



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0070979
(43) 공개일자 2024년05월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02J 1/10 (2019.01) H02J 7/34 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02J 1/102 (2023.08)
H02J 7/34 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0152550
(22) 출원일자 2022년11월15일
심사청구일자 2022년11월15일

(71) 출원인
주식회사 넥스트스퀘어
경기도 군포시 고산로148번길 18 (당정동)
(72) 발명자
박건우
서울특별시 금천구 시흥대로66길 28
김형준
경기도 수원시 권선구 금곡로 20, 605동 1902호(금곡동, YCITY(와이시티))
(74) 대리인
박문수

전체 청구항 수 : 총 5 항

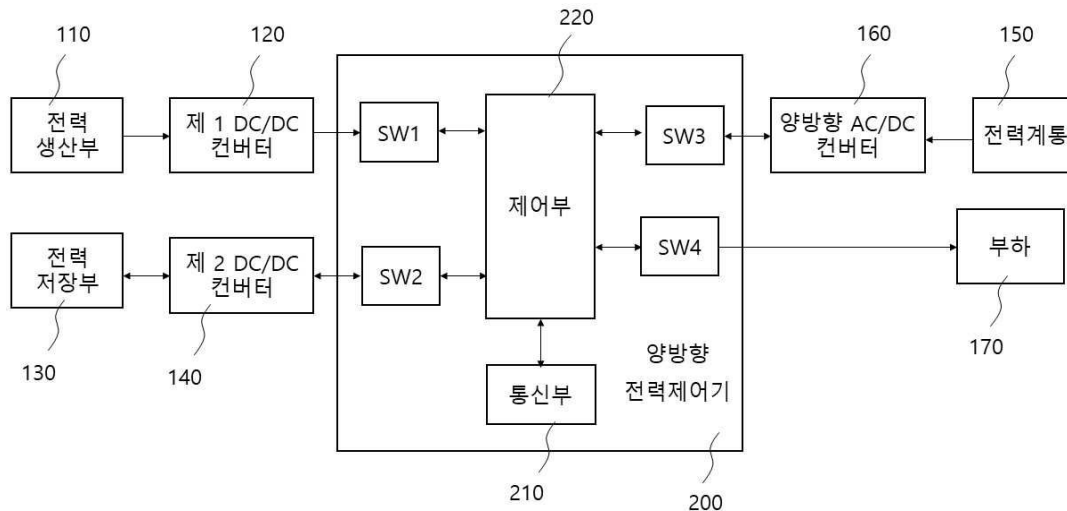
(54) 발명의 명칭 전력 방향성을 갖는 직류 전력계통용 스위칭 장치의 제어방법

(57) 요약

본 발명은 양방향 전력제거기의 차단 기능에 전류 흐름이 양방향성의 기능을 갖는 반도체 소자를 활용하여 전력의 방향을 결정할 수 있도록 함으로써 전력 관리의 편의성 및 계통의 안정화를 향상시키도록 한 전력 방향성을 가지는 직류 전력계통용 스위칭 장치에 관한 것으로서, 신재생원으로부터 전기 에너지를 생산하는 전력

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



생산부와, 상기 전력 생산부로부터 생산된 전기 에너지를 정류하여 출력하는 제 1 DC/DC 컨버터와, 상기 전력 생산부로부터 생산된 전기 에너지를 저장하는 전력 저장부와, 상기 전력 저장부에서 저장된 전기 에너지를 정류하여 출력하는 제 2 DC/DC 컨버터와, 외부의 전력계통으로부터 유입되는 교류전력을 직류전력으로 변환하여 출력하는 양방향 AC/DC 컨버터와, 상기 제 1, 제 2 DC/DC 컨버터와 양방향 AC/DC 컨버터와 부하 사이에 각각 구성되어 상기 전력계통에서 유입되는 전력, 상기 에너지 저장부에 저장된 전력, 상기 전력 생산부에서 생산된 전력 중 어느 하나의 전력을 선택적으로 공급하기 위한 양방향 전력제어기를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

(52) CPC특허분류

Y04S 10/20 (2020.08)

Y04S 40/12 (2020.08)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415165335
과제번호	2019381010001B
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국에너지기술평가원
연구사업명	에너지기술개발사업
연구과제명	시스템 자율제어 및 보호협조가 가능한 직류 수용가용 DC마이크로그리드 시스템 핵심
기기 기술 개발	
기 여 율	1/1
과제수행기관명	(주)에코스
연구기간	2019.05.01 ~ 2024.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

신재생원으로부터 전기 에너지를 생산하는 전력 생산부와,
 상기 전력 생산부로부터 생산된 전기 에너지를 정류하여 출력하는 제 1 DC/DC 컨버터와,
 상기 전력 생산부로부터 생산된 전기 에너지를 저장하는 전력 저장부와,
 상기 전력 저장부에서 저장된 전기 에너지를 정류하여 출력하는 제 2 DC/DC 컨버터와,
 외부의 전력계통으로부터 유입되는 교류전력을 직류전력으로 변환하여 출력하는 양방향 AC/DC 컨버터와,
 상기 제 1, 제 2 DC/DC 컨버터와 양방향 AC/DC 컨버터와 부하 사이에 각각 구성되어 상기 전력계통에서 유입되는 전력, 상기 에너지 저장부에 저장된 전력, 상기 전력 생산부에서 생산된 전력 중 어느 하나의 전력을 선택적으로 공급하기 위한 양방향 전력제어기를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 전력 방향성을 가지는 직류 전력계통용 스위칭 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 양방향 전력제어기는 외부로부터 고장이 발생하여 전류가 흐르지 못한 위치 신호를 수신하는 통신부와, 상기 통신부를 통해 수신된 고장 위치 신호를 전달받아 고장이 발생한 위치에 따른 전력의 방향을 결정하는 조작신호를 출력하는 제어부와, 상기 제어부의 조작신호를 전달받아 선택적으로 ON/OFF되어 상기 부하에 필요한 직류 전원을 공급하는 제 1 내지 제 4 스위치를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 전력 방향성을 가지는 직류 전력계통용 스위칭 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 양방향 전력제어기는 직류 그리드 형태의 스마트 그리드에서 전력계통에 단락과 같은 사고가 발생한 경우, 위험 요소를 즉시 제어하는 것을 특징으로 하는 전력 방향성을 가지는 직류 전력계통용 스위칭 장치.

청구항 4

제 2 항에 있어서, 상기 제어부는 각 스위치에 흐르는 전류 값을 전달받아 연산을 거쳐 각 스위치에 동작 신호를 전송하는 것을 특징으로 하는 전력 방향성을 가지는 직류 전력계통용 스위칭 장치.

청구항 5

제 2 항에 있어서, 상기 제 1 내지 제 4 스위치는 AC/DC 컨버터의 직류측, 전력 생산부측, 직류 전로측, 직류 모선측에 각각 구비되는 것을 특징으로 하는 전력 방향성을 가지는 직류 전력계통용 스위칭 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전력 방향성을 갖는 직류 전력계통용 스위칭 장치에 관한 것으로, 특히 전력 관리의 편의성을 높이며 계통의 안정화를 향상시키도록 한 전력 방향성을 갖는 직류 전력계통용 스위칭 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전력변환기술의 비약적 발전, 직류기반의 디지털부하 증가 및 직류 기반의 신재생에너지, 에너지저장장치, 전기 자동차의 보급 확대에 대한 기대감으로 직류배전 기술 개발에 대한 요구가 증가하고 있다. 직류 전원 공급 방식은 AC/DC 전력변환 횟수를 줄인 고효율 변환을 통해 소비전력을 저감하는 방식으로 지구온난화에 대한 대응이 시급한 지금, 매우 효과적인 대책이 될 수 있다. 따라서, 저압직류(LVDC; Low Voltage Direct Current) 배전망

에서 정상상태를 고려한 운영 기술과 보호 측면에서의 운영 기술을 개발함으로써 에너지효율과 전력품질을 제고, 계통의 신뢰성을 증가시킬 필요가 있다.

