력된 전압 및 전류를 디지털 신호로 변환시키는 A/D 포트;

사고구간 분리용 보호장치와 메인컨버터의 연계를 위해 사용되는 MC 컨트롤 포트; 및

상기 하드웨어 장치부의 센서를 통해 입력된 아날로그 전압 및 전류값을 디지털 신호로 변환시키는 스위치 컨트롤 포트를 포함하는 것을 특징으로 하는 지능형 사고구간 분리장치.

청구항 8

LVDC 배전계통에서 정전구간을 최소화시키는 지능형 사고구간 분리장치의 운용 방법에서,

사고의 발생 유무를 판별하기 위한 각 구간의 선로 임피던스를 고려한 사고전류의 경사각을 산정하는 단계;

상기 사고전류의 경사각과 정정치를 비교하는 단계; 및

상기 사고전류의 경사각이 정정치보다 큰 것으로 체크되면, n번 구간에서 사고가 발생한 것으로 판별하고, 해당 구간 지능형 사고구간 분리장치의 동작모드에서 사고전류를 제한시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 지능형 사고구간 분리장치의 운용 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 사고전류의 경사각($S_{fault}(n)$)은,

$$S_{fault}(n) = \frac{\Delta I_{fault}(n)}{\Delta t}$$

(여기서, $\Delta I_{fault}(n)$: 구간내 고장전류의 변화, n : 구간번호)에 의해 산정되는 것을 특징으로 하는 지능형 사고구간 분리장치의 운용 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 지능형 사고구간 분리장치(intelligent fault isolation device, IFID)에 관한 것으로, 보다 상세하게는 선로 정수에 따른 사고전류의 경사각 특성을 바탕으로 신속하고 정확하게 사고를 판별할 수 있는 지능형 사고구간 분리장치 및 이의 운용 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근, 신재생에너지 전원의 도입 및 DC 부하의 증가, 고품질, 고신뢰성의 요구 등으로, DC 배전계통에 대한 연구의 필요성이 증가하고 있다. 또한, 기존 AC 배전계통을 DC 배전계통으로 대체하여 전력을 공급할 경우, 에너지 손실 감소, 분산 전원의 수용성 향상 등의 장점이 있어, DC 배전계통에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

[0003] 그러나, DC 배전계통에서 사고가 발생하는 경우, 메인 컨버터의 급속한 탈락으로 인하여 정전구간을 확대시키는 문제점이 발생할 가능성이 있다. 즉, 기존의 사고전류의 크기만을 고려하여 DC 배전계통의 보호협조를 수행하는데 있어서 한계점이 있으므로, 사고전류의 변화분인 경사각을 고려하여 신속하게 사고구간을 분리하는 방안이

요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0004] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-2566804호(2023. 08. 16.)(중압 직류배전시스템용 사고전류 클램핑 장치)
(특허문헌 0002) 한국공개특허 제10-2022-0147372호(2022. 11. 03.)(고장시 전압강하 특성을 이용한 양방향 배전 계통의 차단 방법 및 차단 장치)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 이에 본 발명의 기술적 과제는 이러한 점에 감안한 것으로, 본 발명의 목적은 선로 정수 및 부하크기에 따른 사고전류의 경사각 특성을 바탕으로, 사고전류의 크기만을 고려하는 경우보다 신속하게 사고구간을 판별하고 사고전류를 제한하기 위한 지능형 사고구간 분리장치를 제공하는 것이다.
- [0006] 본 발명의 다른 목적은 상기한 지능형 사고구간 분리장치의 운용 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0007] 상기한 본 발명의 목적을 실현하기 위하여 일 실시예에 따르면 LVDC 배전계통에서 정전구간을 최소화시키는 지능형 사고구간 분리장치는, 컨버터 측에서 소비자 측으로 인가되는 전류의 전송 경로를 제공하는 복수의 하드웨어 장치부들; 및 사고의 발생 유무를 판별하기 위한 각 구간의 선로 임피던스를 고려한 사고전류의 경사각을 산정하고, 상기 사고전류의 경사각이 정정치보다 큰 것으로 체크되면, n번 구간에서 사고가 발생한 것으로 판별하여 상기 하드웨어 장치부들 중 해당 구간에 대응하는 하드웨어 장치부의 동작모드에서 사고전류를 제한시키는 소프트웨어 장치부를 포함한다.

- [0008] 일 실시예에서, 상기 사고전류의 경사각($S_{fault}(n)$)은,

$$S_{fault}(n) = \frac{\Delta I_{fault}(n)}{\Delta t} \quad (\text{여기서, } \Delta I_{fault}(n) : \text{구간내 고장전류의 변화, } n : \text{구간번호})$$

[0009]에 의해 산정될 수 있다.

- [0010] 일 실시예에서, 상기 하드웨어 장치부들 각각은, 직렬 연결된 복수의 메인 스위치들을 포함하는 메인 스위치 모듈; 직렬 연결된 복수의 전류제한 스위치들을 포함하는 전류제한 스위치 모듈; 상기 전류제한 스위치 모듈의 후단에 직렬 연결된 전류제한 저항; 해당 하드웨어 장치부의 1차측과 2차측, 및 상기 메인 스위치 모듈의 양단 전압을 측정하는 전압센서; 및 해당 하드웨어 장치부의 1차측, 주 통전부, 및 전류 제한부의 전류를 각각 측정하는 전류센서를 포함할 수 있다.

- [0011] 일 실시예에서, 상기 소프트웨어 장치부는, 산정한 경사각의 크기가 설정한 기준치를 초과하면, 사고가 발생한 것으로 판별하여 지능형 사고구간 분리장치의 보조 및 주 동작모드로 전환시키는 CCS(code composer studio) 툴; 및 상기 하드웨어 장치부들의 제어 및 통신을 위한 제어보드를 포함할 수 있다.

- [0012] 일 실시예에서, 상기 CCS 툴은 사고전류의 경사각 특성을 이용하여 신속하게 동작모드를 전환하고 사고전류를 제한하도록 상기 메인 스위치 모듈 및 상기 전류제한 스위치 모듈을 제어할 수 있다.

- [0013] 일 실시예에서, 상기 CCS 툴은 전류센서에서 수집한 전류의 크기를 한 사이클마다 전류의 변화량과 경사각을 산정할 수 있다.

- [0014] 일 실시예에서, 상기 제어보드는, 복수의 전압 및 전류 계측과 스위치를 동시에 제어하는 디지털 신호 프로세서; 사고구간 분리용 보호장치의 스위치의 턴-온/오프와 MC 동작을 위해 사용되는 PWM 포트; 사고구간 분리용 보호장치 내의 센서로부터 입력된 전압 및 전류를 디지털 신호로 변환시키는 A/D 포트; 사고구간 분리용

보호장치와 메인컨버터의 연계를 위해 사용되는 MC 콘트롤 포트; 및 상기 하드웨어 장치부의 센서를 통해 입력된 아날로그 전압 및 전류값을 디지털 신호로 변환시키는 스위치 콘트롤 포트를 포함할 수 있다.

