



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년06월17일

(11) 등록번호 10-1409119

(24) 등록일자 2014년06월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H02H 3/04 (2006.01) H02H 3/08 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0125518

(22) 출원일자 2007년12월05일

심사청구일자 2012년10월05일

(65) 공개번호 10-2008-0052443

(43) 공개일자 2008년06월11일

(30) 우선권주장

11/567,296 2006년12월06일 미국(US)

(56) 선행기술조사문현

JP63131411 A*

US05943223 A*

JP2006086121 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문현

(73) 특허권자

제너럴 일렉트릭 캄파니

미합중국 뉴욕, 쇼넥테디, 원 리버 로우드

(72) 발명자

라이트 조슈아 아이작

미국 버지니아주 22201 알링턴 디432 리 하이웨이
3004

수브라마니안 카나카사바파시

미국 뉴욕주 12065 클립톤 파크 하이랜드 오크스

2

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

제일특허법인, 장성구

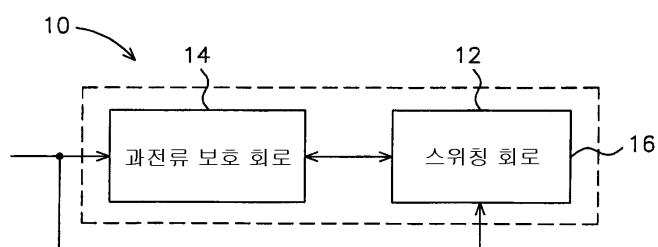
전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 최진영

(54) 발명의 명칭 스위칭 시스템

(57) 요 약

본 발명은 스위칭 시스템에 관한 것이다. 이 스위칭 시스템은 마이크로-전기기계적 시스템 스위칭 회로(202)와 같은 전기기계적 스위칭 회로를 포함한다. 이 시스템은 전기기계적 스위칭 회로와 병렬 회로로 커플링된 솔리드 스테이트 스위칭 회로(204)와, 전기기계적 스위칭 회로 및 솔리드 스테이트 스위칭 회로에 커플링된 제어기(208)를 더 포함할 수도 있다. 제어기는 스위칭 회로들 중 각각의 회로의 동작 능력에 적합한 부하 전류 컨디션에 응답하여 전기기계적 스위칭 회로와 솔리드 스테이트 스위칭 회로 사이에서 부하 전류의 선택적인 스위칭을 수행하도록 구성될 수도 있다.

대 표 도 - 도1

(72) 발명자

프리머래니 윌리엄 제임스

미국 뉴욕주 12302 스코티아 우드헤븐 드라이브
133

파크 존 노턴

미국 뉴욕주 12148 렉스포드 그룹 로드 723

하웰 에드워드 키스

미국 노스캐롤라이나주 28739 헨더슨빌 잉글 락 트
레이 124

특허청구의 범위

청구항 1

스위칭 시스템으로서,

마이크로-전기기계적 시스템 스위칭 회로와,

솔리드 스테이트 스위칭 회로와,

상기 마이크로-전기기계적 시스템 스위칭 회로 및 상기 솔리드 스테이트 스위칭 회로와 병렬 회로로 접속되는 제1 과전류 보호 회로 - 상기 제1 과전류 보호 회로는 상기 마이크로-전기기계적 시스템 스위칭 회로의 콘택트들 사이에서 아크 형성(arc formation)을 억제하도록 구성됨 - 와,

상기 마이크로-전기기계적 시스템 스위칭 회로, 상기 솔리드 스테이트 스위칭 회로, 및 상기 제1 과전류 보호 회로에 연결되는 제어기 - 상기 제어기는 정상상태 부하 전류 컨디션에서는 상기 마이크로-전기기계적 시스템 스위칭 회로로 부하 전류가 흐르게 하고, 상기 스위칭 회로들 중 각각의 회로의 동작 능력(operational capability)에 대한 일시적인 고부하 전류 컨디션에 응답하여서는 상기 솔리드 스테이트 스위칭 회로로 부하 전류가 흐르게 하는 선택적인 스위칭을 수행하도록 구성됨 - 와,

상기 마이크로-전기기계적 시스템 스위칭 회로, 상기 솔리드 스테이트 스위칭 회로 및 상기 제1 과전류 보호 회로와 병렬 회로로 접속되는 제2 과전류 보호 회로 - 상기 제2 과전류 보호 회로는, 상기 마이크로-전기기계적 시스템 스위칭 회로의 스위칭 이벤트와 관련된 상기 제1 과전류 보호 회로 내의 제1 펄스 회로에 의해 바로 전에 생성된 펄스 신호에 후속하여, 상기 제1 과전류 보호 회로의 준비를 기다릴 필요없이 상기 스위칭 시스템에 접속된 부하 회로에 있어서의 고장 전류(a fault current)에 대한 보호를 가능케 하도록 구성됨 -

를 포함하는

스위칭 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제1 과전류 보호 회로는 벨런싱된 다이오드 브리지를 포함하는

스위칭 시스템.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제어기는 교류 소스 전압 또는 교류 부하 전류의 검출된 제로 크로싱(zero crossing)에 응답하여 상기 마이크로-전기기계적 시스템 스위칭 회로의 무-아크 스위칭(arc-less switching)을 수행하도록 구성되는

스위칭 시스템.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 스위칭 시스템은, 상기 제어기에 의한 상기 부하 전류의 스위칭 각각 사이에, 상기 제어기에 의해 선택 가능한 각각의 타이밍 동안 상기 마이크로-전기기계적 시스템 스위칭 회로 및 상기 솔리드 스테이트 스위칭 회로 중 하나에 의해 상기 부하 전류가 도전되도록 구성되는

스위칭 시스템.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 제1 과전류 보호 회로는 상기 제1 과전류 보호 회로의 벨런싱된 다이오드 브리지에 연결된 제1 펄스 회로를 더 포함하고, 상기 제1 펄스 회로는 상기 벨런싱된 다이오드 브리지를 통해 펄스 전류를 흐르게 하는 펄스

신호를 형성하는 펠스 캐패시터를 포함하며, 상기 펠스 신호는 상기 마이크로-전기기계적 시스템 스위칭 회로의 스위칭 이벤트와 관련하여 생성되는 스위칭 시스템.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 제2 과전류 보호 회로는 상기 제1 과전류 보호 회로의 밸런싱된 다이오드 브리지에 연결된 제2 펠스 회로를 포함하고, 상기 제2 펠스 회로는 상기 밸런싱된 다이오드 브리지를 통해 펠스 전류를 흐르게 하는 펠스 신호를 형성하는 펠스 캐패시터를 포함하며, 상기 펠스 신호는 상기 고장 전류에 응답하여 상기 제2 펠스 회로에 의해 생성되는 스위칭 시스템.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 제2 과전류 보호 회로는 밸런싱된 다이오드 브리지를 포함하는 스위칭 시스템.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 제2 과전류 보호 회로는 상기 제2 과전류 보호 회로의 상기 밸런싱된 다이오드 브리지에 연결된 제2 펠스 회로를 더 포함하고, 상기 제2 펠스 회로는 상기 밸런싱된 다이오드 브리지를 통해 펠스 전류를 흐르게 하는 펠스 신호를 형성하는 펠스 캐패시터를 포함하며, 상기 펠스 신호는 상기 스위칭 시스템에 접속된 부하 회로에 있어서의 고장 전류에 응답하여 상기 제2 펠스 회로에 의해 생성되는 스위칭 시스템.

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 일반적으로 선택가능한 전류 경로로 전류를 스위칭하기 위한 스위칭 시스템에 관한 것으로서, 더 상세하게는, 마이크로-전기기계적 시스템 기반 스위칭 디바이스에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 회로 차단기는 회로에 있어서의 고장으로 인한 손상으로부터 전기 장비를 보호하기 위해 설계된 전기 디바이스이다. 통상적으로, 대부분의 종래의 회로 차단기는 대용량의(bulky) 전기기계적 스위치를 포함한다. 불행히도, 이들 종래의 회로 차단기는 사이즈가 크며, 이에 의해, 스위칭 메커니즘을 활성화시키기 위해 큰 힘의 사용이 필요하다. 부가적으로, 이들 회로 차단기의 스위치는 일반적으로 비교적 저속으로 동작한다. 또한,

이들 회로 차단기는 제작하기 복잡하고 따라서 제조하는데 고가라는 단점이 있다. 부가적으로, 종래의 회로 차단기에 있어서의 스위칭 메커니즘의 콘택트들이 물리적으로 분리되어 있을 경우에, 통상적으로, 회로에 있어서의 전류가 중지할 때까지 전류를 계속 운반하는 아크(arc)가 그 사이에서 형성된다. 또한, 그 아크와 관련된 에너지는 콘택트를 심각하게 손상시키고/시키거나 사람에게 화상 위험을 제공할 수도 있다.