- [0003] 이러한 저압직류 배전계통에서 보호 관련 연구가 다양하게 수행되어 왔다.
- [0004] 1. 스마트그리드에서 활용가능 한 advanced local measurements and communications을 활용하여 fast dc fault detection and interruption이 가능한 방법을 제안하였다.
- [0005] 2. DC 고장을 검출하고 위치를 찾기 위하여 직류(DC) 방향을 기반으로 하며, 제어 가능한 solid-state circuit breakers와 결합한 여러 지능형 계전기를 사용한 방법을 제안하였다.
- [0006] 3. 고장 및 비고장 상황을 구분하기 위하여 고장전류의 1차 및 2차 미분 값을 이용한 방법을 제안하였다.
- [0007] 4. hybrid AC/DC LV distribution system의 과도반응을 해석하고 각 시스템을 위한 보호 방법을 제안하였다.
- [0008] 5. LVDC 시스템에서 단락 보호를 위한 퓨즈 사용이 평가되었다.
- [0009] 6. 인덕터와 커패시터, one current and one voltage transducer로 구성된 Hybrid passive-overcurrent relay를 제안하였다. 이 논문에서, 저저항 고장 검출을 위하여 계전기는 간단한 과전류 기능을 사용하며, 고저항 사고 검출을 위하여 실시간 discrete wavelet transform이 사용되었다.
- [0010] 7. 통신 장비가 필요없는 등가 인덕턴스 추정 기반의 고장 검출 방법이 제안되었다.
- [0011] 8. 커패시터 방전 특성을 갖춘 고장전류 혹은 high impedance faults (HIFs) with arcing phenomenon로부터 특징을 추출하기 위하여 mathematical morphology (MM) 기반의 보호 방법을 제안하였다.
- [0012] 9. 과전류, 전류의 1차 및 2차 미분, 신호처리 기법의 장점을 사용한 고장 검출 방법을 제안하였다.
- [0013] 10. 지능형 전자장비 및 solid-state circuit breaker를 적용한 ring-bus LVDC 마이크로그리드에서의 보호 방법을 제안하였다.
- [0014] 11. 저저항 고장과 고저항 고장을 구분하여, 저저항 고장은 인덕터에 걸리는 전압을 활용하고 고저항 고장은 지락전류를 활용한 고장 검출 및 위치 추정 방법을 제안하였다.
- [0015] 12. 커패시터 방전 전류를 분석하고 이것을 활용은 고장 영역 검출 방법을 제안하였다.
- [0016] 13. voltage change (dv/dt) and the change of current (di/dt)을 결합한 새로운 보호 방법을 제안하였다.
- [0017] 최근 인구 증가에 따른 내연기관의 사용량 증가와 전세계적인 공업화로 인하여 화석연료의 수요증가 문제가 대두되고 있다. 화석 연료는 지구 온난화, 미세 먼지 등의 심각한 환경 오염을 유발하는 요인이 된다. 이러한 이유로 친환경 에너지에 대한 관심이 점차 증가하고 있으며 특히 스마트 그리드(Smart Grids) 분야에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.
- [0018] 이러한 스마트 그리드는 전력망의 고도화를 의미하며 친환경적인 요소와 지역 발전의 통합을 통한 전력 공급을 가능하게 한다. 스마트 그리드에 의하면 실시간 수집되는 전력 정보를 이용하여 전력 생산자와 전력 소비자 간의 효율적인 전력 생산 및 소비가 가능하며 지능형 전력 인터페이스 장비들을 이용하여 전력망의 안정화 및 고 효율화를 추구할 수 있도록 한다.
- [0019] 한편, 스마트 그리드를 구현하는 방법으로는 마이크로/나노 그리드의 고도화를 통한 상향식 접근 방식이 효과적이며 이와 관련된 많은 연구가 진행되고 있다. 이러한 고도화된 마이크로/나노 그리드 중에서도 기존의 교류 전력이 아닌 직류 전력을 사용하는 직류 그리드(직류 그리드)에 관한 연구가 현재 활발히 진행되고 있다.
- [0020] 이때 교류 전력이 아닌 직류 전력을 사용할 경우 배전에 필요한 전선의 사용량을 줄일 수 있으며 안정적인 전력 공급이 가능하며 신재생 에너지원과 같은 직류 분산 전원의 연결이 용이한 이점이 있다. 또한 대부분의 전자 기기들이 내부적으로는 직류 전원을 사용한다는 점을 고려하여 볼 때 직류 전력을 사용할 경우 전력 변환 횟수를 줄일 수 있어 시스템의 고효율화를 달성할 수 있고 전력 변환에 필요한 추가 부품의 불필요한 사용을 줄일 수 있어 자원 소비를 절감하고 제품의 가격 경쟁력을 높일 수 있다.
- [0021] 직류 그리드에 해당하는 직류 마이크로/나노 그리드 시스템은 일반적으로 분산 전원(신재생 발전기; 풍력, 태양광 등), 에너지 저장 장치(배터리), 부하(직류 부하)가 직류 선로에 결합되어 기존의 교류 전력망과 연계된 소규모 전력망 형태를 가진다.

[0022] 직류 마이크로/나노 그리드의 효율적인 운용을 위해서는 직류 선로에 연결되어 있는 분산 전원, 에너지 저장 장치, 직류 부하, 교류 전력망 사이의 전력 흐름이 효과적으로 관리되어야 한다. 다시 말해서, 직류 전력 시스템 내의 부하의 소모량, 에너지 저장 장치의 전력 저장 상태, 분산 전원의 전력 생산량에 따라 직류 전력 시스템을 구성하는 각 구성 요소 간에 적절한 동작점 설정 및 긴밀한 전력 배분이 이루어져야 한다.

[0023] 이를 위해 각 구성 요소는 그리드의 직류 전압을 제어하는 전력 변환 장치로부터 직류 전력계통 시스템의 전력 상태 정보를 필요로 한다.

[0024] 이와 같은 직류 전력계통 시스템에서는 각 구성 요소의 전력 상태 정보를 바탕으로 전력 흐름을 관리해야 한다. 이때, 추가적인 통신 장치를 사용하여 각 요소 장치 간의 정보 전달을 수행할 수도 있으나 직류 전력망 이외에 추가적인 통신망을 필요로 하기 때문에 비효율적인 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0025] 본 발명은 상기와 같은 문제를 해결하기 위한 것으로 제어 흐름이 양방향성 기능을 갖는 반도체 소자를 활용하여 전력의 방향을 결정할 수 있도록 함으로써 전력 관리의 편의성 및 계통의 안정화를 향상시키도록 한 전력 방향성을 가지는 직류 전력계통용 스위칭 장치를 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0026] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 의한 전력 방향성을 가지는 직류 전력계통용 스위칭 장치는 신재생원으로부터 전기 에너지를 생산하는 전력 생산부와, 상기 전력 생산부로부터 생산된 전기 에너지를 정류하여 출력하는 제 1 DC/DC 컨버터와, 상기 전력 생산부로부터 생산된 전기 에너지를 저장하는 전력 저장부와, 상기 전력 저장부에서 저장된 전기 에너지를 정류하여 출력하는 제 2 DC/DC 컨버터와, 외부의 전력계통으로부터 유입되는 교류전력을 직류전력으로 변환하여 출력하는 양방향 AC/DC 컨버터와, 상기 제 1, 제 2 DC/DC 컨버터와 양방향 AC/DC 컨버터와 부하 사이에 각각 구성되어 상기 전력계통에서 유입되는 전력, 상기 에너지 저장부에 저장된 전력, 상기 전력 생산부에서 생산된 전력 중 어느 하나의 전력을 선택적으로 공급하기 위한 양방향 전력제어를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0027] 본 발명에 의한 전력 방향성을 가지는 직류 전력계통용 스위칭 장치는 다과 같은 효과가 있다.

[0028] 첫째, 직류 그리드 형태의 스마트 그리드에서 계통에 단락과 같은 사고가 발생한 경우, 위험 요소를 즉시 제어할 수 있다.

[0029] 둘째, 직류 그리드 형태의 스마트 그리드에서 계통에 단락과 같은 사고가 발생한 경우, 위험 요소를 즉시 차단할 수 있으며 양방향 전력제어의 기능과 반도체 소자의 양방향성 전류 흐름 기능을 활용하여 전력의 방향을 결정할 수 있다.

[0030] 셋째, 전력 관리의 편의성과 계통의 안정화를 높일 수 있다. 즉, IGBT를 이용하여 전력의 방향을 결정할 수 있으므로 추가적인 제어 없이 편리하게 전력 관리를 할 수 있다.

[0031] 넷째, 신재생 에너지 및 ESS와 연결 스위치, 교류 측과 연결 스위치, 부하 측과 연결 스위치, 제어 및 통신을 통해 각 부분의 전류를 입력으로 받은 후 제어 파트에서 스위치 동작을 제어할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은 본 발명에 의한 전력 방향성을 갖는 직류 전력계통용 스위칭 장치를 개략적으로 나타낸 구성도