[0015] 상기한 본 발명의 다른 목적을 실현하기 위하여 일 실시예에 따르면 LVDC 배전계통에서 정전구간을 최소화시키는 지능형 사고구간 분리장치의 운용 방법은, 사고의 발생 유무를 판별하기 위한 각 구간의 선로 임피던스를 고려한 사고전류의 경사각을 산정하는 단계; 상기 사고전류의 경사각과 정정치를 비교하는 단계; 및 상기 사고전류의 경사각이 정정치보다 큰 것으로 체크되면, n번 구간에서 사고가 발생한 것으로 판별하고, 해당 구간 지능형 사고구간 분리장치의 동작모드에서 사고전류를 제한시키는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0016] 이러한 지능형 사고구간 분리장치 및 이의 운용 방법에 의하면, 선로 정수를 고려하여 전류의 경사각을 산정하고, 산정된 값이 정정치를 초과하는 경우 사고로 판별하고 신속하게 사고전류를 제한시켜 사고구간 분리장치의 동작시간을 단축시킴으로써, 정확하게 사고를 판별하고 사고전류를 제한시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 고장 위치에 따른 사고전류 특성을 설명하기 위한 그래프이다.
 도 2는 부하 크기에 따른 사고전류 특성을 설명하기 위한 그래프이다.
 도 3은 비교예에 따른 지능형 사고구간 분리장치의 구성을 설명하기 위한 회로도이다.
 도 4는 도 3에 도시된 지능형 사고구간 분리장치의 동작 메커니즘을 설명하기 위한 파형도이다.
 도 5는 사고전류의 기울기 특성을 갖는 지능형 사고구간 분리장치의 운용 방법을 설명하기 위한 도면이다.
 도 6은 비교예에 따른 방식과 본 발명에 따른 제안 방식에 따른 지능형 사고구간 분리장치의 동작 특성을 설명하기 위한 그래프이다.
 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 지능형 사고구간 분리장치를 설명하기 위한 블록도이다.
 도 8은 도 7에 도시된 지능형 사고구간 분리장치의 하드웨어 장치부의 구성을 설명하기 위한 도면이다.
 도 9는 주 동작모드의 사고전류 증가 회로도이다.
 도 10은 도 7에 도시된 소프트웨어 장치부를 설명하기 위한 구성도이다.
 도 11은 비교예에 따른 지능형 사고구간 분리장치의 동작특성(Case I)을 설명하기 위한 그래프이다.
 도 12는 본 발명의 실시예에 따른 지능형 사고구간 분리장치의 동작 특성(Case I)을 설명하기 위한 그래프이다.
 도 13은 비교예에 따른 지능형 사고구간 분리장치의 동작특성(Case II)을 설명하기 위한 그래프이다.
 도 14는 본 발명의 실시예에 따른 지능형 사고구간 분리장치의 동작 특성(Case II)을 설명하기 위한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명을 보다 상세하게 설명하고자 한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0019] 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다. 첨부된 도면에 있어서, 구조물들의 치수는 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대하여 도시한 것이다.

[0020] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

- [0021] 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0022] 또한, 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0023] LVDC 배전계통에서 사고가 발생하는 경우, 사고전류의 크기와 사고전류의 경사각은 사고지점까지의 선로정수와 부하의 크기에 따라 서로 다른 특성을 가지게 된다.
- [0024] 도 1은 고장 위치에 따른 사고전류 특성을 설명하기 위한 그래프이다. 특히, 도 1은 사고지점에 따른 사고전류 특성을 나타낸 것으로, 도 1의 (a) 곡선과 (b) 곡선은 각각 LVDC 배전선로의 직하지점과 말단지점에서 사고가 발생한 경우를 나타낸다.
- [0025] 도 1의 (a) 곡선과 같이 직하사고의 경우 사고지점까지의 낮은 임피던스로 인하여 사고 발생 시간대인 t_0 를 기준으로 매우 큰 사고전류가 발생하여 큰 변화분을 갖게 되고, 도 1의 (b) 곡선과 같이 말단사고의 경우에는 선로가 가지는 큰 임피던스 성분에 의해 (a) 곡선보다 상대적으로 작은 사고전류가 흐르고, 그 변화분은 적게 된다.
- [0026] 도 2는 부하 크기에 따른 사고전류 특성을 설명하기 위한 그래프이다.
- [0027] 도 2의 (a) 곡선과 같이, 무부하시 사고전류의 변화분은 초기에 크게 나타나고, (b) 곡선과 같이 피크부하시 사고전류의 변화분은 초기에 작은 값을 가진다. 즉, 무부하시 사고전류의 경사각은 크고, 피크부하시 사고전류의 경사각은 작은 값을 가진다.
- [0028] 따라서, 본 발명에서는 이러한 선로 정수 및 부하크기에 따른 사고전류의 경사각 특성을 바탕으로, 사고를 신속하고 정확하게 판단하여 정전구간을 최소화하는 지능형 사고구간 분리장치의 운용 방안을 제시한다.
- [0029] 도 3은 비교예에 따른 지능형 사고구간 분리장치의 구성을 설명하기 위한 회로도이다.
- [0030] 도 3을 참조하면, 비교예에 따른 지능형 사고구간 분리장치(100)는 주 통전부(main path)(110), 전류제한부(current limit path)(120) 및 스위칭 모듈(130)을 포함하고, 컨버터측(converter side)에서 소비자측(customer side)으로 인가되는 전류의 전송 경로를 제공한다.
- [0031] 주 통전부(110)는 직렬 연결된 복수의 메인 스위치들(S_M)을 포함한다. 도 3에서 메인 스위치(S_M)의 수는 n 개이다. 메인 스위치들(S_M) 각각은 제1 절연 게이트 바이폴라 트랜지스터(Insulated/Isolated Gate bi-polar Transistor, 이하 IGBT) 및 제2 IGBT를 포함한다. 제1 IGBT 및 제2 IGBT는 높은 내압을 가지고 수 μs 이내에 빠르게 동작하는 소자인 반도체 스위치이다. 전류를 양방향으로 제어하기 위해, 제1 IGBT의 에미터 및 제2 IGBT의 에미터는 공통 연결된다.
- [0032] 전류제한부(120)는 직렬 연결된 복수의 전류제한 스위치들(S_{CL})과 마지막 전류제한 스위치의 후단에 직렬 연결된 전류제한 저항(CLR)을 포함한다. 도 3에서 전류제한 스위치들(S_{CL})의 수는 n 개이다. 전류제한 스위치들(S_{CL}) 각각은 제3 IGBT 및 제4 IGBT를 포함한다. 제3 IGBT 및 제4 IGBT는 높은 내압을 가지고 수 ms 이내에 빠르게 동작하는 소자인 반도체 스위치(MOSFET)이다. 전류를 양방향으로 제어하기 위해, 제3 IGBT의 에미터 및 제4 IGBT의 에미터는 공통 연결된다. 전류제한 스위치들(S_{CL})은 메인 스위치들(S_M)과 동일한 형태를 갖는다. 여기서, 메인 스위치(S_M)에 구비되는 제1 IGBT 및 제2 IGBT 각각의 크기는 서로 동일하고, 전류제한 스위치들(S_{CL})에 구비되는 제3 IGBT 및 제4 IGBT 각각의 크기는 서로 동일할 수 있다. 여기서, 제1 내지 제4 IGBT들의 크기는 채널폭 대 채널길이(W/L)에 의해 정의될 수 있다. 또한, 메인 스위치(S_M)에 구비되는 제1 IGBT의 크기와 전류제한 스위치들(S_{CL})에 구비되는 제3 IGBT의 크기는 서로 동일할 수 있다.
- [0033] 스위칭 모듈(130)은 주 통전부(110)에 인가되는 DC 전류가 급격히 증가하여 사고전류가 발생하는 것으로 체크되

면, 주 통전부(110)의 동작을 오프시키고 전류제한부(120)의 동작을 온시킨다.

[0034] 도 4는 도 3에 도시된 지능형 사고구간 분리장치의 동작 메커니즘을 설명하기 위한 파형도이다.

[0035] 도 3 및 도 4를 참조하면, 지능형 사고구간 분리장치의 동작 메커니즘은 초기 동작모드(Mode I), 보조 동작모드(Mode II), 주 동작모드(Mode III), 회복 동작모드(Mode IV)로 나눌 수 있다.