[0003] 저속 전기기계적 스위치에 대한 대안으로서, 비교적 고속의 솔리드 스테이트 스위치가 고속 스위칭 애플리케이션에서 사용되었다. 이해할 수 있는 바와 같이, 이들 솔리드 스테이트 스위치는 전압 또는 바이어스의 제어형 애플리케이션을 통해 도전상태와 비-도전상태 사이를 스위칭한다. 예를 들어, 솔리드 스테이트 스위치를 역 바이어스함으로써, 스위치는 비-도전상태로 전이될 수도 있다. 하지만, 솔리드 스테이트 스위치가 비-도전상태로 스위칭될 경우에 콘택트들 사이에 물리적인 캡을 생성하지 않기 때문에, 이들 스위치는 누설전류를 경험한다. 또한, 내부 저항으로 인해, 솔리드 스테이트 스위치가 도전상태에서 동작할 경우, 이들 스위치는 전압강하를 경험한다. 전압강하 및 누설전류 양자는 통상 동작 환경 하에서 과도한 열의 생성에 기여하며, 이는 스위치 성능 및 수명에 불리할 수도 있다. 더욱이, 솔리드 스테이트 스위치와 연관된 고유 누설전류에 적어도 부분적으로 기인하여, 회로 차단기에 있어서의 그 솔리드 스테이트 스위치의 사용이 불가능하다.

[0004] 본 명세서에 참조로서 전부 포함되는, 2005년 12월 20일자로 출원된 미국특허 출원번호 제11/314,336호(대리인 관리번호 제162711-1호)는 마이크로-전기기계적 시스템 스위치의 콘택트들 사이에서 아크의 형성을 억제하도록 적응된 회로 및 기술을 포함하는 마이크로-전기기계적 시스템(MEMS) 기반 스위칭 디바이스를 개시한다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0005] 스위칭 디바이스들은, 모터 또는 다른 산업설비의 시동과 연관된 서지전류를 흡수 또는 저항해야 할 수도 있는 전류 제한 보호 디바이스의 일부일 수도 있다. 이러한 서지전류는 종종 정상상태 부하전류의 10배(예를 들어, 6배 이상)를 포함하며, 10초까지 지속할 수 있다. 이러한 전류를 처리하는 하나의 공지된 기술은 다수의 MEMS 스위치(예를 들어, 정상상태 전류를 처리하기 위해 요구되는 스위치의 수의 6배)를 병렬로 결합하는 것이다. 이러한 기술들은 아마 MEMS 스위치 어레이의 비용 및 수율이 개선됨에 따라 미래의 어떠한 시점에서 비용-효율적이 될 것이지만, 현재, MEMS 스위치의 수의 6배를 사용하는 것은 그 비용을 6배 증가시킬 것이고, 이러한 추가적인 MEMS 스위치는 동작의 단지 약10초 동안에만 기능할 것이다. 따라서, 발생할 수도 있는 고장 컨디션을 해결하고 정상상태 동작을 위해 MEMS 스위치를 사용할 수 있으면서 신뢰성있고 비용-효율적으로 그러한 서지전류를 처리하는 회로 및/또는 기술을 제공하는 것이 바람직하다.

과제 해결수단

[0006] 일반적으로, 본 발명의 일측면은 전기기계적 스위칭 회로를 포함하는 스위칭 시스템을 제공한다. 이 시스템은 전기기계적 스위칭 회로와 병렬 회로로 커플링된 솔리드 스테이트 스위칭 회로와, 전기기계적 스위칭 회로 및 솔리드 스테이트 스위칭 회로에 커플링된 제어기를 더 포함할 수도 있다. 제어기는, 스위칭 회로들 중 각각의 회로의 동작능력에 적합한 부하전류 컨디션에 응답하여 전기기계적 스위칭 회로와 솔리드 스테이트 스위칭 회로 사이에서 부하전류의 선택적인 스위칭을 수행하도록 구성될 수도 있다.

[0007] 본 발명의 다른 측면은 마이크로-전기기계적 시스템 스위칭 회로를 포함하는 스위칭 시스템을 제공한다. 그 시스템은 솔리드 스테이트 스위칭 회로를 더 포함할 수도 있다. 제1 과전류(over-current) 보호 회로는 마이크로-전기기계적 시스템 스위칭 회로 및 솔리드 스테이트 스위칭 회로와 병렬회로로 접속될 수도 있으며, 여기서, 제1 과전류 보호 회로는 마이크로-전기기계적 시스템 스위칭 회로의 콘택트들 사이에서의 아크 형성을 억제하도록 구성될 수도 있다. 제어기는 전기기계적 스위칭 회로, 솔리드 스테이트 스위칭 회로, 및 제1 과전류 보호 회로에 커플링될 수도 있다. 제어기는 스위칭 회로들 중 각각의 회로의 동작능력에 적합한 부하전류 컨디션에 응답하여 전기기계적 스위칭 회로와 솔리드 스테이트 스위칭 회로 사이에서 부하전류의 선택적인 스위칭을 수행하도록 구성될 수도 있다.

효과

[0008] 본 발명에 의하면, 고장 컨디션을 해결하고 정상상태 동작을 위해 MEMS 스위치를 사용할 수 있으면서 신뢰성있고 비용-효율적으로 서지전류를 처리하는 회로 및/또는 기술을 제공할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0009] 본 발명의 이들 및 다른 특징, 측면 및 이점은 첨부도면을 참조하여 다음의 상세한 설명을 판독할 경우에 더 잘 이해될 것이며, 첨부도면에서, 유사한 참조부호는 도면 전반에 걸쳐 유사한 부분을 나타낸다.
- [0010] 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따르면, 마이크로-전기기계적 시스템 기반 무-아크(arc-less) 스위칭을 위한 시스템 및 방법이 본 명세서에서 설명된다. 다음의 상세한 설명에 있어서, 다수의 특정 상세가 본 발명의 다양한 실시예의 철저한 이해를 제공하기 위해 설명된다. 하지만, 당업자는 본 발명의 실시예들이 이들 특정 상세 없이도 실시될 수도 있음과, 본 발명이 개시된 실시예들에 제한되지 않음과, 본 발명이 다양한 대안 실시예들에서 실시될 수도 있음을 이해할 것이다. 다른 예에서, 주지된 방법, 절차, 및 컴포넌트는 상세히 설명하지 않았다. 또한, 다양한 동작이 본 발명의 실시예들을 이해하는데 도움이 되는 방식으로 수행되는 다수의 개별 단계로서 설명될 수도 있다. 하지만, 그 설명의 순서는 이들 동작이 제공된 순서로 반드시 수행되어야 함을 의미하는 것으로서 해석하지 말아야 하며 또한 이들 동작이 심지어 순서 의존적임을 의미하는 것으로서 해석하지 말아야 한다. 또한, "일 실시예에서"라는 어구의 반복된 사용은, 비록 가능할 수도 있지만, 반드시 동일한 실시예를 지칭하는 것은 아니다. 마지막으로, 본 출원에서 사용되는 "구비하는", "포함하는", "갖는" 등과 같은 용어는, 달리 표현하지 않는다면 동의어인 것으로 의도된다.
- [0011] 도 1은 본 발명의 일측면에 따른 예시적인 무-아크 마이크로 전기기계적 시스템 스위치(MEMS) 기반 스위칭 시스템(10)의 블록도를 나타낸다. 현재, MEMS는 일반적으로 마이크로-제조 기술을 통해 공통기관 상에, 다수의 기능적으로 별개의 엘리먼트, 예를 들어, 기계적 엘리먼트, 전기기계적 엘리먼트, 센서, 액츄에이터, 및 전자기기 를 통합할 수 있는 마이크론-스케일의 구조물을 지칭한다. 하지만, MEMS 디바이스에 있어서 현재 이용가능한 다수의 기술 및 구조물은 단지 수년 내에 나노기술-기반 디바이스, 예를 들어, 사이즈에 있어서 100 나노미터보다 더 작을 수도 있는 구조물을 통해 이용가능할 것을 고려한다. 따라서, 비록 본 명세서 전반에 걸쳐 설명되는 예시적인 실시예가 MEMS-기반 스위칭 디바이스를 지칭할 수도 있지만, 본 발명의 창의적인 측면은 광범위하게 해석되어야 하며 마이크론-사이즈의 디바이스에 한정되지 않아야 한다.
- [0012] 도 1에 나타낸 바와 같이, 무-아크 MEMS 기반 스위칭 시스템(10)은 MEMS 기반 스위칭 회로(12) 및 과전류 보호 회로(14)를 포함하는 것으로서 도시되어 있으며, 여기서, 과전류 보호 회로(14)는 MEMS 기반 스위칭 회로(12)에 동작적으로 커플링된다. 특정 실시예에 있어서, MEMS 기반 스위칭 회로(12)는, 예를 들어, 단일 패키지(16) 내에 과전류 보호 회로(14)와 전체적으로 통합될 수도 있다. 다른 실시예에 있어서는, MEMS 기반 스위칭 회로(12)의 오직 특정 부분 또는 컴포넌트만이 과전류 보호 회로(14)와 통합될 수도 있다.
- [0013] 도 2 내지 5를 참조하여 더 상세히 설명되는 바와 같은 현재 고려되는 구성에 있어서, MEMS 기반 스위칭 회로(12)는 하나 이상의 MEMS 스위치를 포함할 수도 있다. 부가적으로, 과전류 보호 회로(14)는 밸런싱된 다이오드 브리지 및 펠스 회로를 포함할 수도 있다. 또한, 과전류 보호 회로(14)는 하나 이상의 MEMS 스위치의 콘택트들 사이에서의 아크 형성의 억제를 용이하게 하도록 구성될 수도 있다. 과전류 보호 회로(14)는 교류(AC) 또는 직류(DC)에 응답하여 아크 형성의 억제를 용이하게 하도록 구성될 수도 있음을 주목할 수도 있다.
- [0014] 다음으로, 도 2를 참조하면, 도 1에 도시된 예시적인 무-아크 MEMS 기반 스위칭 시스템의 개략도(18)가 일 실시예에 따라 도시된다. 도 1을 참조하여 언급된 바와 같이, MEMS 기반 스위칭 회로(12)는 하나 이상의 MEMS 스위치를 포함할 수도 있다. 예시된 실시예에 있어서, 제1MEMS 스위치(20)는 제1콘택트(22), 제2콘택트(24) 및 제3콘택트(26)를 갖는 것으로서 도시되어 있다. 일 실시예에 있어서, 제1콘택트(22)는 드레인으로서 구성될 수도 있고, 제2콘택트(24)는 소스로서 구성될 수도 있으며, 제3콘택트(26)는 게이트로서 구성될 수도 있다. 또한, 도 2에 나타낸 바와 같이, 전압 스너버 회로(33)는 MEMS 스위치(20)와 병렬로 커플링되고, 이하 더 상세히 설명되는 바와 같이 제1콘택트 분리 동안에 오버슈팅된 전압을 제한하도록 구성될 수도 있다. 특정 실시예에 있어서, 스너버 회로(33)는 스너버 저항기(도시 안함)에 직렬로 커플링된 스너버 캐페시터(도시 안함)를 포함할 수도 있다. 스너버 캐페시터는 MEMS 스위치(20)의 개방 시퀀스 동안에 공유하는 과도 전압에 있어서의 개선을 용이하게 할 수도 있다. 또한, 스너버 저항기는 MEMS 스위치(20)의 폐쇄 동안에 스너버 캐페시터에 의해 생성된 임의의 전류 펠스를 억제할 수도 있다. 다른 특정 실시예에 있어서, 전압 스너버 회로(33)는 금속 산화물 바리스터(MOV; 도시 안함)를 포함할 수도 있다.
- [0015] 본 기술의 다른 측면에 따르면, 부하 회로(40)는 제1MEMS 스위치(20)와 직렬로 커플링될 수도 있다. 부하 회로(40)는 전압 소스(V_{BUS}; 44)를 포함할 수도 있다. 부가적으로, 부하 회로(40)는 또한 부하 인덕턴스(46; L_{LOAD})를 포함할 수도 있으며, 여기서, 부하 인덕턴스(L_{LOAD}; 46)는 부하 회로(40)에 의해 관측되는 결합된 부하 인덕