도 2는 저압 직류배전(LVDC) 시스템에서 전력 방향성을 갖는 직류 전력계통용 스위칭 장치를 설명하기 위한 구성도

도 3은 도 2에서 정상상태와 (1)번 위치의 양방향 AC/DC 컨버터의 직류측에서 고장 발생시 전류의 흐름을 비교한 도면

도 4는 도 2의 정상상태와 (2)번 위치에서 고장 시 전류 흐름을 비교한 도면

도 5는 도 2의 정상상태와 (3)번 위치에서 고장 시 전류 흐름을 비교한 도면

도 6은 본 발명에 의한 전력 방향성을 갖는 직류 전력계통용 스위칭 장치의 양방향 전력제어기를 고려한 보호 방식을 설명하기 위한 구성도

도 7은 도 6의 제어부에 대한 동작 알고리즘

도 8 내지 도 10은 Case 1의 시뮬레이션으로 SW1, SW2, SW3에 흐르는 전류를 보여주는 도면

도 11의 도 10의 SW1, SW2, SW3의 동작 결과를 나타낸 도면

도 12는 도 8 내지 도 10에서 직류 부하의 소비전력을 나타낸 그래프

도 13 내지 도 16은 Case 2의 시뮬레이션 결과를 나타낸 그래프

도 17은 도 13 내지 도 15에서 직류 부하의 소비전력을 나타낸 그래프

도 18 내지 도 21은 Case 3의 시뮬레이션 결과를 나타낸 그래프

도 22는 도 18 내지 도 20에서 직류 부하의 소비전력을 그래프

도 23 내지 도 26은 Case 4의 시뮬레이션 결과를 나타낸 그래프

도 27은 도 23 내지 도 25에서 직류 부하의 소비전력을 나타낸 그래프

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0033] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0034] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0035] 도 1은 본 발명에 의한 전력 방향성을 갖는 직류 전력계통용 스위칭 장치를 개략적으로 나타낸 구성도이다.
- [0036] 본 발명에 의한 전력 방향성을 갖는 직류 전력계통용 스위칭 장치는 도 1에 도시된 바와 같이, 신재생원으로부터 전기 에너지를 생산하는 전력 생산부(PV)(110)와, 상기 전력 생산부(110)로부터 생산된 전기 에너지를 정류하여 출력하는 제 1 DC/DC 컨버터(120)와, 상기 전력 생산부(110)로부터 생산된 전기 에너지를 저장하는 전력 저장부(ESS)(130)와, 상기 전력 저장부(130)에서 저장된 전기 에너지를 정류하여 출력하는 제 2 DC/DC 컨버터(140)와, 외부의 전력계통(150)으로부터 유입되는 교류전력을 직류전력으로 변환하여 출력하는 양방향 AC/DC 컨버터(160)와, 상기 제 1, 제 2 DC/DC 컨버터(120, 140)와 양방향 AC/DC 컨버터(160)와 부하(170) 사이에 각각 구성되어 상기 전력계통(150)에서 유입되는 전력, 상기 에너지 저장부(130)에 저장된 전력, 상기 전력 생산부(110)에서 생산된 전력 중 어느 하나의 전력을 선택적으로 공급하기 위한 양방향 전력제어기(200)를 포함하여 구성된다.
- [0037] 여기서, 상기 양방향 전력제어기(200)는 외부로부터 고장이 발생하여 전류가 흐르지 못한 위치 신호를 수신하는 통신부(210)와, 상기 통신부(210)를 통해 수신된 고장 위치 신호를 전달받아 고장이 발생한 위치에 따른 전력의 방향을 결정하는 조작신호를 출력하는 제어부(220)와, 상기 제어부(220)의 조작신호를 전달받아 선택적으로 ON/OFF되어 상기 부하(170)에 필요한 DV 전원을 공급하는 제 1 내지 제 4 스위치(SW1, SW2, SW3, SW4)를 포함하여 이루어진다.
- [0038] 여기서, 상기 양방향 전력제어기(200)는 직류 그리드 형태의 스마트 그리드에서 전력계통(150)에 단락과 같은 사고가 발생한 경우, 위험 요소를 즉시 제어할 수 있는 스마트 그리드 환경에서 에너지 분전 시스템을 제공하기 위한 장치이다.
- [0039] 상기 양방향 전력제어기(200)를 활용한다면 제 1 내지 제 4 스위치(SW1, SW2, SW3, SW4)를 이용하여 전력의 방향을 결정할 수 있으므로, 추가적인 제어 없이 편리하게 전력 관리를 할 수 있다.
- [0040] 본 발명은 저전압 직류배전 시스템에서 고장 시 전류의 특성 분석을 통해 고장이 발생한 위치를 판단하고, 그에 따라 스위치 동작을 제어할 수 있다.

- [0041] 즉, 상기 양방향 전력제어기(200)를 이용하여 적어도 어느 한 곳의 위치에서 고장이 발생하여 정상적인 전류가 흐르지 않아 부하(170)에 필요한 전원이 공급되지 않을 경우에 전력 생산부(110), 에너지 저장부(130), 전력계통(150) 및 부하(170) 사이에 각각 연결된 제 1 내지 제 4 스위치(SW1, SW2, SW3, SW4)를 구성하고 각 부분의 전류를 입력으로 받은 후 상기 제어부(220)에서 스위치 동작을 결정할 수 있다.
- [0042] 한편, 상기 전력 생산부(110)는 이후 태양광으로부터 전기 에너지를 생산하는 태양전지(PV)를 하나의 실시예로 설명하는데, 이에 한정하지 않고 풍력, 지열, 조력 등과 같은 에너지원으로부터 전기 에너지를 생산할 수 있다.
- [0043] 도 2는 저압 직류배전(LVDC) 시스템에서 전력 방향성을 갖는 직류 전력계통용 스위칭 장치를 설명하기 위한 구성도이다.
- [0044] 도 2에 도시된 바와 같이, 전력계통(150)과 연계되어 있으며, 제 1 DC/DC 컨버터(120)를 거쳐 직류 부하에 전력을 공급할 수 있도록 제 1 내지 제 3 스위치(SW1, SW2, SW3)를 구비하고 있다.
- [0045] 이때 상기 제 1 내지 제 3 스위치(SW1, SW2, SW3)의 전단에 고장 발생이 가능한 위치를 (1) 내지 (4)로 나타내고 있고, (1)은 양방향 AC/DC 컨버터의 직류측 고장위치를 나타내고, (2)는 태양전지에 연결된 DC/DC 컨버터의 고장위치를 나타내며, (3)은 직류 선로에서의 고장위치를 나타내고, (4) 직류 모선에서의 고장위치를 나타낸다.
- [0046] 도 3은 도 2에서 정상상태와 (1)번 위치의 양방향 AC/DC 컨버터의 직류측에서 고장 발생시 전류의 흐름을 비교한 도면이다.
- [0047] 도 3에서와 같이, 정상상태에서는 부하로 전류가 흘러가게 된다. 그렇지만 SW1의 경우 PV측, 부하와 연결된 DC/DC 컨버터의 캐패시터 방전 때문에 정상상태와는 반대 방향으로 고장전류가 흘러오게 된다.
- [0048] 따라서 정상상태와는 반대 극성의 전류가 흐르게 된다. SW2의 경우 정상상태와 고장상태의 고장전류의 흐름 방향은 동일하다. SW3의 경우 부하와 연결된 DC/DC 컨버터의 캐패시터 방전 때문에 정상상태와는 반대 방향으로 전류가 흐르게 되어 반대 극성의 전류가 측정된다.
- [0049] 도 4는 도 2의 정상상태와 (2)번 위치에서 고장 시 전류 흐름을 비교한 도면이다. SW1의 경우 고장시점으로 전류가 주입되는 방향과 정상상태의 방향이 동일하다. SW2의 경우 정상상태에서는 PV측에서 부하로 전력이 공급되는 방향이지만, 고장 발생시 양방향 AC/DC 컨버터 측, 부하와 연결된 DC/DC 컨버터의 캐패시터 방전 때문에 정상상태와는 반대 방향으로 고장전류 흐름이 나타나게 된다.
- [0050] 따라서 반대 극성의 전류가 측정될 것이다. SW3의 경우 부하와 연결된 DC/DC 컨버터의 캐패시터 방전 때문에 정상상태와는 반대 방향으로 전류가 흐르게 되어 반대 극성의 전류가 측정될 것이다.
- [0051] 도 5는 도 2의 정상상태와 (3)번 위치에서 고장 시 전류 흐름을 비교한 도면이다. SW1, SW2, SW3 모두 정상상태와 고장 시 전류 흐름의 방향은 동일하다. 따라서 정상상태와 동일한 극성의 전류가 측정될 것이다.
- [0052] 도 3 내지 도 5에서 (1)~(3)번 위치 고장 시 SW1, SW2, SW3의 고장전류 흐름을 비교하였다. 이것을 표로 정리하면 아래의 표 1과 같다. 즉, 표 1은 고장시 SW1, SW2, SW3의 전류 극성 변화를 나타낸 것이다.

표 1

고장 위치	SW1	SW2	SW3
(1)	(+) → (-)	(+) → (+)	(+) → (-)
(2)	(+) → (+)	(+) → (-)	(+) → (-)
(3)	(+) → (+)	(+) → (+)	(+) → (+)

- [0053]
- [0054] 위의 표 1에서 +는 (+)의 값으로 측정된 전류 값이고, (-)는 고장전류 흐름이 반대가 되어 반대 극성 즉, (-)의 전류 값으로 측정됨을 의미한다. 본 발명에서 양방향 전력제어를 고려한 보호 방식에서 이 특성을 활용하여 (2), (3), (4)번의 고장위치를 구별한다.
- [0055] 직류 모선에서의 고장인 (4)번 위치에서 고장이 발생하면 기존 보호 방식 중 차동보호 계전기의 원리를 응용하

여 (4)번 위치 고장을 판별할 수 있다. 정상 상태에서는 전류의 흐름에 따라 SW1에 흐르는 전류와 SW2에 흐르는 전류의 합이 SW3에 흐르는 전류와 같다. 한편, 어느 하나의 위치에서 고장이 발생하면 이 식이 성립하지 않게 된다.