[0036] 주 동작모드(Mode III)의 전류 제한 개념은 t 에서 사고가 발생한 경우, 지능형 사고구간 분리장치가 t 시간대에 동작하여 사고구간이 분리되는 t 시간대까지 사고전류(i_{fa})를 일정한 값(i_{set})으로 제한하는 것이다. 즉, MOSFET 스위칭을 통해 전류 제한부로 사고전류를 유도하여, 전류 제한부의 설치된 저항으로 사고전류를 소비시켜 메인 컨버터가 탈락하지 않을 정도의 전류로 일정하게 유지시킨다.

[0037] DC 배전계통에서 사고가 발생하는 경우, 메인 컨버터의 급속한 탈락으로 인하여 정전구간이 확대될 가능성이 있다. 따라서, 기존의 사고전류의 크기만으로는 DC 배전계통의 보호협조에 한계점이 있으므로, 사고전류의 변화분인 경사각을 고려하여 더 빠른 시간내에 사고구간을 분리하는 방안이 필요한 실정이다.

[0038] 이에, 본 발명에서는 LVDC 배전계통의 사고전류의 경사각 특성을 바탕으로 지능형 사고구간 분리장치의 운용 방법을 제안한다.

[0039] 먼저, 사고의 발생 유무를 판별하기 위한 각 구간의 선로 임피던스를 고려한 사고전류의 경사각($S_{fault}(n)$)은 수식 (1)과 같이 산정한다. 여기서, $S_{fault}(n)$ 는 n 번 구간에서 선로 정수에 따른 사고전류의 변화분($\Delta I_{fault}(n)$)을 고려하여 산정한다.

[0040] [수식 1]

$$S_{fault}(n) = \frac{\Delta I_{fault}(n)}{\Delta t}$$

[0041] 여기서, $S_{fault}(n)$: 구간내 고장전류의 기울기 특성, $\Delta I_{fault}(n)$: 구간내 고장전류의 변화, n : 구간번호

[0042] 상기한 수식 (1)을 바탕으로 LVDC 배전계통에서의 각 구간별 지능형 사고구간 분리장치의 제어신호($Z(n)$)는 수식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

[0043] [수식 2]

$$Z(n) = \begin{cases} 1 & \text{if } S_{fault}(n) > S_{set}(n) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0044] 여기서, $Z(n)$: n 번 구간에서 지능형 사고구간 분리장치의 동작 신호

[0045] 즉, $S_{fault}(n)$ 이 정정치($S_{set}(n)$)보다 큰 경우, n 번 구간에서 사고가 발생한 것으로 판별하고, 해당 구간 지능형 사고구간 분리장치의 동작모드에서 이 제어신호에 따라 사고전류를 제한시킨다.

[0046] 따라서, 상기에서 제시한 사고전류의 경사각 특성을 고려한 LVDC 배전계통의 지능형 사고구간 분리장치의 운용 방법은 도 5와 같이 나타낼 수 있다.

[0047] 도 5는 사고전류의 기울기 특성을 갖는 지능형 사고구간 분리장치의 운용 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0048] 도 5를 참조하면, 2번 구간에서 사고가 발생하면, 사고전류의 경사각 특성을 이용하여 신속하게 제2 지능형 사고구간 분리장치($IFID(2)$)를 동작시켜, 메인 컨버터가 동작하지 않을 정도의 크기로 사고전류를 제한한다. 이에 따라, 구간 컨버터가 탈락할 수 있는 시간을 확보하는 동시에 전체 구간의 사고 파급을 최소화시킨다.

[0049] 사고전류의 크기만을 고려한 경우와 사고전류의 경사각을 고려한 경우의 지능형 사고구간 분리장치의 동작 특성

을 나타내면 도 6과 같다.

- [0052] 도 6은 비교예에 따른 방식과 본 발명에 따른 제안 방식에 따른 지능형 사고구간 분리장치의 동작 특성을 설명하기 위한 그래프이다.
- [0053] 도 6을 참조하면, 비교예에 따른 방식인 사고전류의 크기만을 고려한 경우, 사고전류의 크기가 설정치(I_{set})에 도달하는 β 지점에서 사고 발생 유무가 판별되고, 지능형 사고구간 분리장치가 보조 및 주 동작모드로 전환된다.
- [0054] 이에 반해, 본 발명에 따라 사고전류의 경사각 특성을 고려한 경우, 사고전류의 경사각($S_{fault}(n)$)이 정정치($S_{set}(n)$)를 초과하는 α 지점에서 사고를 판별하여 부하전류 크기만을 고려하는 경우보다 신속하게 사고전류를 제한시켜 지능형 사고구간 분리장치의 동작시간을 단축시킨다.
- [0055] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 지능형 사고구간 분리장치를 설명하기 위한 블록도이다.
- [0056] 도 7을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 지능형 사고구간 분리장치(200)는 복수의 하드웨어 장치부들(210) 및 소프트웨어 장치부(220)를 포함한다.
- [0057] 하드웨어 장치부들(210)은 컨버터측(converter side)과 소비자측(customer side) 사이에 연결되어 전류의 전송 경로를 제공한다.
- [0058] 소프트웨어 장치부(220)는 사고의 발생 유무를 판별하기 위한 각 구간의 선로 임피던스를 고려한 사고전류의 경사각($S_{fault}(n)$)을 산정하고, 상기 사고전류의 경사각($S_{fault}(n)$)이 정정치($S_{set}(n)$)보다 큰 것으로 체크되면, n 번 구간에서 사고가 발생한 것으로 판별하여 상기 하드웨어 장치부들(210) 중 해당 구간에 대응하는 하드웨어 장치부의 동작모드에서 사고전류를 제한시킨다.
- [0059] 도 8은 도 7에 도시된 지능형 사고구간 분리장치(200)의 하드웨어 장치부의 구성을 설명하기 위한 도면이다.
- [0060] 도 7 및 도 8을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 지능형 사고구간 분리장치(200)의 하드웨어 장치부(210)는 메인 스위치 모듈(2110), 전류제한 스위치 모듈(2120), 전류제한 저항(2130), 전압센서(2140), 전류센서(2150), 및 SMPS(미도시)를 포함한다.
- [0061] 메인 스위치 모듈(2110) 및 전류제한 스위치 모듈(2120)은 주 통전부와 전류 제한부 각각에 대하여 적용하고, 이를 독립적으로 동작시키기 위하여 게이트 드라이브와 SMPS로 구성한다. 메인 스위치 모듈(2110)은 직렬 연결된 복수의 메인 스위치들을 포함한다. 전류제한 스위치 모듈(2120)은 직렬 연결된 복수의 전류제한 스위치들을 포함한다. 도 8에서 게이트 드라이브와 SMPS에 대한 도시는 생략한다. 다만, 메인 스위치 모듈(2110) 및 전류제한 스위치 모듈(2120) 각각에 구비되는 반도체 스위치(MOSFET)의 게이트 단자에 G1, G2, G3 및 G4로 나타내었다.
- [0062] 전압센서(2140)는 3개로 구성되어 해당 하드웨어 장치부의 1차측과 2차측, 메인 스위치 모듈(2110)의 양단 전압을 측정한다.
- [0063] 전류센서(2150)는 3개로 구성되어 해당 하드웨어 장치부의 1차측, 주 통전부, 전류 제한부의 전류를 각각 측정한다.
- [0064] 한편, 사고구간 분리용 보호장치가 주 동작모드인 경우, 사고전류에 대한 등가회로도도 도 9와 같이 나타낼 수 있다.
- [0065] 도 9는 주 동작모드의 사고전류 등가 회로도이다.
- [0066] 도 9를 참조하면, 전류제한 저항(R_{CLA})에 걸리는 전압은 선로임피던스와 반도체 스위치의 기생저항에 각각 분배된다. 따라서, 전류제한 저항값은 아래의 수식 (3)과 같이 공급 전압(V_{uri})을 메인 컨버터의 정격전류($I_{n,max}$)와 과부하 내량(k_m)으로 나눈 값에서 선로임피던스값(R_{line})과 반도체 스위치의 기생저항값($R_{on,ssr}$)을 뺀 값으로 산정된다.