턴스와 버스 인덕턴스를 나타낸다. 부하 회로(40)는 또한 부하 회로(40)에 의해 관측되는 결합된 부하 저항을 나타내는 부하 저항(R_{LOAD} ; 48)을 포함할 수도 있다. 참조부호 50은 부하 회로(40) 및 제1MEMS 스위치(20)를 통해 흐를 수도 있는 부하 회로 전류(I_{LOAD})를 나타낸다.

[0016] 또한, 도 1을 참조하여 언급된 바와 같이, 과전류 보호 회로(14)는 밸런싱된 다이오드 브리지를 포함할 수도 있다. 예시된 실시예에 있어서, 밸런싱된 다이오드 브리지(28)는 제1브랜치(29) 및 제2브랜치(31)를 갖는 것으로서 도시되어 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "밸런싱된 다이오드 브리지"라는 용어는, 제1 및 제2 브랜치(29, 31) 양자에 걸친 전압 강하가 실질적으로 동일하도록 구성되는 다이오드 브리지를 나타내도록 사용된다. 밸런싱된 다이오드 브리지(28)의 제1브랜치(29)는 함께 커플링된 제1다이오드(D1; 30) 및 제2다이오드(D2; 32)를 포함하여 제1직렬 회로를 형성할 수도 있다. 유사한 방식으로, 밸런싱된 다이오드 브리지(28)의 제2브랜치(31)는 함께 동작적으로 커플링된 제3다이오드(D3; 34) 및 제4다이오드(D4; 36)를 포함하여 제2직렬 회로를 형성할 수도 있다.

[0017] 일 실시예에 있어서, 제1MEMS 스위치(20)는 밸런싱된 다이오드 브리지(28)의 중간지점에 걸쳐 병렬로 커플링될 수도 있다. 밸런싱된 다이오드 브리지의 중간지점은 제1과 제2 다이오드(30, 32) 사이에 위치한 제1중간지점 및 제3과 제4 다이오드(34, 36) 사이에 위치된 제2중간지점을 포함할 수도 있다. 또한, 제1MEMS 스위치(20) 및 밸런싱된 다이오드 브리지(28)는 밸런싱된 다이오드 브리지(28), 특히 MEMS 스위치(20)에 대한 접속에 의해 야기되는 기생 인덕턴스의 최소화를 용이하게 하도록 단단히 패키징(package)될 수도 있다. 본 기술의 예시적인 측면에 따르면, 제1MEMS 스위치(20) 및 밸런싱된 다이오드 브리지(28)는, 제1MEMS 스위치(20)와 밸런싱된 다이오드 브리지(28) 사이의 고유 인덕턴스가 이하 더 상세히 설명되는 MEMS 스위치(20)가 턴-오프하는 동안의 부하 전류의 다이오드 브리지(28)로의 전달을 운반할 경우 MEMS 스위치(20)의 드레인(22)과 소스(24)에 걸친 전압의 적은 퍼센티지보다 더 작은 di/dt 전압을 생성하도록 서로 상대적으로 위치된다. 일 실시예에 있어서, 제1MEMS 스위치(20)는 단일 패키지(38)에서, 또는 옵션으로, MEMS 스위치(20)와 다이오드 브리지(28)를 상호접속시키는 인덕턴스를 최소화하는 의도를 갖는 동일한 다이에서 밸런싱된 다이오드 브리지(28)와 통합될 수도 있다.

[0018] 부가적으로, 과전류 보호 회로(14)는 밸런싱된 다이오드 브리지(28)와 동작적으로 연관하여 커플링된 펄스 회로(52)를 포함할 수도 있다. 펄스 회로(52)는 스위치 컨디션을 검출하고, 그 스위치 컨디션에 응답하여 MEMS 스위치(20)의 개방을 개시하도록 구성될 수도 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "스위치 컨디션"이라는 용어는 MEMS 스위치(20)의 현 동작 상태의 변경을 트리거링하는 컨디션을 지칭한다. 예를 들어, 스위치 컨디션은 MEMS 스위치(20)의 제1 폐쇄 상태로부터 제2 개방 상태로의 변경 또는 MEMS 스위치(20)의 제1 개방 상태로부터 제2 폐쇄 상태로의 변경을 발생시킬 수도 있다. 스위치 컨디션은 회로 고장 또는 스위치 ON/OFF 요청을 포함하지만 이에 제한되지 않는 다수의 액션에 응답하여 발생할 수도 있다.

[0019] 펄스 회로(52)는 펄스 스위치(54) 및 그 펄스 스위치(54)에 직렬 커플링된 펄스 캐패시터(C_{PULSE} ; 56)를 포함할 수도 있다. 또한, 펄스 회로는 펄스 스위치(54)에 직렬로 커플링된 펄스 인덕턴스(L_{PULSE} ; 58) 및 제1다이오드(D_p ; 60)를 또한 포함할 수도 있다. 펄스 인덕턴스(L_{PULSE} ; 58), 다이오드(D_p ; 60), 펄스 스위치(54) 및 펄스 캐패시터(C_{PULSE} ; 56)는 펄스 회로(52)의 제1브랜치를 형성하도록 직렬로 커플링될 수도 있으며, 여기서, 제1브랜치의 커먼노트들은 펄스 전류 셰이핑 및 타이밍을 용이하게 하도록 구성될 수도 있다. 또한, 참조부호 62는 펄스 회로(52)를 통해 흐를 수도 있는 펄스 회로 전류(I_{PULSE})를 나타낸다.

[0020] 이하 더 상세히 설명되는 바와 같은 본 발명의 측면에 따르면, MEMS 스위치(20)는 제로 근방의 전류에서라도 전류를 운반하면서 제1 폐쇄 상태로부터 제2 개방 상태로 신속하게(예를 들어, 피코 초 또는 나노 초 정도로) 스위칭될 수도 있다. 이는, MEMS 스위치(20)의 콘택트를 전반에 걸쳐 병렬로 커플링되는 밸런싱된 다이오드 브리지(28)를 포함하는 펄스 회로(52)와 부하 회로(40)의 결합된 동작을 통해 달성될 수도 있다.