- [0056] 도 6은 본 발명에 의한 전력 방향성을 갖는 직류 전력계통용 스위칭 장치의 양방향 전력제어를 고려한 보호 방식을 설명하기 위한 구성도이고, 도 7은 도 6의 제어부에 대한 동작 알고리즘이다.
- [0057] 도 6에서와 같이, 제어부(220)가 존재하며, 여기에서 각 스위치(SW1, SW2, SW3)에 흐르는 전류($i_{SW1}, i_{SW2}, i_{SW3}$)를 입력으로 받는다. 그 이후 일정한 연산을 거쳐 각 스위치에 동작 신호를 전송한다.
- [0058] 먼저, 각 스위치의 전류 값($i_{SW1}, i_{SW2}, i_{SW3}$)을 입력으로 받는다. 다음 단계로 고장발생 여부를 판단한다. 각 스위치의 전류값이 고장발생 여부 판단을 위한 기준값보다 크면 직류측이 고장이 발생한 것으로 판단한다.
- [0059] 직류측 고장이 발생한 경우, 각 고장위치를 판단하여 스위치 동작을 제어한다. 우선, 직류 모선의 고장인 (4)번 위치 여부를 판단하기 위하여 $i_{SW1}+i_{SW2}=i_{SW3}$ 이 성립하는지 판단한다. 만약 이 식이 성립한다면 직류 모선이 정상 상태인 것을 의미하므로 (4)번 고장이 아니다. 성립하지 않는다면 직류 모선 고장이 발생한 것이므로 고장 위치는 (4)번으로 판단이 가능하다. (4)번 위치 고장일 경우 교류(AC) 측 및 PV 측 양 방향으로부터 고장전류 공급이 가능하므로 SW1, SW2 모두 Open하여야 한다.
- [0060] 또한, 부하측으로 비정상 전류 공급을 방지하기 위하여 SW3도 Open하여야 한다. 모든 스위치를 Open하면 부하로 전력공급이 불가능하므로 부하에는 정전이 발생하게 된다.
- [0061] 그 외 고장위치 판별을 위하여 표 1에 나타난 전류의 극성 변화를 활용한다. 고장위치 (1)번의 경우 SW1과 SW3이 (+) → (-)로 극성이 변화한다. 따라서, (-)로 극성이 변화하면 값이 0보다 작아 지게 때문에 $i_{SW1}<0$, $i_{SW2}>0$, $i_{SW3}<0$ 이 성립하면 고장위치가 (1)번으로 판단할 수 있다.
- [0062] 이 경우에는 교류측으로부터 비정상 전류 유입을 방지하기 위하여 SW1을 Open한다. SW2와 SW3은 Close 동작을 유지하여 PV로부터 부하에 정상전류 공급을 할 수 있다. 고장위치 (2)번의 경우 SW2와 SW3이 (+) → (-)로 극성이 변화한다. 따라서, (-)로 극성이 변화하면 값이 0보다 작아지게 때문에 $i_{SW1}>0$, $i_{SW2}<0$, $i_{SW3}<0$ 이 성립하면 고장위치가 (2)번으로 판단할 수 있다.
- [0063] 이 경우, PV측을 분리하기 위하여 SW2만 Open하고 SW1과 SW3은 Close를 유지하여 교류(AC) 측에서 AC/DC 컨버터를 거쳐 Load2로 정상전력을 공급할 수 있다. (1)번과 (2)번 위치가 아니라면 최종적으로 (3)번 위치로 판단하여 SW3만 Open하고 SW1과 SW2는 Close를 유지한다. 그러면 PV 및 교류(AC) 측으로부터 부하에는 전력공급을 지속할 수 있다. 부하로는 전력을 공급할 수 없으므로 부하에 정전이 발생하게 된다.
- [0064] 도 7에서와 같이, 각 고장위치를 결정한 후 스위치 동작을 결정한다. 양방향 전력제어기를 활용하지 않는 기존 방법의 경우 고장이 발생하면 모든 전원을 차단하기 때문에 PV로부터 부하로 전력공급 혹은 PV를 이용한 ESS 충전을 할 수 없다.
- [0065] 그러나 본 발명은 양방향 전력제어기를 이용한 보호 방법을 적용한다면 고장위치에 따라 PV로부터 부하에 전력공급이 가능하여 정전시간이 줄어들어 전력 공급의 신뢰도를 향상시킬 수 있다.
- [0066] 본 발명에 의한 전력 방향성을 갖는 직류 전력계통용 스위칭 장치의 계통모델은 도 6과 같다.
- [0067] 이때 PV의 용량은 2kW이다. 직류 배전선로의 길이는 2km이며, 직류 부하량은 50kW이다.
- [0068] 즉, 도 6의 계통 모델은 전력계통 프로그램을 이용하여 구현하였다.
- [0069] 상기와 같이 구현된 계통 모델을 검증하기 위하여 4가지의 시뮬레이션 조건을 설정하였다. Case 1은 AC/DC 컨버터의 직류측 고장이다. Case 2는 PV측 고장이며, Case 3은 직류 선로의 고장이다. Case 4는 직류 모선의 고장이다.
- [0070] 상기 Case 1 내지 Case 4에 대하여 고장 발생시간은 0.5초이며, 영구고장으로 설정하였다. AC/DC 컨버터는 교류측으로부터 고장전류 유입을 막기 위하여 고장발생 즉시 shut down되는 것으로 가정하였다. 또한, 시뮬레이션시 각 스위치의 동작 시간은 고려하지 않았고 각 스위치의 동작 결과에서 1은 'close', 0은 'open' 동작을 의미한다.

- [0071] 그 시뮬레이션의 결과는 다음과 같다.
- [0072] 도 8 내지 도 10은 Case 1의 시뮬레이션으로 SW1, SW2, SW3에 흐르는 전류를 보여주는 도면이다. 0.5초에 고장이 발생하고 SW1에 흐르는 전류는 0보다 작으며, SW2에 흐르는 전류는 0보다 크고, SW3에 흐르는 전류는 0보다 작은 것을 알 수 있다.
- [0073] 따라서 도 7의 동작 알고리즘에 따라 Fault location은 (1)로 판단하고, 도 11의 결과와 같이 SW1, SW2, SW3의 동작 결과를 나타낸다.
- [0074] 도 7의 알고리즘과 같이 SW1만 open되며, 나머지 SW2, SW3는 close 동작을 유지한다.
- [0075] 도 12는 직류 부하의 소비전력을 나타낸 그래프이다.
- [0076] 도 12에서와 같이, 0.5초 동안 고장이 발생함에도 불구하고, 고장측의 SW1만 open되기 때문에 비록 AC side로부터 전력공급이 없더라도 PV측 및 부하에 연결된 커패시터의 방전으로 인하여 부하에 정상적인 전력공급을 지속할 수 있다.
- [0077] 도 13 내지 도 16은 Case 2의 시뮬레이션 결과를 나타낸 그래프이다.
- [0078] 즉, 도 13 내지 도 15는 Case 2에서 sw1, sw2, sw3에 흐르는 전류를 나타낸다. 표 1의 분석결과와 같이, sw1에 흐르는 전류는 0.5초 동안 고장발생 직후 (+) 부호를 나타내며, sw2에 흐르는 전류는 (-), sw3에 흐르는 전류 또한 (-)를 나타냄을 알 수 있다. 따라서, 동작 알고리즘에 따라 고장위치 (2)번으로 판단하고, sw2만 open되고 sw1과 sw3은 close 동작을 유지하는 것을 도 16을 통하여 알 수 있다.
- [0079] 도 13 내지 도 15에서 SW동작 후 oscillation이 발생하였음을 파형을 통하여 알 수 있다. 이것의 원인은 AC/DC 컨버터의 내부 스위치가 shut down 되었기 때문에 AC/DC 컨버터는 6 펄스 다이오드 정류기로 동작하게 된다. 이 경우, 큰 리플을 가지는 전류가 부하측으로 공급되기 때문에 도 16과 같은 파형이 나타난 것이다.
- [0080] 도 17은 직류 부하의 소비전력을 나타낸 그래프이다.
- [0081] 도 17에서와 같이, 0.5초 동안 고장이 발생하였음에도 불구하고 정상상태와 동일한 전력소비가 나타남을 알 수 있다. 즉, SW2만 Open되므로 AC/DC 컨버터 및 부하와 연결된 DC/DC 컨버터의 커패시터 방전으로 인하여 정상전력이 공급됨을 알 수 있다.
- [0082] 도 18 내지 도 21은 Case 3의 시뮬레이션 결과를 나타낸 그래프이다.
- [0083] 즉, 도 18 내지 도 20은 Case 3에서 SW1, SW2, SW3에 흐르는 전류를 나타낸다. 표 1의 분석결과와 같이, 고장 발생 시 모두 (+)의 부호를 나타내므로 도 7의 알고리즘에 따라 고장위치 (3)번으로 판단하고 도 21과 같이 SW3만 Open 되고 나머지는 close 상태를 유지한다.
- [0084] 도 22는 직류 부하의 소비전력을 나타낸다. 직류 선로 고장으로 SW3이 open 된 후 정상적인 전력공급이 불가능하다. SW3이 Open되어 고장영역이 고립되더라도 고장은 영구고장이기 때문에 실제 선로에서 고장은 남아있는 상태이다. 따라서, 부하 측 DC/DC 컨버터의 커패시터 방전 시 전류가 고장점으로 흐르게 되므로 부하에는 전력공급이 되지 않은 것이다.
- [0085] 도 23 내지 도 26은 Case 4의 시뮬레이션 결과를 나타낸 그래프이다.
- [0086] 즉, 도 23 내지 도 25는 Case 4에서 SW1, SW2, SW3에 흐르는 전류를 나타낸다. 이 경우 파형의 크기에서 알 수 있듯이 $i_{SW1}+i_{SW2}=i_{SW3}$ 이 성립하지 않는다. 따라서 동작 알고리즘에 따라 고장위치 (4)번으로 판단하고 도 26과 같이 모든 SW가 Open 된다.
- [0087] 도 27은 직류 부하의 소비전력을 나타낸 그래프이다. 도 22의 Case 3과는 달리 고장발생후에도 일정시간 동안은 소비전력이 발생함을 알 수 있다. 그 이유는 DC/직류 부하 측의 커패시터 방전으로 인하여 전력이 공급되기 때문이다.
- [0088] 이상과 같이 본 발명에서는 신재생에너지가 연계된 저압직류배전계통에서 양방향 전력제어기를 이용한 운영 기법을 제공한다.
- [0089] 우선, 저압직류배전계통에서 고장이 발생 가능한 위치에 따라 고장 시 전류흐름의 특성을 분석한 후, 이 특성을 이용하여 저압직류배전계통에서 양방향 전력제어기를 이용한 보호 방식이다.
- [0090] 본 발명의 보호 방식에서는 고장 전류의 부호 변화에 따라 고장 위치를 AC/DC 측 고장, PV측 고장, 직류 선로측

고장, 직류 모션측 고장으로 판단하고 각 고장위치에 따라 양방향 전력제어기의 스위치 동작이 결정된다.

[0091] 그 방법은 전력계통 프로그램을 이용한 시뮬레이션을 통하여 검증한다. 저압직류배전계통 및 방법을 모델링하고, 고장위치를 달리하면서 시뮬레이션을 수행한다.

[0092] 그 결과, 알고리즘에 따라 고장위치를 정확히 판단하고 양방향 전력제어기의 스위치가 동작함을 확인할 수 있다.