[0067] [수식 3]

$$R_{CLR} = \frac{v_{pri}}{k_m \times i_{n,max}} - R_{line} - R_{SW, stray}$$

[0069] 여기서, R_{CLR} : 전류 제한 저항, v_{pri} : 계통 전압, k_m : 메인 컨버터의 마진, $i_{n,max}$: 메인 컨버터의 정격 전류, R_{line} : 라인 임피던스, $R_{SW, stray}$: 반도체 스위치의 스트레이 저항

[0070] 도 10은 도 7에 도시된 소프트웨어 장치부(220)를 설명하기 위한 구성도이다.

[0071] 도 7 및 도 10을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 지능형 사고구간 분리장치(200)의 소프트웨어 장치부(220)는 CCS(code composer studio) 툴(2100)과 하드웨어 장치부들의 제어 및 통신을 담당하는 제어보드(2200)를 포함한다.

[0072] CCS 툴(2100)은 TI의 프로세서를 위한 통합 개발 환경(IDE)으로, 반도체 소자(IGBT, MOSFET)의 실시간 제어와 디버깅 기능, 모니터링 기능을 가진다. 또한, CCS 툴(2100)은 지능형 사고구간 분리장치(200)의 운용 방법을 바탕으로, 사고전류의 경사각 특성을 이용하여 신속하게 동작모드를 전환하고 사고전류를 제한하도록 메인 및 전류제한 스위치 모듈을 제어하는 역할을 수행한다. 즉, CCS 툴(2100)은 전류센서에서 수집한 전류의 크기를 한 사이클(10 μs)마다 전류의 변화량과 경사각을 산정한다.

[0073] CCS 툴(2100)은 산정한 경사각의 크기가 설정한 기준치를 초과하면, 사고가 발생한 것으로 판별하여 지능형 사고구간 분리장치(200)의 보조 및 주 동작모드로 전환시킨다.

[0074] 제어보드(2200)는 디지털 신호 프로세서(digital signal processor, DSP)(2220), 펄스폭 변조(pulse width modulation, PWM) 포트(2230), A/D 포트(2240), MC 콘트롤 포트(2250) 및 스위치 콘트롤 포트(2260)를 포함한다.

[0075] DSP(2220)는 각 소자들을 독립적으로 제어한다. DSP(2220)는 150[MHz]의 클럭으로 동작하며, 예를 들어 총 12개의 PWM 포트(2230)와 예를 들어 16개의 ADC 채널을 사용할 수 있어, 여러 개의 전압 및 전류 계측과 스위치를 동시에 제어할 수 있다. 즉, DSP(2220)가 포함된 소프트웨어 장치부(220)는 여러 개의 하드웨어 장치부들(210)에 연결되어 하드웨어 장치부들(210) 각각에 구비되는 전압 센서 및 전류 센서들을 이용하여 전압 및 전류를 계측하고, 하드웨어 장치부들(210) 각각에 구비되는 스위치들을 턴-온/오프 제어할 수 있다.

[0076] 펄스폭 변조 포트(2230)는 사고구간 분리를 위한 보호장치의 스위치의 턴-온/오프와 MC 동작을 위해 사용된다.

[0077] A/D 포트(2240)는 사고구간 분리를 위한 보호장치의 하드웨어 장치부(210) 내의 센서로부터 입력된 전압 및 전류를 디지털 신호로 변환시킨다.

[0078] MC 콘트롤 포트(2250)는 사고구간 분리를 위한 보호장치와 메인컨버터의 연계를 위해 사용된다.

[0079] 스위치 콘트롤 포트(2260)는 하드웨어 장치부(210)의 센서를 통해 입력된 아날로그 전압 및 전류값을 디지털 신호로 변환된 후 인터럽트 동작 방식을 이용하여 스위치 제어를 수행한다.

[0080] 이하에서, 시험 결과 및 분석에 대해서 설명한다.

[0081] 본 발명에서 제시한 경사각 특성을 고려한 지능형 사고구간 분리장치의 운용 특성을 분석하기 위한 시험조건은 표 1과 같다. 여기서, 지능형 사고구간 분리장치에 사용되는 MOSFET 스위치 모듈은 드레인-소스 내압과 사용률을 고려하여 2개로 상정하고, 전류제한 저항(R_{CLR})은 5.8[Ω], AC계통부의 출력전압은 단상 220[V]로 상정한다. 한편, 메인 컨버터부는 20[kW] 용량의 AC/DC 컨버터로 구성하고, 입력 및 출력측 전압은 각각 220[VAC], 350[VDC]이다. 또한, 모의선로 임피던스는 고압선로의 축소형 모델로 두 가지의 Case를 고려한다.

표 1. 테스트 조건

items		contents
intelligent fault isolation device	type	MOSFET
	number of modules[EA]	2
	drain-source breakdown voltage[V]	650
	load factor of insulation voltage[%]	60
	turn-on delay time[ns]	20
	turn-off delay time[ns]	82
	current limit resistor[Ω]	5.8
AC grid	rated voltage[V _{ac}]	220
main converter	rated capacity[kW]	20
	input voltage[V _{ac}]	380
	output voltage[V _{dc}]	350
line impedance	Case I	624.9[mΩ]+3.571[mH]
	Case II	937.3[mΩ]+5.356[mH]

상기에서 제시한 시험 조건에 따라, Case I의 선로 임피던스를 바탕으로 사고전류의 크기만을 고려한 지능형 사고구간 분리장치의 동작 특성은 도 10과 같이 나타낼 수 있다.

도 11은 비교예에 따른 지능형 사고구간 분리장치의 동작특성(Case I)을 설명하기 위한 그래프이다.

도 11의 ①번, ②번, ③번 그래프는 주 통전부(main path)의 게이트 드라이브 전압, 메인 컨버터 2차측에 흐르는 전류의 크기, 전류 제한부(current limit path)의 게이트 드라이브 전압을 각각 나타낸다.

도 11에서와 같이, 지점에서 사고가 발생하면 지능형 사고구간 분리장치는 약 223.2[μs] 이후에 보조 동작모드로 전환되어 전류 제한부(current limit path)를 턴-온시키고, 지점부터 약 30.5[μs] 이후에 주 동작모드로 전환되어 주 통전부(main path)를 차단한다. 따라서, 사고전류의 크기만을 고려하는 경우, 지능형 사고구간 분리장치는 사고발생 이후 약 253.7[us] 이후에 사고전류를 제한시킬 수 있음을 알 수 있다.

한편, 상기에서 제시한 시험 조건에 따라, Case I의 선로 임피던스를 바탕으로 사고전류의 경사각을 고려한 지능형 사고구간 분리장치의 동작특성은 도 11과 같이 나타낼 수 있다.

도 12는 본 발명의 실시예에 따른 지능형 사고구간 분리장치의 동작 특성(Case I)을 설명하기 위한 그래프이다.

도 12의 ①번, ②번, ③번 그래프는 주 통전부(main path)의 게이트 드라이브 전압, 메인 컨버터 2차측에 흐르는 전류의 크기, 전류 제한부(current limit path)의 게이트 드라이브 전압을 각각 나타낸다.

도 12에서와 같이, 지점에서 사고가 발생하면 지능형 사고구간 분리장치는 약 35.4[μs] 이후에 보조 동작모드로 전환되어 전류 제한부(current limit path)를 턴-온시키고, 지점부터 약 20.1[μs] 이후에 주 동작모드로 전환되어 주 통전부(main path)를 차단한다. 따라서, 사고전류의 경사각을 고려하는 경우, 지능형 사고구간 분리장치는 사고발생 이후 약 55.5[us] 이내에 사고전류를 제한시킬 수 있음을 알 수 있다. 또한, 사고전류의 경사각 특성을 고려한 지능형 사고구간 분리장치는 사고전류의 크기만을 고려한 지능형 사고구간 분리장치보다 198[μs] 정도 신속하게 사고의 발생 유무를 판별하고 보조 및 주 동작모드로 전환하여 사고전류를 제한시킬 수 있음을 알 수 있다.