[0021] 도 3 내지 5는 도 2에 나타낸 무-아크 MEMS 기반 스위칭 시스템(18)의 예시적인 동작을 나타내기 위한 개략 흐름도로서 사용된다. 도 2를 계속 참조하면, 무-아크 MEMS 기반 스위칭 시스템(18)의 예시적인 동작의 초기 컨디션이 예시되어 있다. MEMS 스위치(20)는 제1 폐쇄 상태에서 시작하는 것으로서 도시되어 있다. 또한, 나타낸 바와 같이, 부하 회로(40)에 있어서 V_{BUS}/R_{LOAD} 와 실질적으로 동일한 값을 갖는 부하 전류(I_{LOAD} ; 50)가 존재한다.

[0022] 더욱이, 무-아크 MEMS 기반 스위칭 시스템(18)의 이러한 예시적인 동작의 설명에 있어서, MEMS 스위치(20)와 연관된 저항은, MEMS 스위치(20)의 저항을 통해 부하 전류에 의해 생성된 전압이, 펄스화될 경우에 다이오드 브리

지(28)의 중간지점 사이에 있어서의 제로 균방의 전압 차에 대한 무시할 수 있는 효과만을 갖도록 충분히 작다고 가정할 수도 있다. 예를 들어, MEMS 스위치(20)와 연관된 저항은 최대 예측 부하 전류로 인해 수 밀리볼트 미만의 전압 강하를 생성하도록 충분히 작다고 가정될 수도 있다.

[0023] MEMS 기반 스위칭 시스템(18)의 이러한 초기 컨디션에 있어서, 펄스 스위치(54)는 제1 개방 상태에 있음을 주목할 수 있다. 부가적으로, 펄스 회로(52)에 있어서 펄스 회로 전류는 존재하지 않는다. 또한, 펄스 회로(52)에 있어서, 캐패시터(C_{PULSE} ; 56)는 전압(V_{PULSE})에 미리 충전될 수도 있으며, 여기서, V_{PULSE} 는 부하 전류의 전달 간격 동안에 예측된 부하 전류(I_{LOAD} ; 50)보다 현저히 큰(예를 들어, 2배) 피크 크기를 갖는 펄스 전류의 1/2 정현파를 생성할 수 있는 전압이다. C_{PULSE} (56) 및 L_{PULSE} (58)는 직렬 공진 회로를 포함함을 주목할 수도 있다.

[0024] 도 3은 펄스 회로(52)를 트리거링하는 프로세스를 도시한 개략도(64)를 나타낸다. 검출 회로(도시 안함)가 펄스 회로(52)에 커플링될 수도 있음을 주목할 수도 있다. 검출 회로는, 예를 들어, 부하 회로 전류(I_{LOAD} ; 50)의 레벨 및/또는 전압 소스(V_{BUS} ; 44)의 전압 레벨을 감지하도록 구성된 감지 회로(도시 안함)를 포함할 수도 있다. 또한, 검출 회로는 상기 기술한 바와 같은 스위치 컨디션을 검출하도록 구성될 수도 있다. 일 실시예에 있어서, 스위치 컨디션은 소정의 임계값을 초과하는 전류 레벨 및/또는 전압 레벨에 기인하여 발생할 수도 있다.

[0025] 펄스 회로(52)는 MEMS 스위치(20)의 현재의 폐쇄 상태의 제2 개방 상태로의 스위칭을 용이하게 하기 위해 제2컨디션을 검출하도록 구성될 수도 있다. 일 실시예에 있어서, 스위치 컨디션은 소정의 임계 레벨을 초과하는 부하 회로(40)의 전압 레벨 또는 부하 전류로 인해 생성된 고장 컨디션일 수도 있다. 하지만, 알 수 있는 바와 같이, 스위치 컨디션은 또한 MEMS 스위치(20)에 대한 소정의 시스템-의존 ON 시간을 달성하도록 램프 전압을 모니터링하는 단계를 포함할 수도 있다.

[0026] 일 실시예에 있어서, 펄스 스위치(54)는 검출된 스위칭 컨디션의 결과로서 트리거 신호의 수신에 응답하는 정현파 펄스를 생성할 수도 있다. 펄스 스위치(54)의 트리거링은 펄스 회로(52)에 있어서의 공진 정현파 전류를 개시할 수도 있다. 펄스 회로 전류의 전류 방향은 참조부호 66 및 68에 의해 표시될 수도 있다. 또한, 밸런싱된 다이오드 브리지(28)의 제1브랜치(29)의 제1다이오드(30) 및 제2다이오드(32)를 통과하는 펄스 회로 전류의 전류 방향 및 상대적인 크기는 각각 전류 백터(72 및 70)에 의해 표시될 수도 있다. 유사하게, 전류 백터(76 및 74)는 각각 제3다이오드(34) 및 제4다이오드(36)를 통과하는 펄스 회로 전류의 전류 방향 및 상대적인 크기를 나타낸다.

[0027] 피크 정현파 브리지 펄스 전류의 값은 펄스 캐패시터(C_{PULSE} ; 56)에 대한 초기 전압, 펄스 캐패시터(C_{PULSE} ; 56)의 값, 및 펄스 인덕턴스(L_{PULSE} ; 58)의 값에 의해 결정될 수도 있다. 펄스 인덕턴스(L_{PULSE} ; 58) 및 펄스 캐패시터(C_{PULSE} ; 56)에 대한 값은 또한 펄스 전류의 1/2 정현파의 펄스 폭을 결정한다. 브리지 전류 펄스 폭은 부하 전류의 변화 레이트(V_{BUS}/I_{LOAD})에 대해 예측된 시스템 부하 전류 턴-오프 요건과 부하 고장 컨디션 동안의 원하는 피크 통과 전류를 충족시키도록 조정될 수도 있다. 본 발명의 측면에 따르면, 펄스 스위치(54)는 MEMS 스위치(20)의 개방 이전에 도전 상태에 있도록 구성될 수도 있다.

[0028] 펄스 스위치(54)의 트리거링은 개방 간격 동안에 MEMS 스위치(20)의 콘택트를 통한 경로의 임피던스와 비교할 때 더 낮은 임피던스 경로의 생성을 용이하게 하기 위해 밸런싱된 다이오드 브리지(28)를 통한 펄스 회로 전류(I_{PULSE} ; 62)의 타이밍을 제어하는 단계를 포함할 수도 있음을 주목할 수도 있다. 부가적으로, 펄스 스위치(54)는, 원하는 전압 강하가 MEMS 스위치(20)의 콘택트 전반에 걸쳐 제공되도록 트리거링될 수도 있다.

[0029] 일 실시예에 있어서, 펄스 스위치(54)는, 예를 들어, 나노 초 내지 마이크로 초의 범위의 스위칭 속도를 갖도록 구성될 수도 있는 솔리드 스테이트 스위치일 수도 있다. 펄스 스위치(54)의 스위칭 속도는 고장 컨디션에 있어서 부하 전류의 예측 상승 시간에 비해 상대적으로 고속이어야 한다. MEMS 스위치(20)에 요구되는 전류 레이팅은 부하 전류의 상승 레이트에 의존할 수도 있으며, 차례로, 이는 전술한 바와 같이 부하 회로(40)에 있어서의 인덕턴스(L_{LOAD} ; 46) 및 버스 공급 전압(V_{BUS} ; 44)에 의존한다. MEMS 스위치(20)는, 부하 전류(I_{LOAD} ; 50)가 브리지 펄스 회로의 속도 능력에 비해 신속히 상승할 수도 있으면 더 큰 부하 전류(I_{LOAD} ; 50)를 처리하도록 적절히 레이팅될 수도 있다.

[0030] 펄스 회로 전류(I_{PULSE} ; 62)는 제로 값으로부터 증가하고, 밸런싱된 다이오드 브리지(28)의 제1 및 제2브랜치(29,

31) 사이에서 동일하게 분할한다. 일 실시예에 따르면, 밸런싱된 다이오드 브리지(28)의 브랜치들(29, 31) 전반에 걸친 전압 강하에 있어서의 차이는 전술한 바와 같이 무시할 수 있도록 설계될 수도 있다. 또한, 전술한 바와 같이, 다이오드 브리지(28)는, 그 다이오드 브리지(28)의 제1 및 제2브랜치에 걸친 전압 강하가 실질적으로 동일하도록 밸런싱된다. 더욱이, 현재의 폐쇄 상태에 있어서의 MEMS 스위치(20)의 저항이 비교적 낮을 때, MEMS 스위치(20)에 걸쳐 비교적 작은 전압 강하가 존재한다. 하지만, 만약 MEMS 스위치(20)에 걸친 전압 강하가 (예를 들어, MEMS 스위치의 고유 설계로 인해) 더 크게 발생되었으면, 다이오드 브리지(28)의 밸런싱은 그 다이오드 브리지(28)가 MEMS 스위치(20)와 별별로 동작적으로 커플링될 때에 영향을 받을 수도 있다. 본 발명의 일측면에 따르면, 만약 MEMS 스위치(20)의 저항이 MEMS 스위치(20)에 걸친 현저한 전압 강하를 야기하면, 다이오드 브리지(28)는 펄스 브리지 펄스 전류의 크기를 증가시킴으로써 펄스 브리지의 결과적인 불균형을 수용할 수도 있다.