[0093] 한편, 이상 본 발명을 몇 가지 바람직한 실시예를 사용하여 설명하였으나, 이들 실시예는 예시적인 것이며 한정적인 것이 아니다. 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 지닌 자라면 본 발명의 사상과 첨부된 특허청 구범위에 제시된 권리범위에서 벗어나지 않으면서 다양한 변화와 수정을 가할 수 있음을 이해할 것이다.

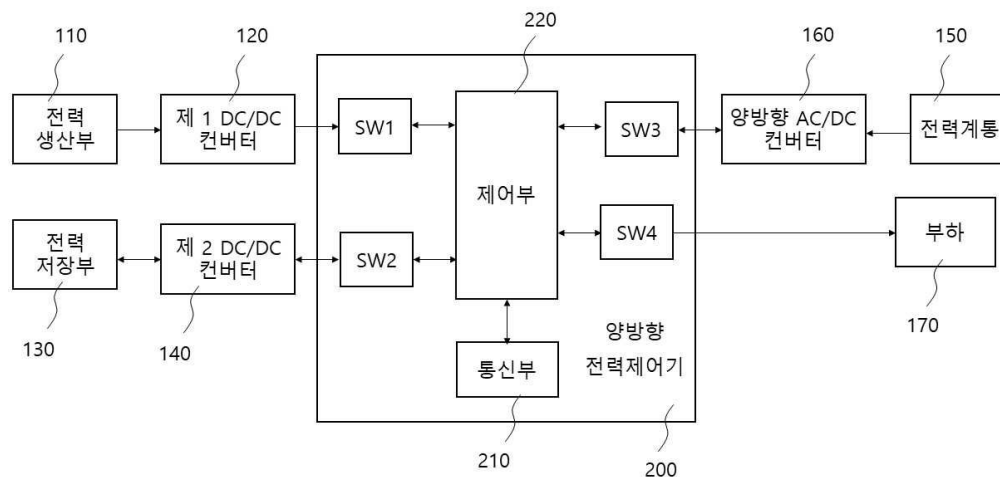
부호의 설명

[0094]

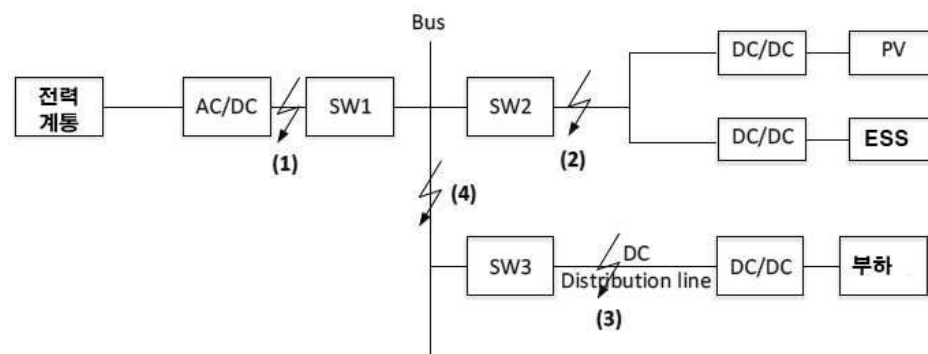
110 : 전력 생산부	120 : 제 1 DC/DC 컨버터
130 : 전력 저장부	140 : 제 2 DC/DC 컨버터
150 : 전력계통	160 : 양방향 AC/DC 컨버터
170 : 부하	200 : 양방향 전력제어기