한편, 상기에서 제시한 시험 조건에 따라, Case II의 선로 임피던스 조건을 바탕으로 사고전류의 크기만을 고려한 지능형 사고구간 분리장치의 동작 특성은 도 12와 같이 나타낼 수 있다.

도 13은 비교예에 따른 지능형 사고구간 분리장치의 동작특성(Case II)을 설명하기 위한 그래프이다.

도 13의 ①번, ②번, ③번 그래프는 주 통전부(main path)의 게이트 드라이브 전압, 메인 컨버터 2차측에 흐르는 전류의 크기, 전류 제한부(current limit path)의 게이트 드라이브 전압을 각각 나타낸다.

도 13에서와 같이, 지점에서 사고가 발생하면 지능형 사고구간 분리장치는 약 203[μs] 이후에 보조 동작모드로

전환되어 전류 제한부(current limit path)를 턴-온시키고, 지점부터 약 30.1[μ s] 이내에 주 동작모드로 전환되어 주 통전부(main path)를 차단한다. 따라서, 사고전류의 크기만을 고려하는 경우, 지능형 사고구간 분리장치는 사고발생 이후 약 233.1[us] 이내에 사고전류를 제한시킬 수 있음을 알 수 있다.

[0096] 한편, 상기에서 제한한 시험 조건에 따라, Case II의 선로 임피던스 조건을 바탕으로 사고전류의 경사각을 고려한 지능형 사고구간 분리장치의 동작특성은 도 13과 같이 나타낼 수 있다.

[0097] 도 14는 본 발명의 실시예에 따른 지능형 사고구간 분리장치의 동작 특성(Case II)을 설명하기 위한 그래프이다.

[0098] 도 14의 ①번, ②번, ③번 그래프는 주 통전부(main path)의 게이트 드라이브 전압, 메인 컨버터 2차측에 흐르는 전류의 크기, 전류 제한부(current limit path)의 게이트 드라이브 전압을 각각 나타낸다.

[0099] 도 14에서와 같이, 지점에서 사고가 발생하면 지능형 사고구간 분리장치는 약 31.2[μ s] 이내에 보조 동작모드로 전환되어 전류 제한부(current limit path)를 턴-온시키고, 지점부터 약 19.7[μ s] 이내에 주 동작모드로 전환되어 주 통전부(main path)를 차단한다.

[0100] 따라서, 사고전류의 경사각을 고려하는 경우, 지능형 사고구간 분리장치는 사고발생 이후 약 50.9[us] 이내에 사고전류를 제한시킬 수 있음을 알 수 있다.

[0101] 또한, 사고전류의 정사각 특성을 고려한 지능형 사고구간 분리장치는 사고전류의 크기만을 고려한 지능형 사고구간 분리장치보다 182[μ s]정도 신속하게 사고의 발생 유무를 판별하고 보조 및 주 동작모드로 전환하여 사고전류를 제한시킬 수 있음을 알 수 있다.

[0102] 본 발명에서는 선로 정수 및 부하크기에 따른 사고전류의 경사각 특성을 바탕으로, 사고전류의 크기만을 고려하는 경우보다 신속하게 사고구간을 판별하고 사고전류를 제한하는 지능형 사고구간 분리장치의 운용 방법을 제시한다. 이에 대한 주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

[0103] (1) Case I의 선로 임피던스 조건에 대하여, 사고전류의 크기만을 고려한 지능형 사고구간 분리장치는 사고발생 이후 약 253.7[us] 이후에 사고전류를 제한시킬 수 있음을 알 수 있다. 또한, Case II의 선로 임피던스 조건에 대하여 사고전류의 크기만을 고려한 지능형 사고구간 분리장치는 사고발생 이후 약 233.1[us] 이후에 사고전류를 제한시킬 수 있음을 알 수 있다.

[0104] (2) Case I의 선로 임피던스 조건에 대하여, 사고전류의 경사각 특성을 고려한 지능형 사고구간 분리장치는 사고발생 이후 약 55.5[us] 이내에 사고전류를 제한시킬 수 있음을 알 수 있다. 또한, Case II의 선로 임피던스 조건에 대하여, 사고전류의 경사각 특성을 고려한 지능형 사고구간 분리장치는 사고발생 이후 약 50.9[us] 이내에 사고전류를 제한시킬 수 있음을 알 수 있다.

[0105] (3) 본 발명에서 제시한 사고전류의 경사각 특성을 고려한 지능형 사고구간 분리장치는 사고전류의 크기만을 고려한 지능형 사고구간 분리장치보다 Case I에서 198[μ s] 정도, Case II에서 182[μ s] 정도 신속하고 정확하게 사고의 발생 유무를 판별하고, 보조 및 주 동작모드로 전환하여 사고전류를 제한시킬 수 있음을 알 수 있다.

[0106] 이 상에서 설명된 바와 같이, 본 발명에 따르면 선로 정수를 고려하여 전류의 경사각을 산정하고, 산정된 값이 정정치를 초과하는 경우 사고로 판별하고 신속하게 사고전류를 제한시켜 사고구간 분리장치의 동작시간을 단축 시킴으로써, 정확하게 사고를 판별하고 사고전류를 제한시킬 수 있다.

[0107] 이상에서는 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

[0108] 200 : 지능형 사고구간 분리장치 210 : 하드웨어 장치부들

220 : 소프트웨어 장치부

2110 : 메인 스위치 모듈

2120 : 전류제한 스위치 모듈

2130 : 전류제한 저항

2140 : 전압센서

2150 : 전류센서

2200 : 제어보드

2220 : 디지털 신호 프로세서(DSP)