[0031] 다음으로 도 4를 참조하면, MEMS 스위치(20)의 개방이 개시되는 개략도(78)가 예시되어 있다. 전술한 바와 같이, 펄스 회로(52)에 있어서의 펄스 스위치(54)는 MEMS 스위치(20)의 개방 이전에 트리거링된다. 펄스 전류(I_{PULSE} ; 62)가 증가함에 따라, 펄스 캐패시터(C_{PULSE} ; 56)에 걸친 전압은 펄스 회로(52)의 공진 액션으로 인해 감소한다. 스위치가 폐쇄되어 도전상태에 있는 ON 컨디션에 있어서, MEMS 스위치(20)는 부하 회로 전류(I_{LOAD} ; 50)에 대한 비교적 낮은 임피던스의 경로를 제공한다.

[0032] 펄스 회로 전류(I_{PULSE} ; 62)의 진폭이 (예를 들어, 펄스 회로(52)의 공진 액션으로 인해) 부하 회로 전류(I_{LOAD} ; 50)의 진폭 보다 더 크게 되면, MEMS 스위치(20)의 게이트 콘택트(26)에 인가된 전압은 MEMS 스위치(20)의 현재의 동작 상태를 제1 폐쇄 및 도전 상태로부터, MEMS 스위치(20)가 턴-오프하기 시작하는 증가 저항 컨디션(예를 들어, 여기서, 콘택트들은 여전히 폐쇄되어 있지만 콘택트 압력은 스위치 개방 프로세스로 인해 감소함)으로 적절히 바이어스되게 할 수도 있으며, 이는 스위치 저항을 증가하게 하며, 이는 차례로 부하 전류를 MEMS 스위치(20)로부터 다이오드 브리지(28)로의 전환을 시작하게 한다.

[0033] 이 현재의 컨디션에 있어서, 밸런싱된 다이오드 브리지(28)는 MEMS 스위치(20)를 통한 경로와 비교할 때 부하 회로 전류(I_{LOAD} ; 50)에 비교적 작은 임피던스의 경로를 제공하며, 이는 이제 증가하는 콘택트 저항을 나타낸다. MEMS 스위치(20) 전반에 걸친 부하 회로 전류(I_{LOAD} ; 50)의 이러한 전환은 부하 회로 전류(I_{LOAD} ; 50)의 변화 레이트에 비해 매우 신속한 프로세스임을 주목할 수도 있다. 전술한 바와 같이, MEMS 스위치(20)와 밸런싱된 다이오드 브리지(28) 사이의 접속과 연관된 인덕턴스(L_1 ; 84) 및 인덕턴스(L_2 ; 88)의 값은 신속한 전류 전환의 억제를 회피하도록 매우 작은 것이 바람직할 수도 있다.

[0034] MEMS 스위치(20)로부터 펄스 브리지로의 전류 전달의 프로세스는 제1다이오드(30) 및 제4다이오드(36)에 있어서의 전류를 계속 증가시키면서, 동시에 제2다이오드(32) 및 제3다이오드(34)에 있어서의 전류는 감소시킨다. 그 전달 프로세스는, MEMS 스위치(20)의 기계적 콘택트(22, 24)가 물리적 갭을 형성하도록 분리되고 모든 부하 전류가 제1다이오드(30) 및 제4다이오드(36)에 의해 운반될 경우에 완료된다.

[0035] MEMS 스위치(20)로부터 다이오드 브리지(28)로 방향(86)으로 전환되는 부하 회로 전류(I_{LOAD})에 따라, 다이오드 브리지(28)의 제1 및 제2브랜치(29, 31)에 걸쳐 불균형이 형성된다. 또한, 펄스 회로 전류가 감소함에 따라, 펄스 캐패시터(C_{PULSE} ; 56)에 걸친 전압은 계속 반전하며(예를 들어, "역 기전력"으로서 기능함), 이는 제로로의 부하 회로 전류(I_{LOAD})의 최종적인 감소를 야기한다. 다이오드 브리지(28)에 있어서의 제2다이오드(32) 및 제3다이오드(34)는 역 바이어스되며, 이는 이제 펄스 인덕터(L_{PULSE} ; 58) 및 브리지 펄스 캐패시터(C_{PULSE} ; 56)을 포함하여 적절 공진 회로가 되는 부하 회로를 발생시킨다.

[0036] 다음으로, 도 5를 참조하면, 부하 전류를 감소시키는 프로세스를 위해 접속된 회로 엘리먼트에 대한 개략도(94)가 도시되어 있다. 상술된 바와 같이, MEMS 스위치(20)의 콘택트들이 분할되는 순간에, 무한 콘택트 저항이 달성된다. 또한, 다이오드 브리지(28)는 MEMS 스위치(20)의 콘택트에 걸쳐 제로 균방의 전압을 더 이상 유지하지 않는다. 또한, 부하 회로 전류(I_{LOAD})는 이제 제1다이오드(30) 및 제4다이오드(36)를 통한 전류와 동일하다. 전술한 바와 같이, 이제, 다이오드 브리지(28)의 제2다이오드(32) 및 제3다이오드(34)를 통한 전류는 존재하지 않는다.

[0037] 부가적으로, MEMS 스위치(20)의 드레인(24)으로부터 소스(26)까지의 현저한 스위치 콘택트 전압 차이는, 이제, 펄스 인덕터(L_{PULSE} ; 58), 펄스 캐패시터(C_{PULSE} ; 56), 부하 회로 인덕터(L_{LOAD} ; 46)를 포함하고 부하 저항기(R_{LOAD} ;

48) 및 회로 손실로 인한 램프을 포함하는 네트 공진 회로에 의해 결정되는 레이트에서 최대 대략 2배의 V_{BUS} 전압까지 상승할 수도 있다. 또한, 어떤 포인트에서 부하 회로 전류(I_{LOAD} ; 50)와 동일했던 펄스 회로 전류(I_{PULSE} ; 62)는 공진으로 인해 제로 값까지 감소할 수도 있고, 그러한 제로 값은 다이오드 브리지(28) 및 다이오드(D_p ; 60)의 역 블로킹 액션으로 인해 유지될 수도 있다. 공진으로 인한 펄스 캐패시터(C_{PULSE} ; 56)에 걸친 전압은 네거티브 피크에 대한 극성을 반전시킬 것이고, 그러한 네거티브 피크는 펄스 캐패시터(C_{PULSE} ; 56)가 재충전될 때까지 유지될 것이다.

[0038] 다이오드 브리지(28)는 그 콘택트들이 분리되어 MEMS 스위치(20)를 개방할 때까지 MEMS 스위치(20)의 콘택트에 걸쳐 제로 근방의 전압을 유지하고, 이에 의해, 개방 동안에 MEMS 스위치(20)의 콘택트들 사이에서 형성되기 쉬운 임의의 아크를 억제함으로써 손상을 방지하도록 구성될 수도 있다. 부가적으로, MEMS 스위치(20)의 콘택트들은 MEMS 스위치(20)를 통한 훨씬 감소된 콘택트 전류에서 개방 상태로 접근한다. 또한, 회로 인덕턴스, 부하 인덕턴스 및 소스에 있어서의 임의의 저장된 에너지는 펄스 회로 캐패시터(C_{PULSE} ; 56)에 전달될 수도 있으며, 전압 소산 회로(도시 안함)를 통해 흡수될 수도 있다. 전압 스너버 회로(33)는 브리지와 MEMS 스위치 사이의 계면 인덕턴스에 잔류하는 유도성 에너지로 인한 고속 콘택트 분리 동안 전압 오버슈트를 제한하도록 구성될 수도 있다. 또한, 개방 동안에 MEMS 스위치(20)의 콘택트에 걸친 재인가 전압의 증가 레이트는 스너버 회로(도시 안함)의 사용을 통해 제어될 수도 있다.

[0039] 비록 개방 상태에 있을 경우에 MEMS 스위치(20)의 콘택트들 사이에 갭이 생성되지만, 그럼에도 불구하고, 누설 전류는 MEMS 스위치(20) 근방의 부하 회로(40)와 다이오드 브리지 회로(28) 사이에 존재할 수도 있음을 또한 주목할 수도 있다. 이러한 누설 전류는 물리적인 갭을 생성하기 위해 부하 회로(40)에서 직렬 접속된 제2의 기계적 스위치(도시 안함)의 도입을 통해 억제될 수도 있다. 특정 실시예에 있어서, 기계적 스위치는 제2MEMS 스위치를 포함할 수도 있다.

[0040] 도 6은 스위칭 회로(12; 도 1 참조)가 예를 들어 직렬 또는 직렬-병렬 어레이로 배열된 다중의 MEMS 스위치를 포함할 수도 있는 예시적인 실시예(96)를 나타낸다. 부가적으로, 도 6에 나타낸 바와 같이, MEMS 스위치(20)는 직렬 회로에 전기적으로 커플링된 2이상의 MEMS 스위치의 제1세트(98, 100)로 대체될 수도 있다. 일 실시예에 있어서, MEMS 스위치의 제1세트(98, 100) 중 적어도 하나는 병렬 회로에 더 커플링될 수도 있으며, 여기서, 병렬 회로는 2이상의 MEMS 스위치의 제2세트(예를 들어, 참조부호 100, 102)를 포함할 수도 있다. 본 발명의 일측면에 따르면, 정적 그레이딩 저항기 및 동적 그레이딩 캐패시터는 MEMS 스위치의 제1 또는 제2세트 중 적어도 하나와 병렬로 커플링될 수도 있다.