도면

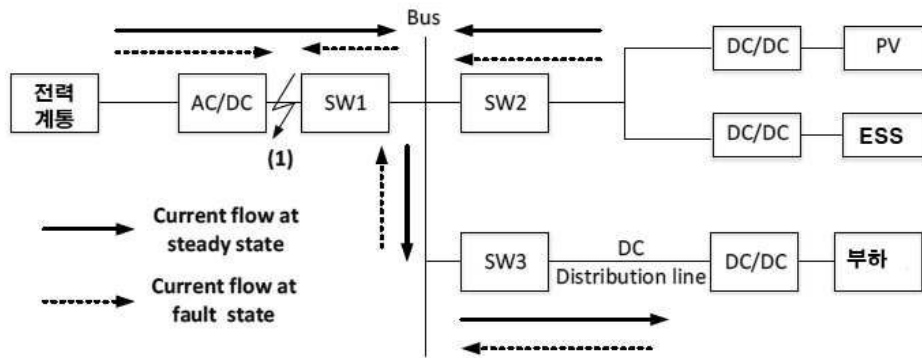
도면1



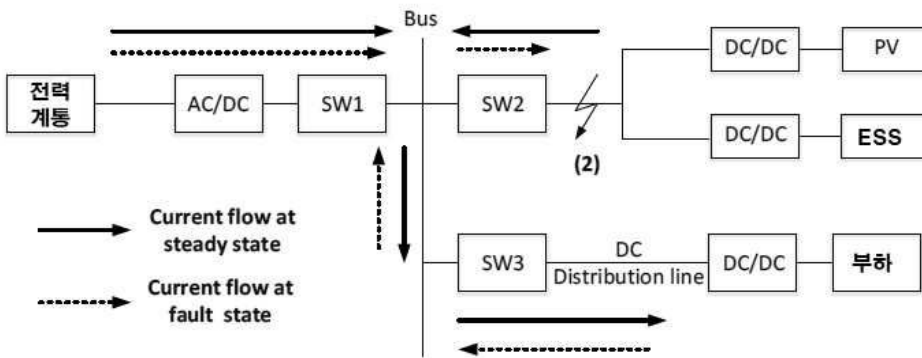
도면2



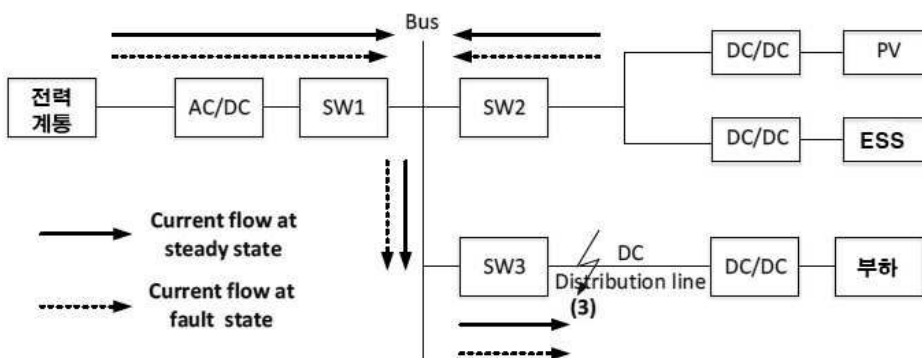
도면3



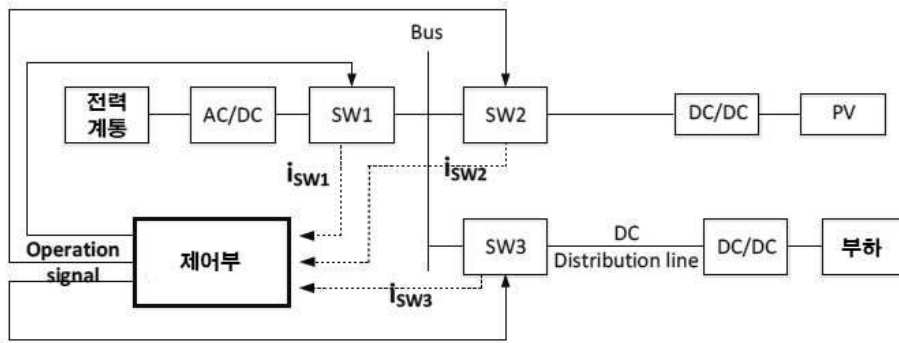
도면4



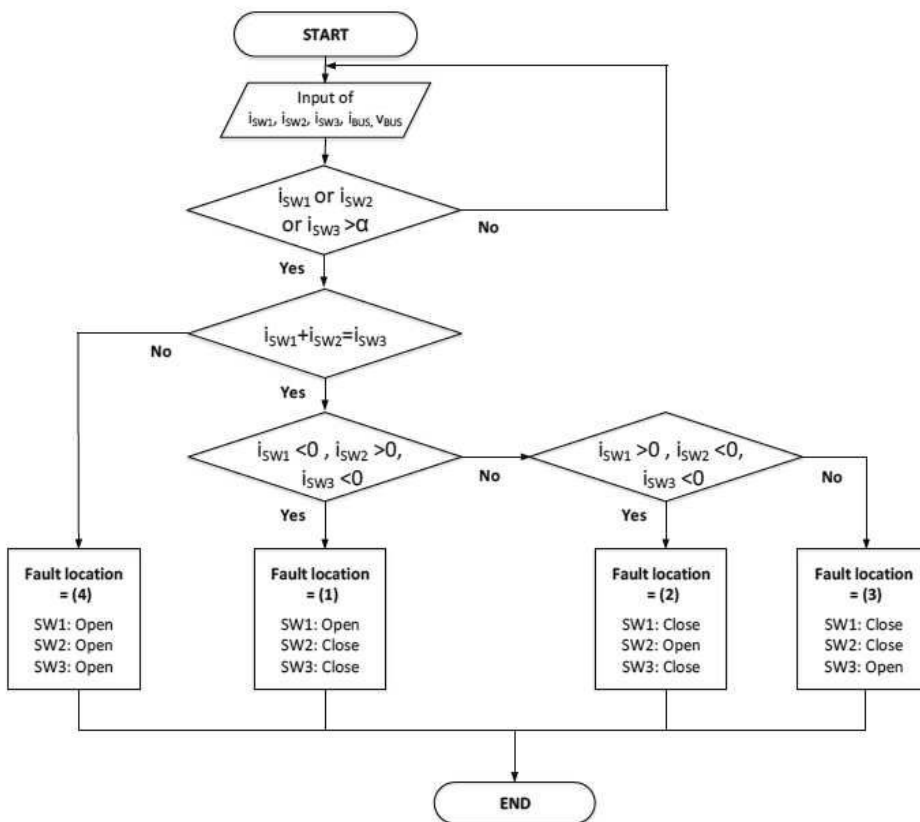
도면5



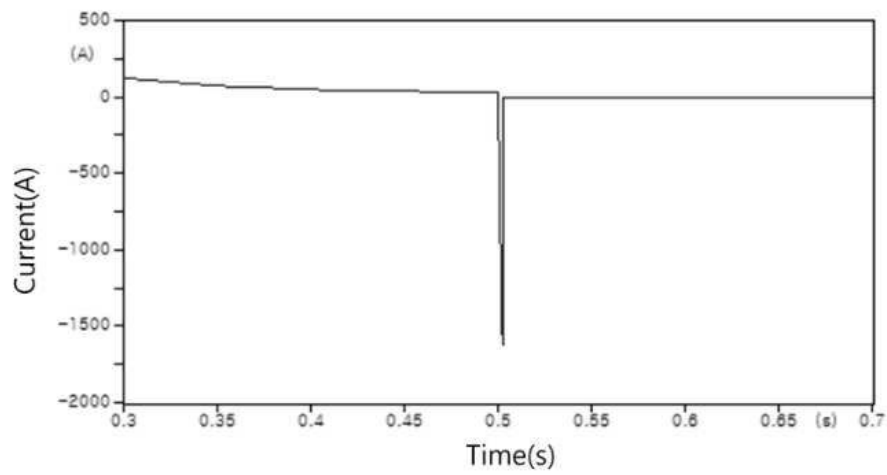
도면6



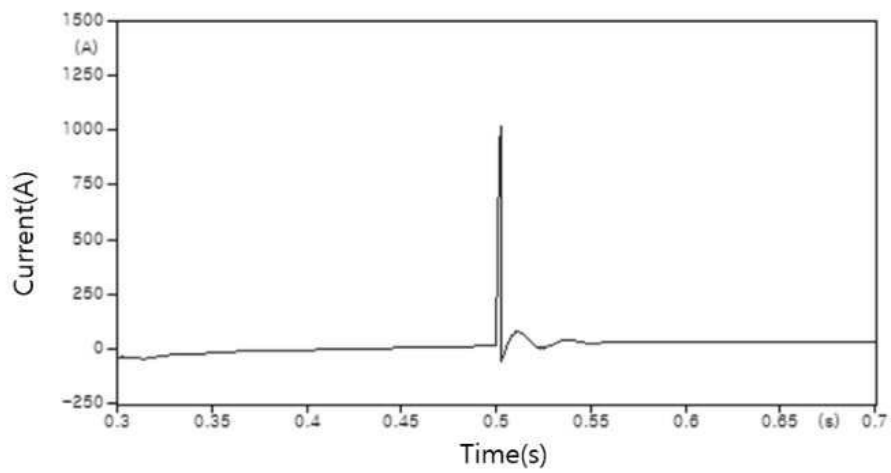
도면7



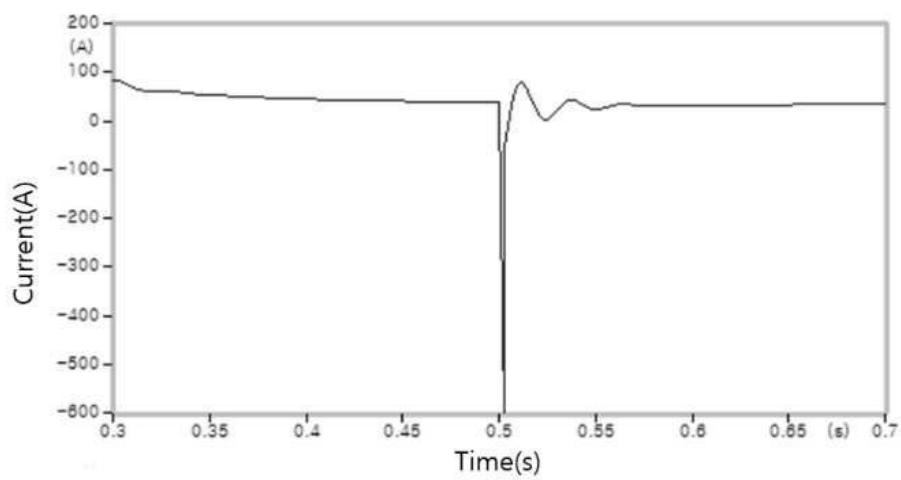
도면8