2230 : 펄스폭 변조(PWM) 포트

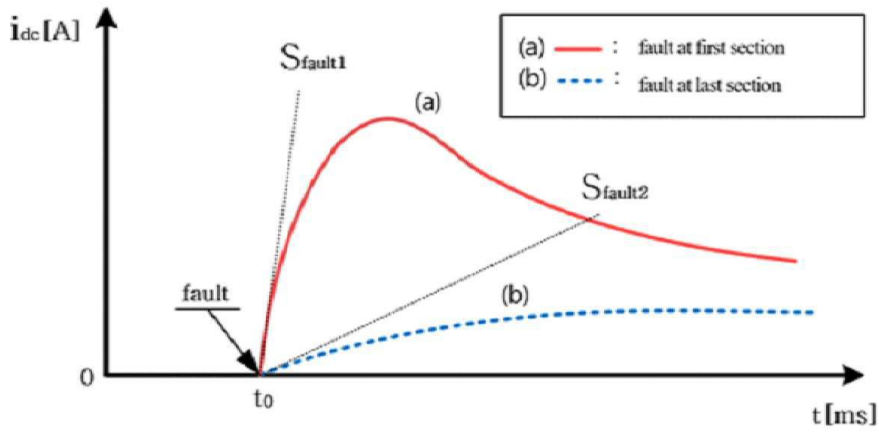
2240 : A/D 포트

2250 : MC 컨트롤 포트

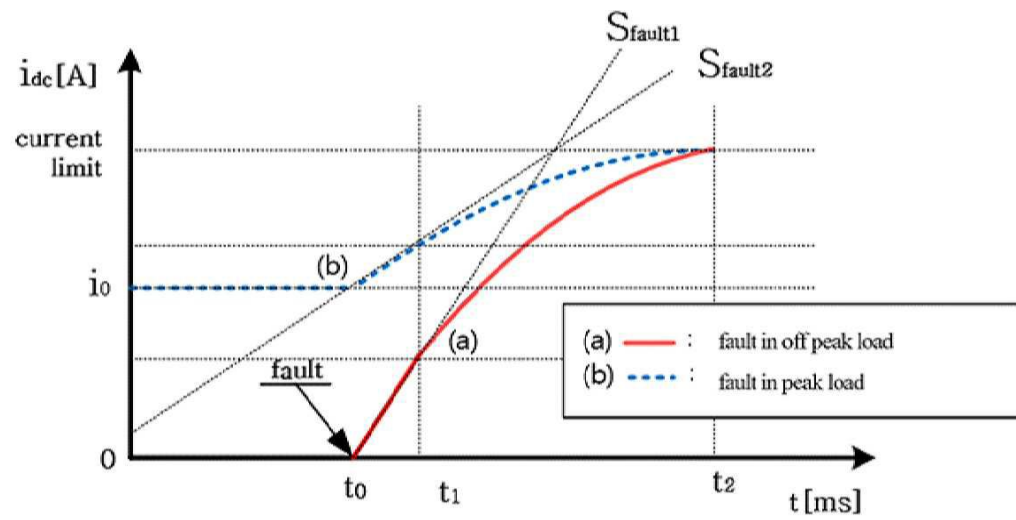
2260 : 스위치 컨트롤 포트

도면

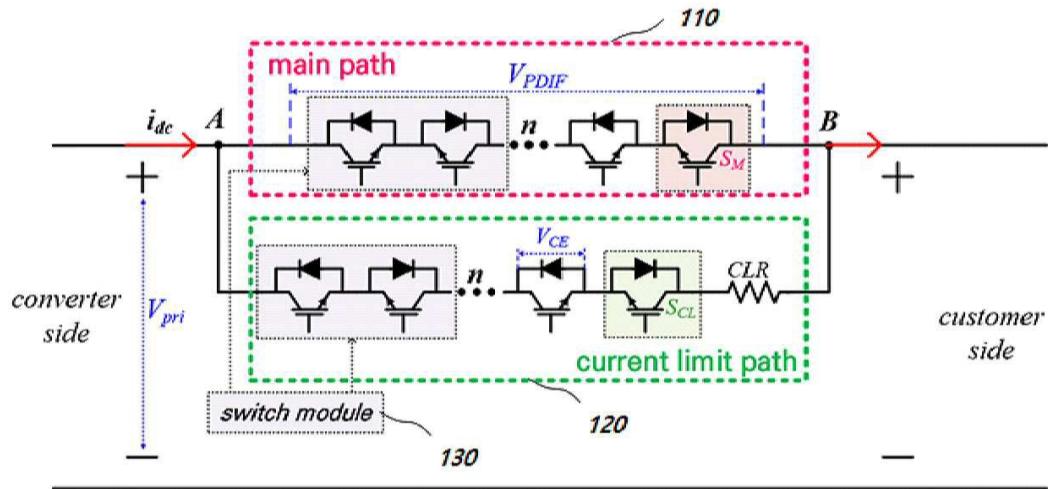
도면1



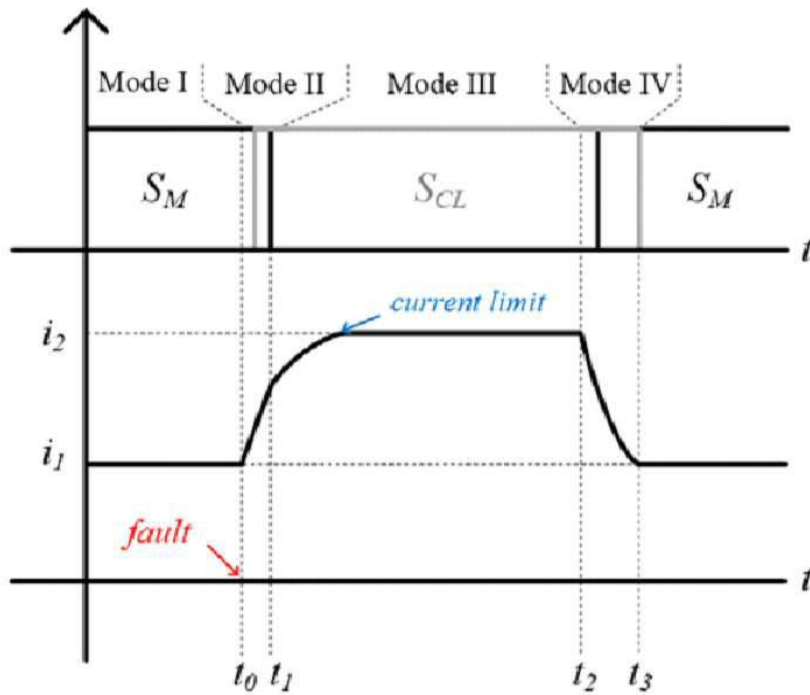
도면2



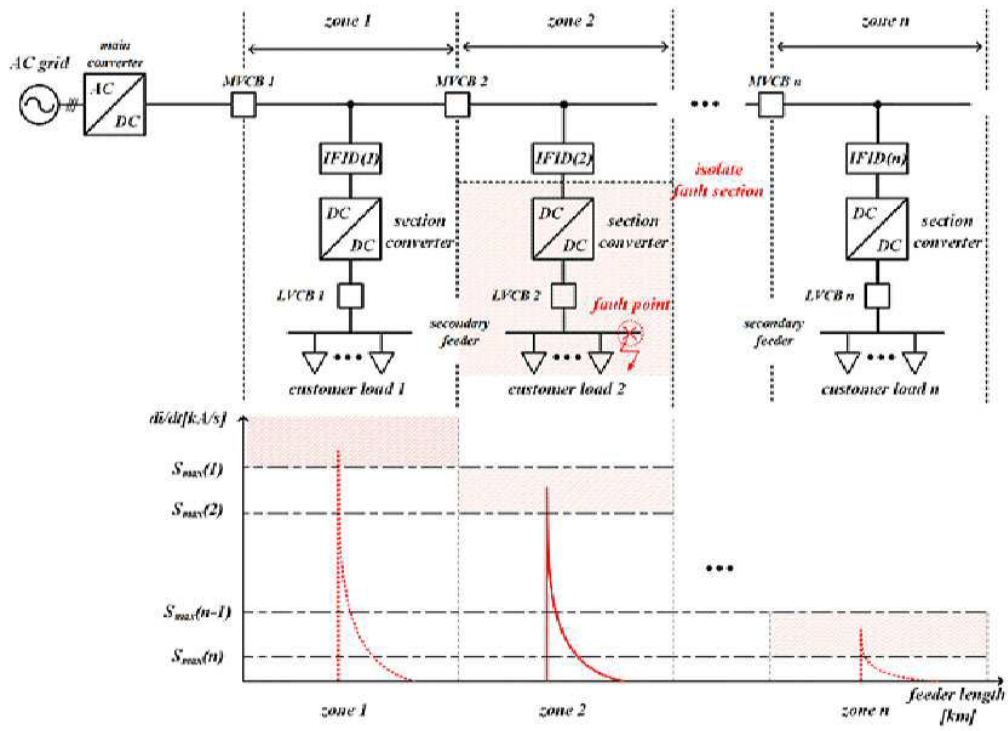
도면3