[0041] 다음으로, 도 7을 참조하면, 그레이딩된 MEMS 스위치 회로의 예시적인 실시예(104)가 도시되어 있다. 그레이딩된 스위치 회로(104)는 하나 이상의 MEMS 스위치(106), 그레이딩 저항기(108) 및 그레이딩 캐패시터(110)를 포함할 수도 있다. 그레이딩된 스위치 회로(104)는 예를 들어 도 6에 나타낸 바와 같이 직렬 또는 직렬-병렬 어레이로 배열된 다중의 MEMS 스위치를 포함할 수도 있다. 그레이딩 저항기(108)는 하나 이상의 MEMS 스위치(106)와 병렬로 커플링되어 스위치 어레이에 대한 전압 그레이딩을 제공할 수도 있다. 예시적인 실시예에 있어서, 그레이딩 저항기(108)는 특정 애플리케이션에 대한 허용가능한 누설을 제공하면서 직렬 스위치 간의 적합한 정상상태 전압 밸런싱(분할)을 제공하도록 사이징될 수도 있다. 또한, 그레이딩 캐패시터(110) 및 그레이딩 저항기(108) 양자는 스위칭 동안에 동적으로 그리고 OFF 상태에 있어서 정적으로 공유를 제공하기 위해 어레이의 각각의 MEMS 스위치(106)와 병렬로 제공될 수도 있다. 추가적인 그레이딩 저항기 또는 그레이딩 캐패시터 또는 그들 양자가 스위치 어레이에 있어서의 각각의 MEMS 스위치에 부가될 수도 있다.

[0042] 도 8은 MEMS 기반 스위칭 시스템의 현재 동작 상태로부터 제2상태로의 스위칭을 위한 예시적인 로직(112)의 흐름도이다. 본 기술의 예시적인 측면에 따르면, 스위칭 방법이 제공된다. 전술한 바와 같이, 검출 회로는 과전류 보호 회로에 동작적으로 커플링되어 스위치 컨디션을 검출하도록 구성된다. 부가적으로, 검출 회로는 전류 레벨 및/또는 전압 레벨을 감지하도록 구성된 감지 회로를 포함할 수도 있다.

[0043] 블록 114에 의해 나타낸 바와 같이, 부하 회로(40; 도 2 참조)와 같은 부하 회로에 있어서의 전류 레벨 및/또는 전압 레벨이 예를 들어 감지 회로를 통하여 감지될 수도 있다. 부가적으로, 블록 116에 의해 나타낸 바와 같이, 감지된 전류 레벨 또는 감지된 전압 레벨이 기대값으로부터 변하거나 초과하는지에 대한 판정이 행해질 수도 있다. 일 실시예에 있어서, 감지된 전류 레벨 또는 감지된 전압 레벨이 각각의 소정 임계 레벨을 초과하는지에 대한 판정이 (예를 들어, 검출 회로를 통해) 행해질 수도 있다. 대안적으로, 전압 또는 전류 램프 레이

트가 모니터링되어, 실제로 발생하는 고장 없이도 스위치 컨디션을 검출할 수도 있다.

[0044] 만약 감지된 전류 레벨 또는 감지된 전압 레벨이 기대값으로부터 변하거나 벗어나면, 블록 118에 의해 나타낸 바와 같이 스위치 컨디션이 발생될 수도 있다. 전술한 바와 같이, "스위치 컨디션"이라는 용어는 MEMS 스위치의 현재 동작 상태의 변화를 트리거링하는 컨디션을 지칭한다. 특정 실시예에 있어서, 스위치 컨디션은 고장 신호에 응답하여 발생될 수도 있고, MEMS 스위치 개방의 개시를 용이하게 하도록 채용될 수도 있다. 블록 114 내지 118은 스위치 컨디션을 발생시키는 일 예를 나타냄을 주목할 수도 있다. 하지만, 알 수 있는 바와 같이, 스위치 컨디션을 발생시키는 다른 방법이 본 발명의 측면에 따라 또한 고려된다.

[0045] 블록 120에 의해 나타낸 바와 같이, 펠스 회로가 트리거링되어, 스위치 컨디션에 응답하여 펠스 회로 전류를 개시할 수도 있다. 펠스 회로의 공진 액션에 기인하여, 펠스 회로 전류 레벨이 계속 증가할 수도 있다. 다이오드 브리지(28)에 적어도 부분적으로 기인하여, 만약 펠스 회로 전류의 순시 진폭이 부하 회로 전류의 순시 진폭보다 현저히 크다면, 제로 근방의 전압 강하가 MEMS 스위치의 콘택트들에 걸쳐 유지될 수도 있다. 부가적으로, 블록 122에 의해 나타낸 바와 같이, MEMS 스위치를 통한 부하 회로 전류는 MEMS 스위치로부터 펠스 회로로 전환될 수도 있다. 전술한 바와 같이, 다이오드 브리지는 MEMS 스위치를 통한 경로에 대향할 때에 비교적 낮은 임피던스의 경로를 제공하며, 여기서, 비교적 높은 임피던스는 MEMS 스위치의 콘택트들이 분리하기 시작함에 따라 증가한다. 그 후, 블록 124에 의해 나타낸 바와 같이, MEMS 스위치는 무-아크 방식으로 개방될 수도 있다.

[0046] 전술한 바와 같이, MEMS 스위치의 콘택트들에 걸친 제로 근방의 전압 강하는, 펠스 회로 전류의 순시 진폭이 부하 회로 전류의 순시 진폭보다 현저히 크다면 유지되고, 이에 의해, MEMS 스위치의 개방을 용이하게 하고, MEMS 스위치의 콘택트들에 걸쳐 임의의 아크의 형성을 억제할 수도 있다. 따라서, 상기 기술한 바와 같이, MEMS 스위치는 MEMS 스위치의 콘택트들에 걸친 제로 근방의 전압 컨디션에서 그리고 MEMS 스위치를 통해 크게 감소된 전류에 있어서 개방될 수도 있다.

[0047] 도 9는 본 기술의 일측면에 따른 MEMS 기반 스위칭 시스템의 MEMS 스위치의 현재 동작 상태의 스위칭을 나타내는 실험결과의 그래픽 표현(130)이다. 도 9에 도시된 바와 같이, 진폭(132)에 있어서의 변동이 시간(134)에 있어서의 변동에 대해 도시된다. 또한, 참조부호 136, 138 및 140은 그래픽 도시(130)의 제1섹션, 제2섹션 및 제3섹션을 나타낸다.

[0048] 응답 커브(142)는 부하 회로 전류의 진폭의 변동을 시간의 함수로서 나타낸다. 시간의 함수로서의 펠스 회로 전류의 진폭의 변동은 응답 커브(144)에 나타낸다. 유사한 방식으로, 시간의 함수로서의 게이트 전압의 진폭의 변동은 응답 커브(146)로 구현된다. 응답 커브(148)는 제로 게이트 전압 기준을 나타내지만, 응답 커브(150)는 턴-오프 이전에 부하 전류에 대한 기준 레벨이다.

[0049] 부가적으로, 참조부호 152는 응답 커브(142)에 대한, 스위치 개방의 프로세스가 발생하는 영역을 나타낸다. 유사하게, 참조부호 154는 응답 커브(142)에 대한, MEMS 스위치의 콘택트들이 분리되고 그 스위치가 개방 상태에 있는 영역을 나타낸다. 또한, 그래픽 도시(130)의 제2섹션(138)로부터 알 수 있는 바와 같이, 게이트 전압은 MEMS 스위치 개방의 개시를 용이하게 하도록 낮게 인출된다. 또한, 그래픽 도시(130)의 제3섹션(140)으로부터 알 수 있는 바와 같이, 밸런싱된 다이오드 브리지의 도전성 절반에 있어서 부하 회로 전류(142) 및 펠스 회로 전류(144)는 감소하고 있다.

[0050] 본 발명의 일측면은, 발생할 수도 있는 고장 컨디션을 해결하고 정상상태 동작을 위해 예를 들어 MEMS-기반 스위칭 회로를 사용할 수 있으면서 솔리드 스테이트(예를 들어, 반도체-기반) 스위칭 회로로 (예를 들어, 시동 이벤트 동안 또는 과도 컨디션 동안) 서지 전류에 신뢰성있고 비용-효율적으로 저항할 수 있는 회로 및/또는 기술을 포함한다.

[0051] 당업자가 인식할 수 있는 바와 같이, 서지 전류는, 모터 또는 일부 다른 타입의 전기기기와 같은 전기 부하를 시동시킬 경우에 발생하거나, 또는 과도 컨디션 동안에 발생할 수도 있다. 종종, 시동 이벤트 동안의 서지 전류의 값은 정상상태 부하 전류 값의 수배(예를 들어, 6배 이상)를 포함하며, 대략 10초와 같은 수초 동안 지속될 수 있다.