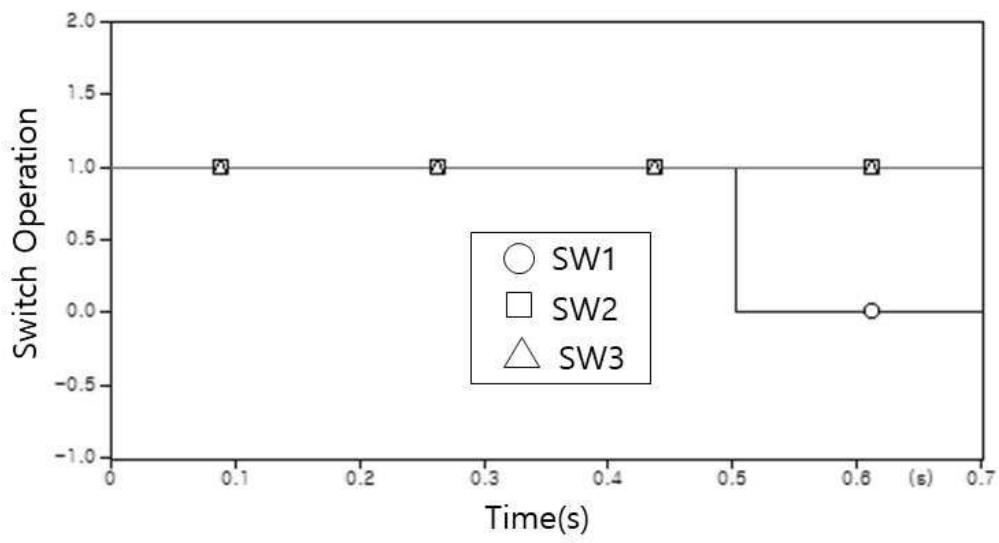
도면9



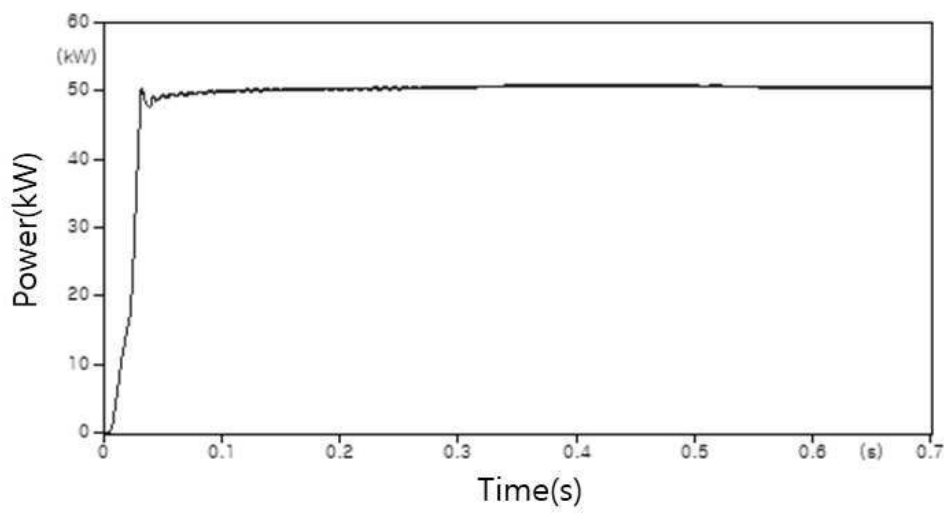
도면10



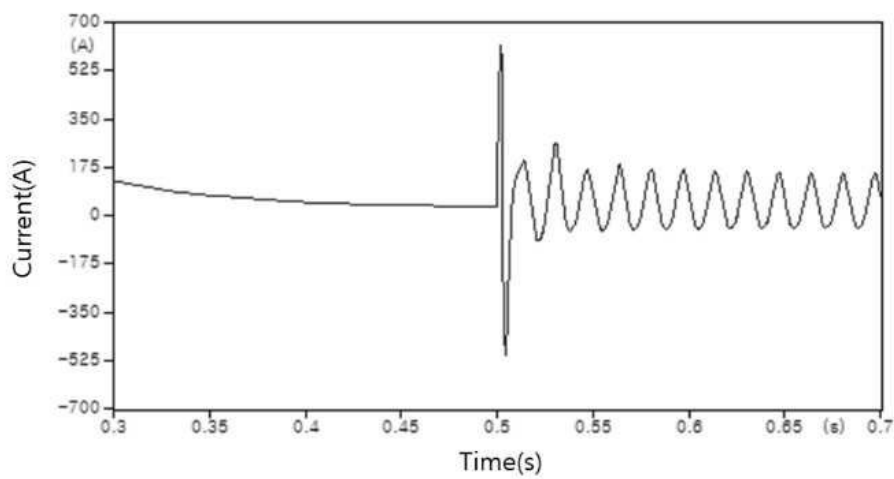
도면11



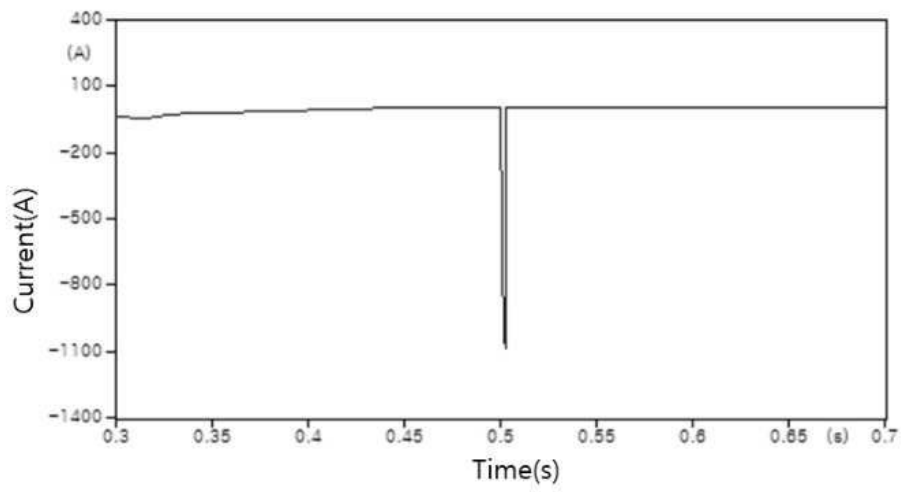
도면12



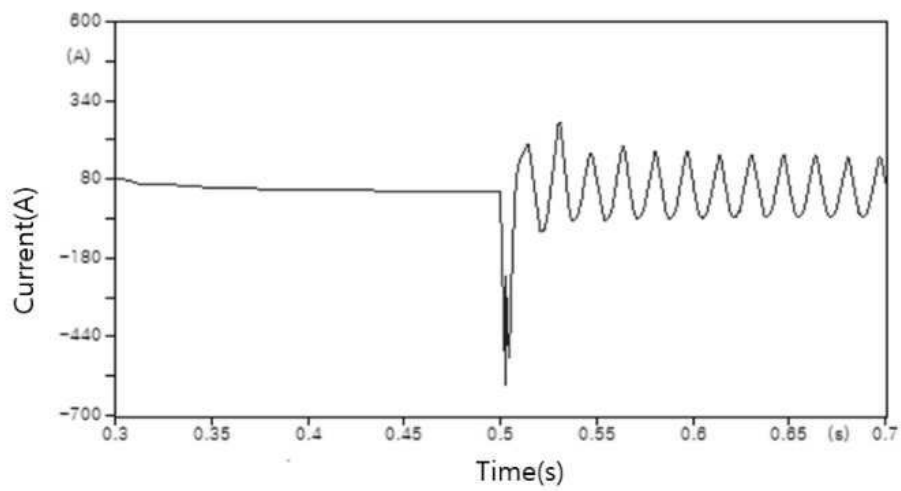
도면13



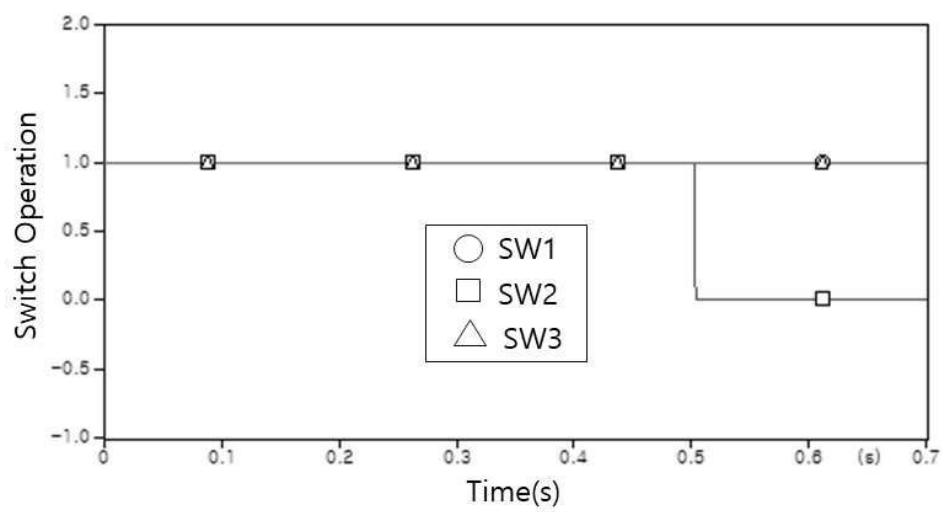
도면14



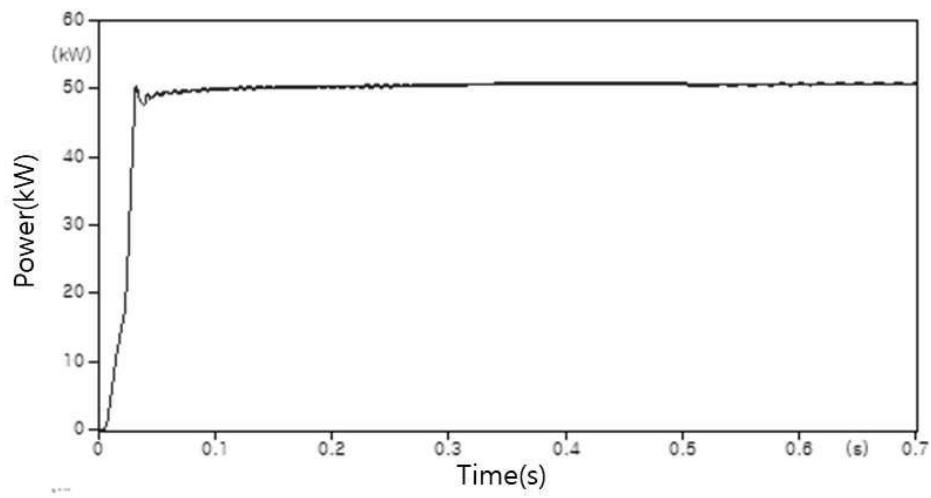
도면15



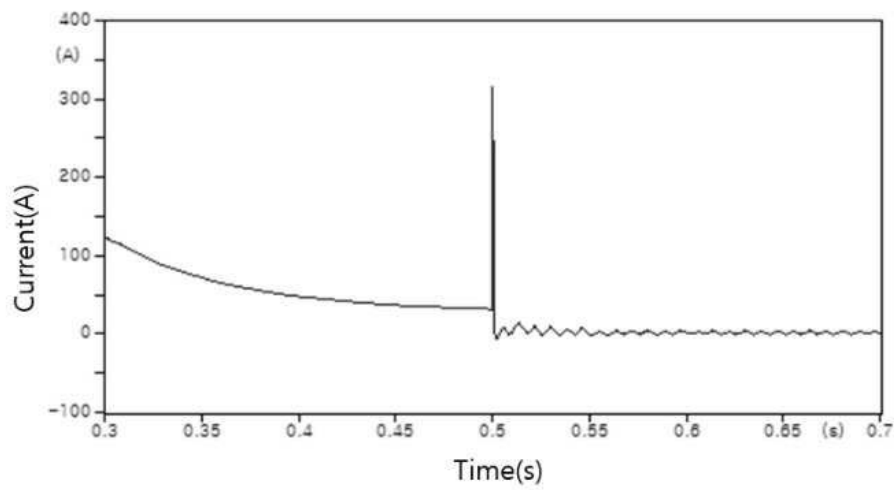
도면16