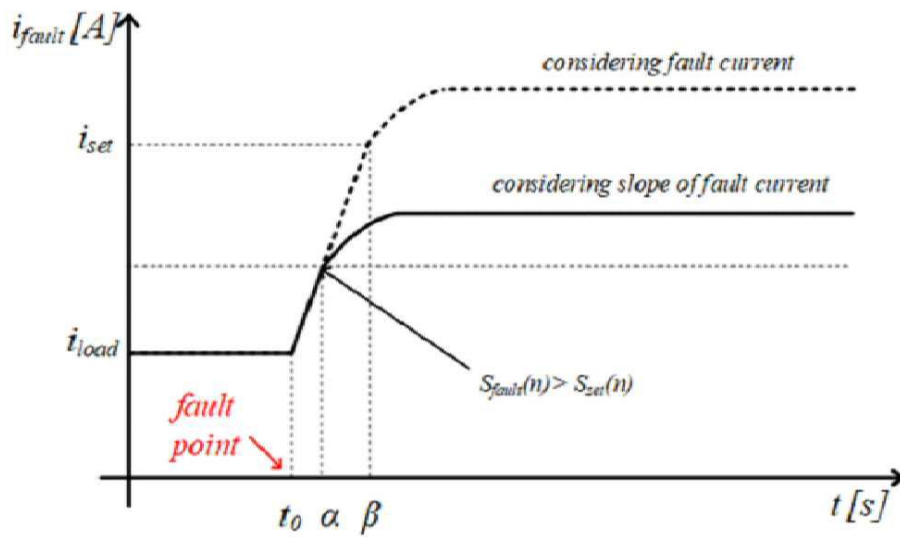
도면4



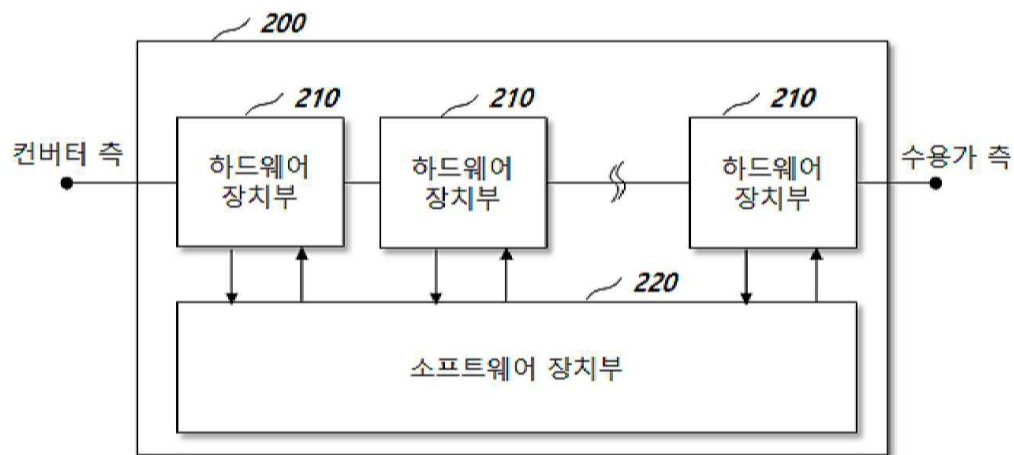
도면5



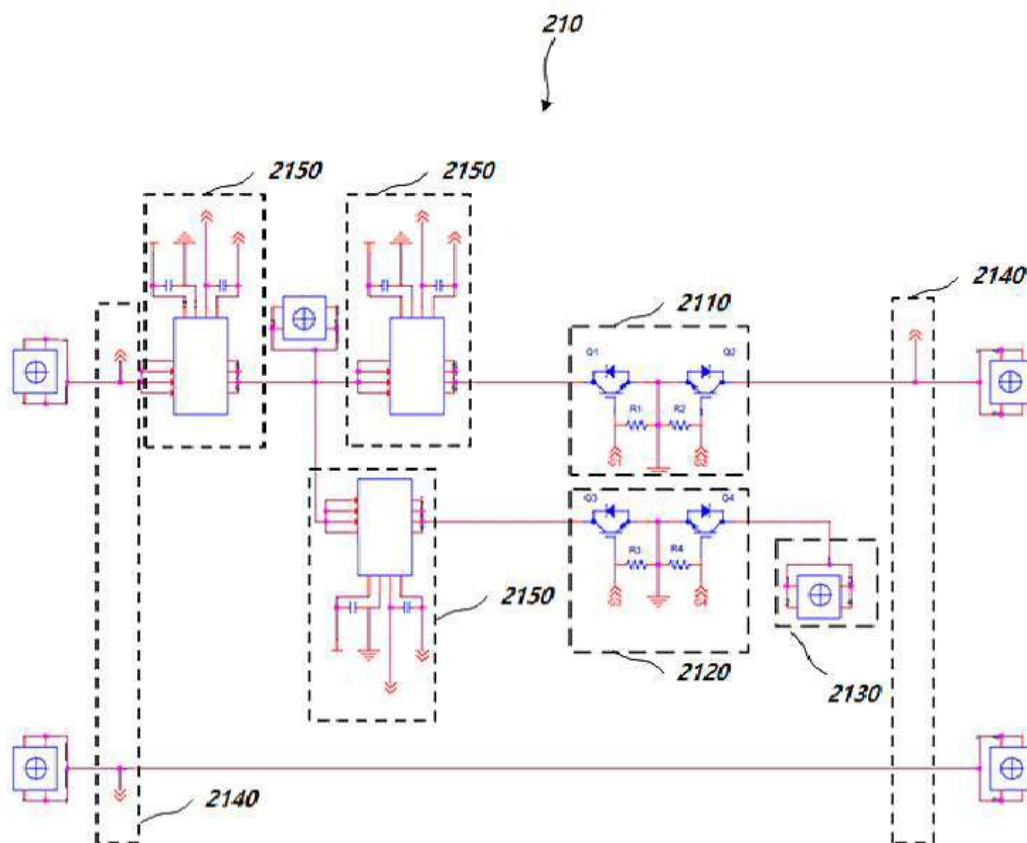
도면6



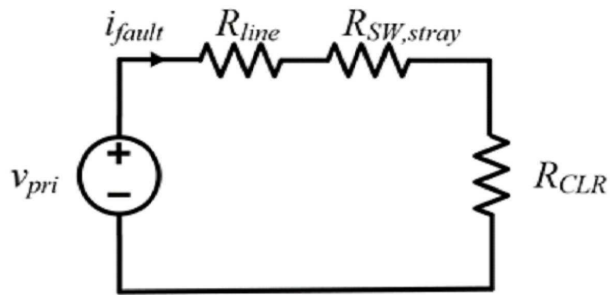
도면7



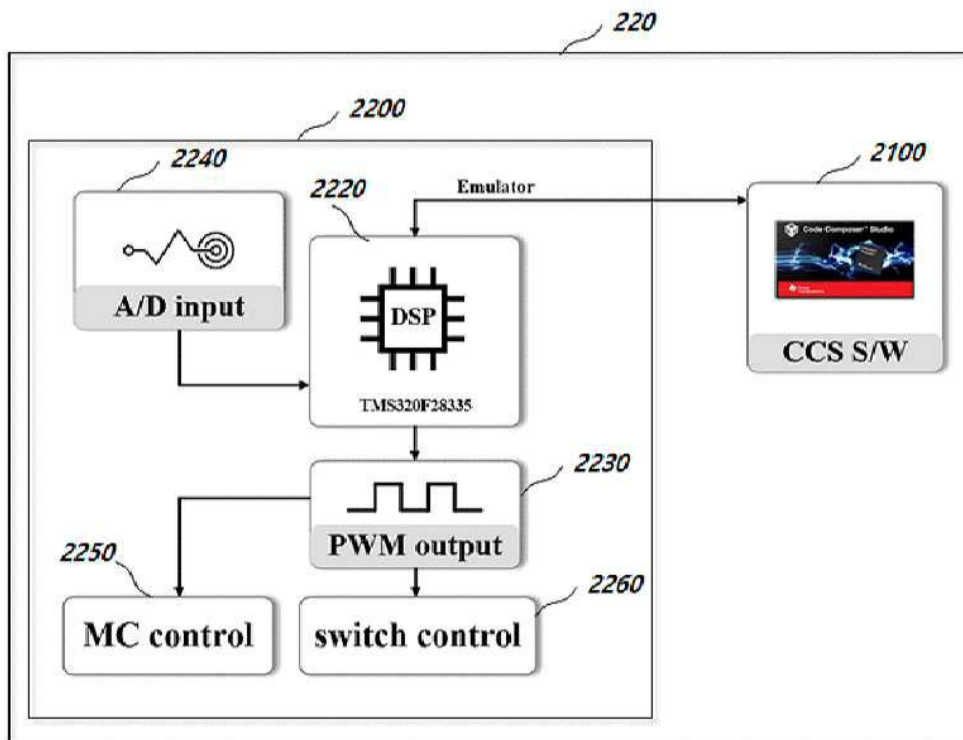
도면8



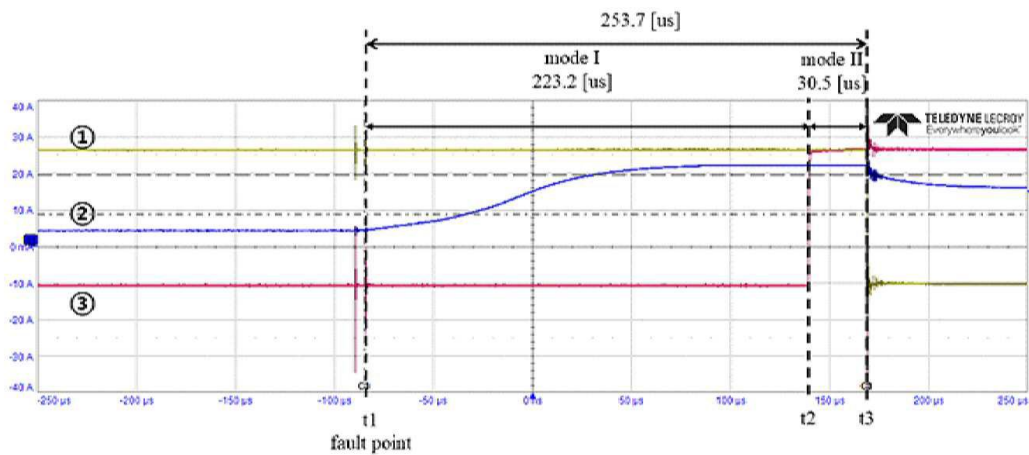
도면9



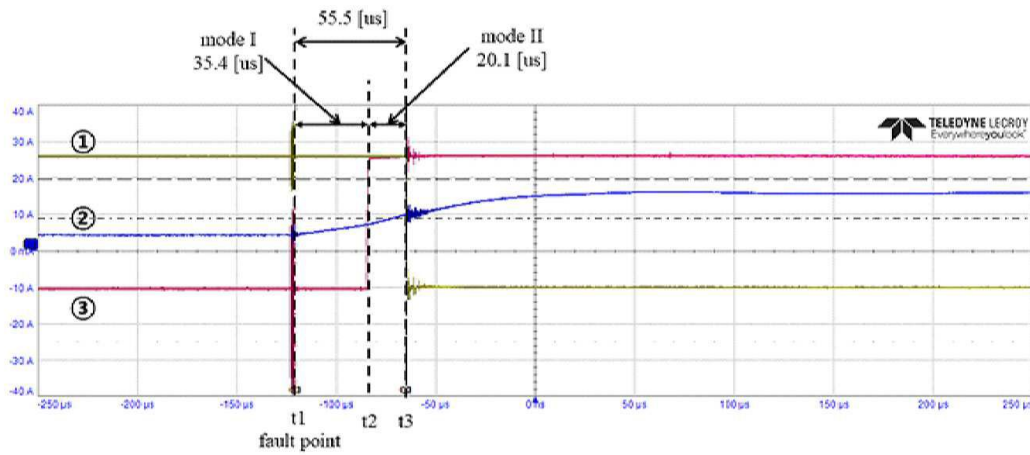
도면10