[0052] 도 10은 본 발명의 특징을 구현하는 스위칭 시스템(200)의 블록도 표현이다. 하나의 예시적인 실시예에 있어서, 시스템(200)은 MEMS-기반 스위칭 회로(202), 솔리드 스테이트 스위칭 회로(204), 및 과전류 보호 회로(206)를 별별 회로로 접속시키며, 이는 도 1 내지 9의 문맥에서 도시 및/또는 설명된 바와 같이 하나의 예시적인 실시예에 있어서 펠스 회로(52) 및 밸런싱된 다이오드 브리지(31)를 포함할 수도 있다.

[0053] 제어기(208)가 MEMS-기반 스위칭 회로(202), 솔리드 스테이트 스위칭 회로(204), 및 과전류 보호 회로(206)에

커플링될 수도 있다. 제어기(208)는, 과전류 보호 회로(206)를 작동시킬 때와 또한 각각의 개별 스위칭 회로를 개방 및 폐쇄시킬 때를 결정하도록 구성되는 제어 방법을 수행함으로써 MEMS-기반 스위칭 회로와 솔리드 스테이트 스위칭 회로 사이에서 전류를 전후로 선택적으로 전달하도록 구성될 수도 있으며, 이는 스위칭 회로 중 각각의 회로의 전류-운반 능력에 적합한 부하 전류 컨디션에 응답하여 및/또는 스위칭 시스템에 영향을 줄 수도 있는 고장 컨디션 동안에 수행될 수도 있다. 그러한 제어 방법에 있어서, 부하 전류가 스위칭 회로 중 어느 하나의 최대 전류 처리 용량에 근접할 때마다 전류 제한 및 부하 전원-단절을 수행할 뿐 아니라, 각각의 스위칭 회로(202 및 204) 사이에서 전류를 전후로 전달하면서 고장 전류 제한을 수행하도록 준비되는 것이 바람직함을 주목한다.

[0054] 전술한 예시적인 회로를 구현하는 시스템은 서지 전류가 MEMS 기반 스위칭 회로(202)에 의해 운반되지 않고 대신 이러한 전류가 솔리드 스테이트 스위칭 회로(204)에 의해 운반되도록 제어될 수도 있다. 솔리드 스테이트 전류는 MEMS 기반 스위칭 회로(202)에 의해 운반될 것이며, 과전류 및/또는 고장 보호는 과전류 보호 회로(206)를 통한 시스템 동작 동안에 이용가능할 것이다. 그 광범위한 측면에 있어서, 제안된 개념은 MEMS-기반 스위칭 회로에 제한될 필요가 없음을 인식할 것이다. 예를 들어, 하나 이상의 솔리드 스테이트 스위치 및 적합한 제어기와 별별인 하나 이상의 표준 전기기계적 스위치(즉, MEMS-기반 전기기계적 스위칭 회로는 아님)를 포함하는 시스템은 본 발명의 일측면에 의해 주어지는 이점으로부터 유사하게 이득을 얻을 수도 있다.

[0055] 이하는 부하 개시 이벤트의 발생 시 스위칭 시스템에 있어서의 예시적인 전류 값뿐 아니라 스위칭 상태의 예시적인 시퀀스이다. 숫자 다음의 문자 X는 정상상태 컨디션 하에서 통상적인 전류값의 배수에 대응하는 예시적인 전류값을 나타낸다. 따라서, 6X는 정상상태 컨디션 하에서 통상적인 전류값의 6배에 대응하는 전류값을 나타낸다.

[0056] 1. 솔리드 스테이트 스위칭 회로 - 개방

[0057] MEMS 기반 스위칭 회로 - 개방

[0058] 전류-0

[0059] 2. 솔리드 스테이트 스위칭 회로 - 폐쇄

[0060] MEMS 기반 스위칭 회로 - 개방

[0061] 전류-6X

[0062] 3. 솔리드 스테이트 스위칭 회로 - 폐쇄

[0063] MEMS 기반 스위칭 회로 - 폐쇄

[0064] 전류-1X

[0065] 4. 솔리드 스테이트 스위칭 회로 - 개방

[0066] MEMS 기반 스위칭 회로 - 폐쇄

[0067] 전류-1X

[0068] 도 11은 스위칭 시스템(200)에 있어서의 솔리드 스테이트 스위칭 회로(204)가 과전류 보호 회로(206) 및 MEMS 기반 스위칭 회로(202)와 별별 회로로 접속된 2개의 FET(전계 효과 트랜지스터) 스위치(210 및 212; AC 전류의 도전을 인에이블시키기 위해 다이오드(214 및 216)와 역별 구성으로 접속됨)를 포함하는 하나의 예시적인 실시예를 나타낸다. 전기 부하(도시 안함)는 FET 스위치(210 및 212)를 턴-온시킴으로써 활성화될 수도 있으며, 이는 시동 전류("Istart"로서 표기함)가 부하로의 흐름을 시작하게 하고, 차례로, FET 스위치(210 및 212)가 부하의 시동 동안에 이 전류를 운반하게 한다. 솔리드 스테이트 스위칭 회로(204)는 도 11에 도시된 회로 배열에 제한되지도 FET 스위치에 제한되지도 않음을 인식할 것이다. 예를 들어, 양방향 전류 전도 능력을 제공하는 임의의 솔리드 스테이트 또는 반도체 전력 스위칭 디바이스는 소정의 AC 애플리케이션에 대해 동일하게 효과적으로 동작할 수도 있다. 당업자는 양방향 능력이 TRIAC, RCT에서와 같이 스위칭 디바이스에 고유할 수도 있으며, 또는 IGBT, FET, SCR, MOSFET 등과 같은 2 이상의 그러한 디바이스의 적합한 배열을 통해 달성될 수도 있음을 인식할 것이다.

[0069] 도 16은 솔리드 스테이트 스위칭 회로(204)가 역 직렬 회로 배열로 접속된 MOSFET 스위치(240 및 242)의 쌍을 포함하는 예시적인 실시예를 나타낸다. 다이오드(244 및 246)는 바디 다이오드(body diode)를 포함함을 주목한

다. 즉, 그러한 다이오드는 그 각각의 MOSFET 스위치의 필수부를 포함한다. 제로 게이트 구동 전압에 있어서, 각각의 스위치는 턴-오프되고, 따라서, 그 스위치들은 각 블록에서 교류 전압의 극성을 교변하면서 다른 스위치의 각각의 대응하는 다이오드는 순방향-바이어스될 것이다. 게이트 구동 회로(222)로부터의 적합한 게이트 구동 전압의 인가 시에, 각각의 MOSFET은 스위칭 단자에 제공된 AC 전압의 극성에 무관하게 저 저항 상태로 복귀할 것이다.

[0070] 당업자가 인식하는 바와 같이, MOSFET의 역 직렬 접속된 쌍에 걸친 전압 강하는, 역 병렬 배열에 있어서의 경우와 같이 하나의 R_{dson} 플러스 전압 다이오드 강하 대신에 2개의 R_{dson} (온-저항) 스위치의 IR 강하이다. 따라서, 하나의 예시적인 실시예에 있어서, MOSFET의 역 직렬 구성은, 비교적 더 낮은 전압 강하를 제공하고 이에 따라 더 낮은 전력 소산, 열 및 에너지 손실을 제공하는 능력을 갖기 때문에 바람직할 수도 있다.

[0071] 솔리드 스테이트 스위칭 회로(204)가 양방향 사이리스터(또는 사이리스터의 역 병렬 쌍)를 포함하면서 이 배열이 낮은 전류에서 비교적 높은 손실을 초래할 수도 있는 하나의 예시적인 실시예에 있어서, 이러한 배열은 높은 전류에서 비교적 낮은 전압 강하 및 과도 열 응답 특성 때문에 비교적 높은 단기 전류 서지에 저항할 수 있는 이점을 가짐을 더 인식할 것이다.

[0072] 초기 시동 전류가 적합한 레벨로 저하된 후, MEMS-기반 스위칭 회로(202)는 적합한 MEMS-호환 스위칭 기술을 이용하거나, 또는 그러한 전압 강하가 비교적 작은 전압을 포함하면 솔리드 스테이트 스위칭 회로에 걸쳐 강하되는 전압으로 폐쇄함으로써 턴-온될 수도 있다. 이 포인트에서, FET 스위치(210 및 219)는 턴-오프될 수 있다. 도 12는 정상상태 전류("Iss"로서 표기함)가 MEMS 기반 스위칭 회로(202)에 의해 운반되는 스위칭 시스템(200)의 컨디션을 나타낸다.

[0073] 당업자가 인식하는 바와 같이, MEMS-기반 스위칭 회로는 그 스위칭 콘택트들에 걸친 전압의 존재 시에 도전성 스위칭 상태로 폐쇄되지 않아야 하며, 또한 그 회로는 그러한 콘택트들을 통해 전류를 통과시키면서 비-도전성 스위칭 상태로 개방되지 않아야 한다. MEMS-호환 스위칭 기술의 일 예는 도 1 내지 9의 문맥에서 설명 및/또는 예시된 바와 같은 펄스-형성 기술일 수도 있다.