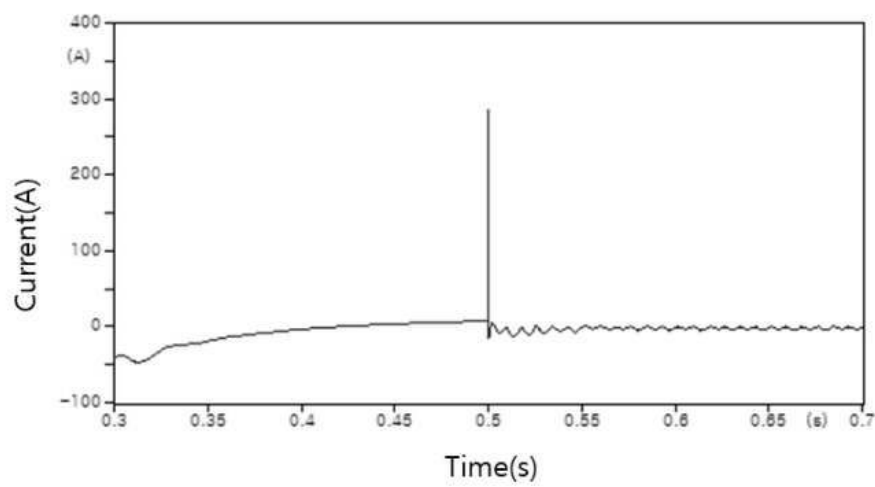
도면17



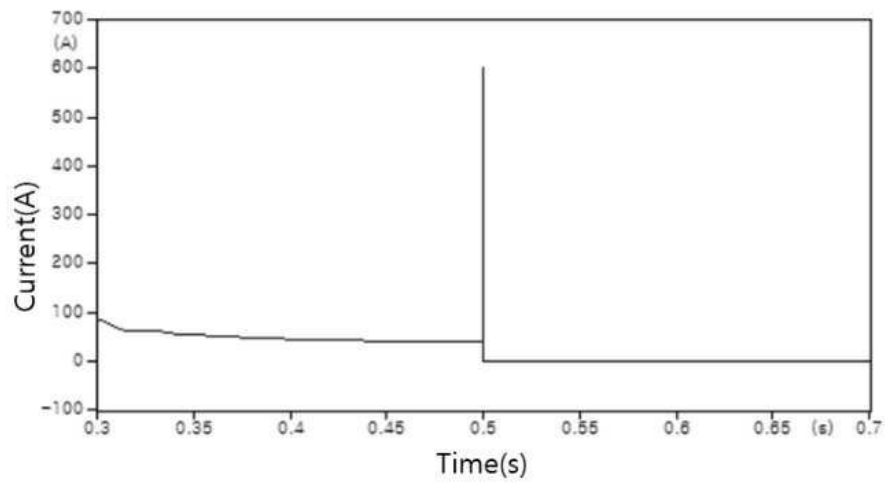
도면18



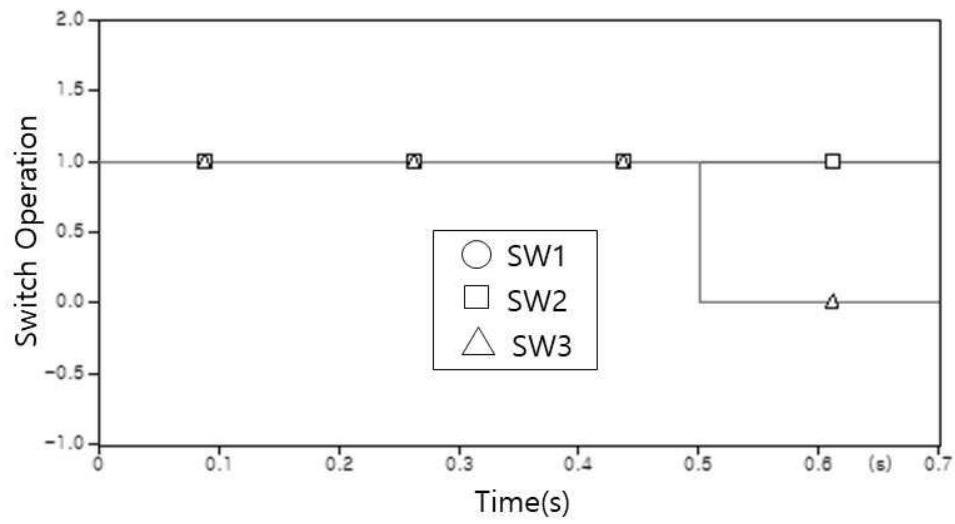
도면19



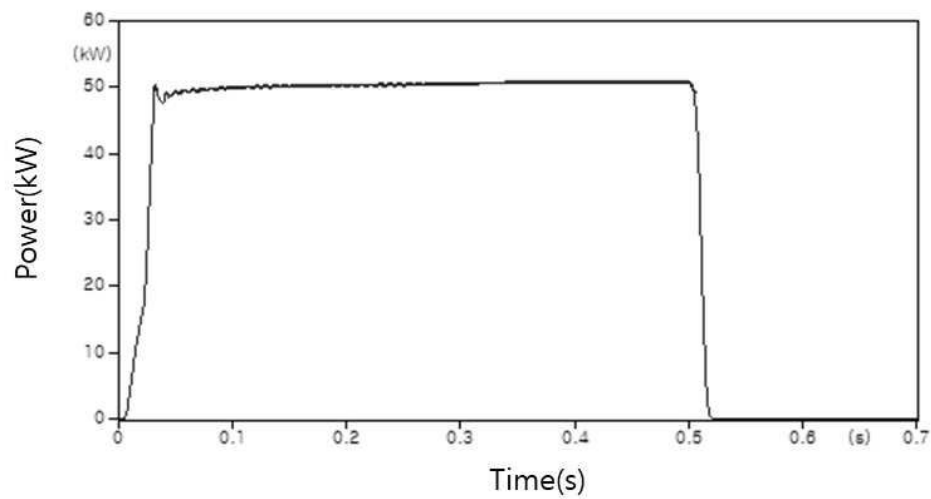
도면20



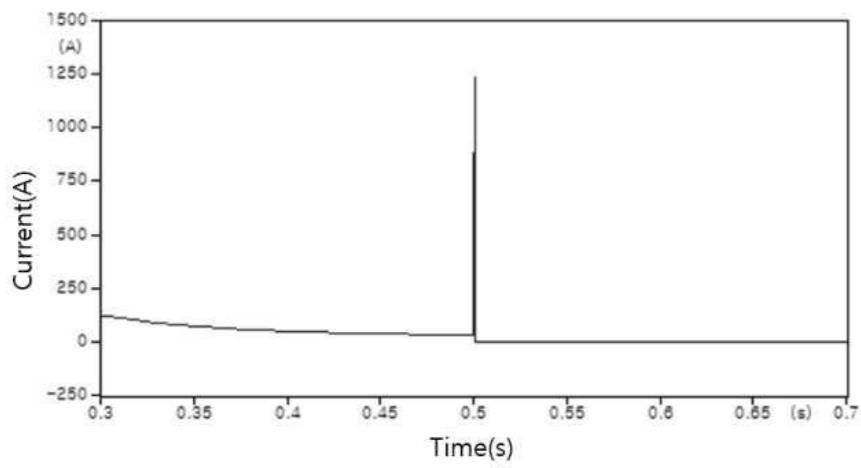
도면21



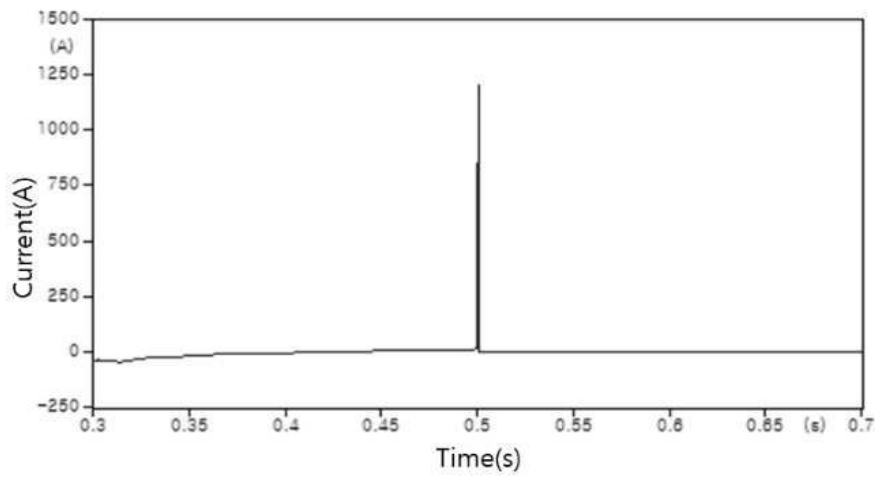
도면22



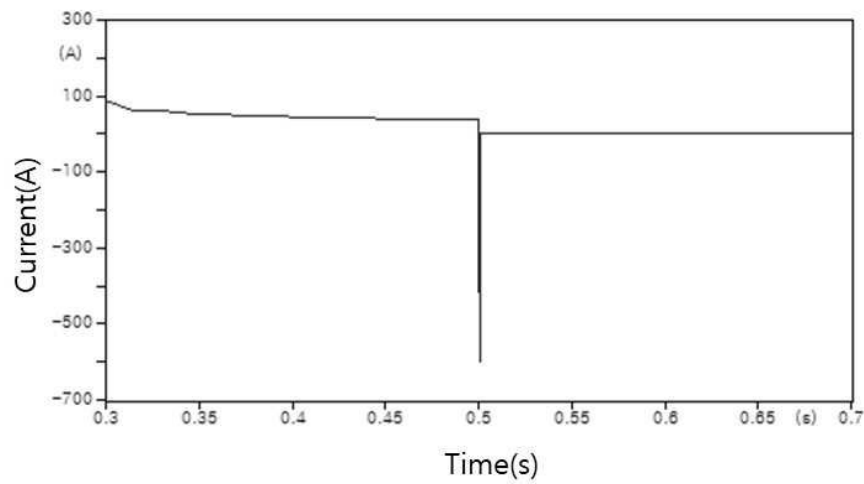
도면23



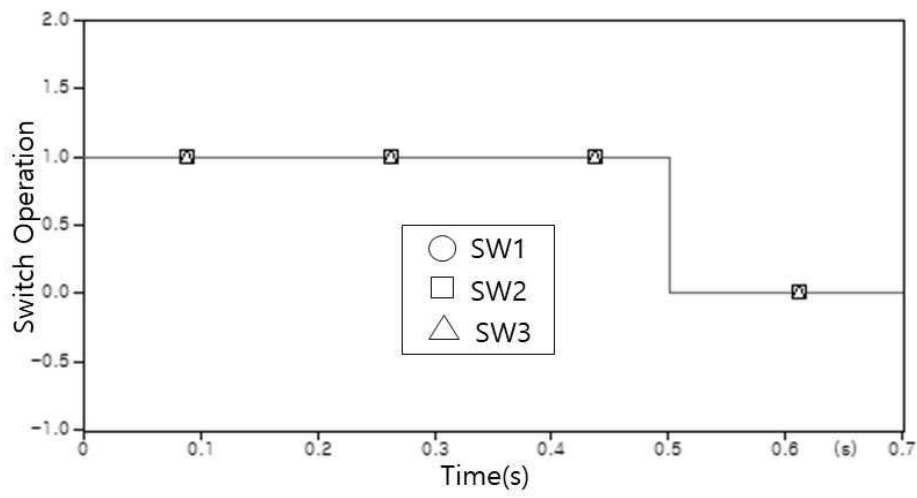
도면24



도면25



도면26



도면27