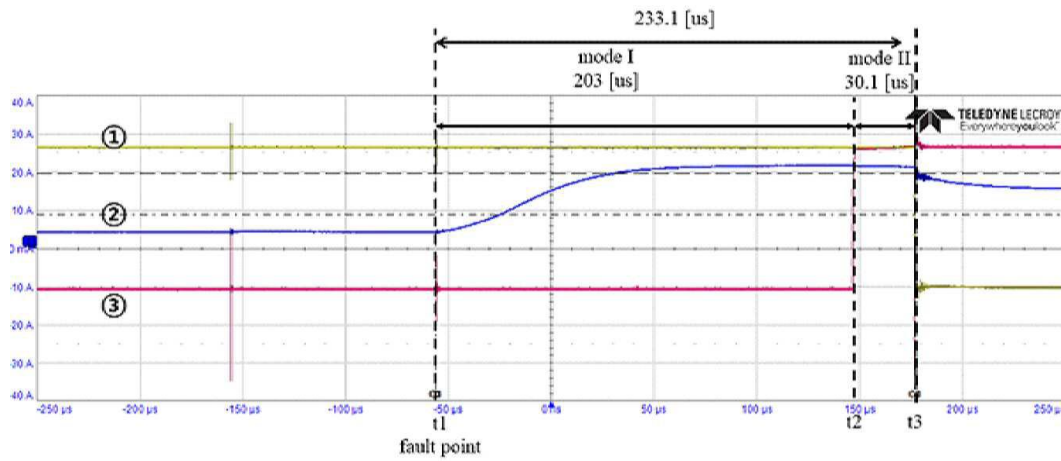
도면11



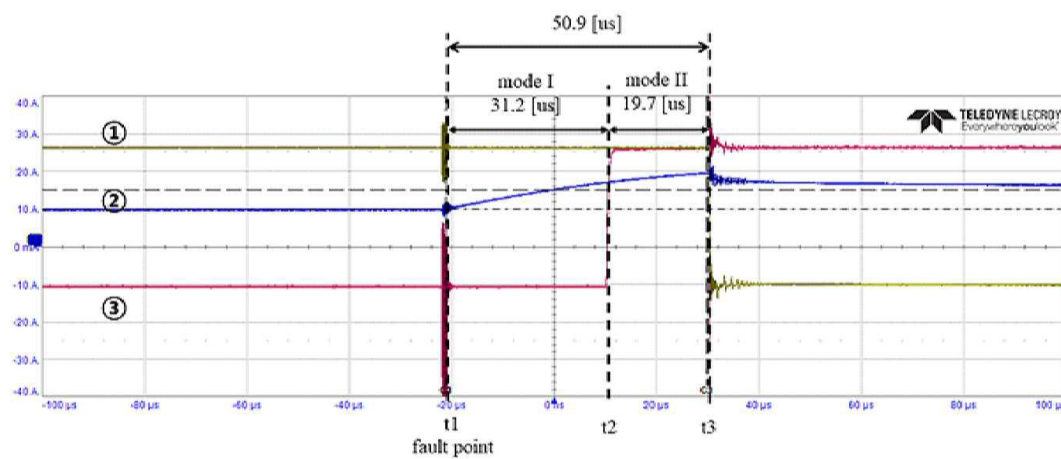
도면12



도면13



도면14



임시명세서(첨부)



아이콘을 더블 클릭하시면 임시명세서 파일이 열립니다.

본 공보 PDF는 첨부파일을 가지고 있습니다. Acrobat Reader PDF뷰어를 제공하지 않는 브라우저(크롬, 파이어폭스, 사파리 등)의 경우 첨부파일 열기가 제한되어 있으므로 Acrobat Reader PDF뷰어 설치 후 공보 PDF를 다운로드 받아 해당 뷰어에서 조회해주시기 바랍니다.