[0074] MEMS-호환 스위칭 기술의 다른 예는 소프트 또는 포인트-온-웨이브(point-on-wave) 스위칭을 수행하기 위한 스위칭 시스템을 구성함으로써 달성될 수도 있으며, 이에 의해, 스위칭 회로(202)에 있어서의 하나 이상의 MEMS 스위치는, 스위칭 회로(202)에 걸친 전압이 제로이거나 제로에 매우 근접할 때에 폐쇄되고, 스위칭 회로(202)를 통과한 전류가 제로이거나 제로에 매우 근접할 때에 개방될 수도 있다. 그러한 기술에 관한 배경 정보를 원하는 독자를 위해, "Micro-Electromechanical System Based Soft Switching"의 명칭으로 2005년 12월 20일자로 출원된 미국특허 출원번호 제11/314,879호(대리인 관리번호 제162191-1호, 이 출원은 참조로서 전부 본 명세서에 포함됨)인 특허출원을 참조한다.

[0075] 스위칭 회로(202)에 걸친 전압이 제로이거나 제로에 매우 근접할 때 스위치를 폐쇄함으로써, 다중의 스위치가 동시에 모두 폐쇄되지는 않더라도, 폐쇄될 때에 하나 이상의 MEMS 스위치의 콘택트들 사이에서 전계를 낮게 유지함으로써 프리-스트라이크 아크(pre-strike arcing)가 회피될 수 있다. 상기 기술한 바와 같이, 제어 회로는 교류 소스 전압 또는 교류 부하 회로 전류의 제로 크로싱의 발생에 있어서 스위칭 회로(202)의 하나 이상의 MEMS 스위치의 개방과 폐쇄를 동기화시키도록 구성될 수도 있다. 시동 이벤트 동안에 고장이 발생하면, 과전류 보호 회로(206)는 각각의 스위칭 회로뿐 아니라 다운 스트림 부하를 보호하도록 구성된다. 도 13에 나타낸 바와 같이, 이러한 보호는 고장 전류(I_{fault})를 과전류 보호 회로(206)에 전달함으로써 달성된다.

[0076] 비록 최상위 레벨에서 관측할 경우에 전기-기계적 및 솔리드 스테이트 스위칭 회로가 개념적으로 서로 실질적으로 동일하게 동작하는 것처럼 보일 수도 있지만, 실제로, 그러한 스위칭 회로는 실질적으로 상이한 물리 원리에 기초하여 동작하기 때문에 각각 별도의 동작 특성을 나타낼 수도 있으며, 따라서, 과전류 보호 회로는 그러한 특성을 고려하도록 적절히 구성되어야 하고 또한 스위칭 회로를 적절히 작동시켜야 할 수도 있음을 주목한다. 예를 들어, MEMS 스위치는 일반적으로 콘택트를 중단하기 위한 캘틸레버의 기계적 이동과 관련되지만, 솔리드 스테이트 스위치는 일반적으로 전압-유도성 채널에 있어서 전하 캐리어의 이동과 관련된다. 캐리어의 채널을 클리어하는데 걸리는 시간은 복원 시간이라 지칭되며, 이 복원 시간은 $<1\mu s$ 의 시간 내지 $>100\mu s$ 의 시간의 범위일 수 있다. 예를 들어, 만약 솔리드 스테이트 스위치가 고장으로 폐쇄되면, 과전류 보호 회로(206)는 솔리드 스테이트 스위치의 채널이 완전히 클리어되고 그 스위치가 완전히 개방될 때까지 고장 전류를 흡수하고, 솔리드 스테이트 스위치 및 다운 스트림 부하를 보호할 수 있어야 한다. 과전류 보호 회로(206)가 펄스 회로(52) 및 벨런싱된 다이오드 브리지(31)를 포함하는 경우, (펄스 회로에 의해 형성된 펄스의 폭 및/또는 높이와 같은) 펄스 특성은 다운 스트림 보호의 품질에 영향을 줄 수 있음을 볼 수 있다. 예를 들어, 과전류 보호 회로(206)는

MEMS 기반 스위칭 회로에 대한 고장 보호를 수용할 뿐 아니라 병렬 솔리드 스테이트 스위칭 회로의 복원 시간을 수용하기 위해 충분한 폭 및/또는 높이를 갖는 펠스를 생성할 수 있어야 한다.

[0077] 당업자가 인식하는 바와 같이, 고장 전류 차단과 관련하여, 솔리드 스테이트 스위칭 회로의 2개의 일반적인 카테고리가 존재한다. (FET와 같은) 일부 솔리드 스테이트 스위치는 턴-오프될 경우에 본질적으로 제로 전류 컨디션을 강제할 수 있다. (SCR과 같은) 다른 스위치는 그러한 제로 전류 컨디션을 강제할 수 없다. 제로 전류 컨디션을 강제할 수 있는 솔리드 스테이트 스위칭 회로는 고장 중에 전류 제한을 수행하기 위해 과전류 보호 회로(206)의 지원을 필요로 하지 않을 수도 있다. 제로 전류 컨디션을 강제할 수 없는 솔리드 스테이트 스위칭 회로는 일반적으로 과전류 보호 회로(206)를 요구할 것이다.

[0078] 전술한 바와 같이, 적합한 제어 기술이 MEMS-기반 스위칭 회로와 솔리드 스테이트 스위칭 회로 사이에서 전류를 전후로 선택적으로 전달하기 위해 구현되어야 한다. 하나의 예시적인 실시예에 있어서, 그러한 제어 기술은 각각의 스위칭 회로에 대한 각각의 전기 손실 모델에 기초할 수도 있다. 예를 들어, MEMS-기반 스위칭 회로에 있어서의 전기 손실(및 부수적인 온도 상승)은 일반적으로 부하 전류의 제곱에 비례하지만, 솔리드 스테이트 스위칭 회로에 있어서의 손실(및 부수적인 온도 상승)은 일반적으로 부하 전류의 절대값에 비례한다. 또한, 솔리드 스테이트 디바이스의 열 용량은 일반적으로 MEMS-기반 스위칭 회로보다 더 크다. 이에 따라, 부하 전류의 통상적인 값에 있어서는, MEMS-기반 스위칭 회로가 전류를 운반할 것이라고 고려되지만, 일시적인 과부하 전류에 있어서는, 솔리드 스테이트 스위칭 회로가 전류를 운반하도록 고려된다. 따라서, 과도 과부하 상황 동안에 전류를 전후로 전달하도록 고려된다.

[0079] 이하, MEMS-기반 스위칭 회로와 솔리드 스테이트 스위칭 회로 사이에서 부하 전류를 전후로 선택적으로 전달하는 3가지 예시적인 기술을 설명한다. 하나의 예시적인 기술은 도 14에 도시된 바와 같이 듀얼 과전류 보호 회로의 사용을 고려하며, 여기서, 제1 과전류 보호 회로(206₁) 및 제2 과전류 보호 회로(206₂)는 MEMS-기반 스위칭 회로 및 솔리드 스테이트 스위칭 회로와 병렬 회로로 접속되어 전달을 지원한다 (이 제2 과전류 보호 회로는 또한 도 1 내지 9의 문맥에서 도시 및/또는 설명된 바와 같은 펠스 회로(52) 및 밸런싱된 다이오드 브리지(31)를 하나의 예시적인 실시예에서 포함할 수도 있음).

[0080] 만약 스위칭 시스템이 단일 과전류 보호 회로(206)만을 사용하면, 그러한 단일 과전류 보호 회로는 MEMS-기반 스위칭 회로와 관련하여 스위칭 이벤트 시에 작동될 것임을 주목한다. 하지만, 그 직후에 고장이 발생되려 하면, 단일 과전류 보호 회로(206)는 스위칭 회로를 보호하기 위해 재작동되도록 준비되지 않을 수도 있다. 상기 기술한 바와 같이, 과전류 보호 회로(206)는 펄싱(pulsing) 기술에 기초하여 동작하며, 따라서, 그러한 회로는 펠스 발사 시에 바로 동작하도록 순간적으로 준비되지 않을 것이다. 예를 들어, 펠스 회로(52)에 있어서 펠스 캐패시터를 재충전할 어떠한 시간주기를 대기해야 한다.

[0081] 듀얼 과전류 보호 회로에 관련된 기술은, 다른 과전류 보호 회로(206₁)가 통상적인 스위칭 이벤트(비-고장 구동 스위칭 이벤트)와 관련하여 펠스-지원 스위칭을 바로 수행한 경우에도 하나의 과전류 보호 회로(예를 들어, 회로(206₂))를 자유롭게 하고 고장의 이벤트 시에 전류 제한을 지원하도록 준비하게 하는 것을 보장한다. 이러한 기술은 비교적 간단한 제어로 실질적인 설계 유연성을 제공한다고 믿어지지만, 단일 과전류 보호 회로 대신에 듀얼 과전류 보호 회로를 요구한다. 이러한 기술은 임의의 타입의 솔리드 스테이트 스위칭 회로와 호환됨을 주목한다.

[0082] 그 후, 듀얼 과전류 보호 회로를 포함하는 예시적인 실시예에 있어서, 이러한 회로는 듀얼 펠스 회로(52)를 포함하지만 듀얼 밸런싱된 다이오드 브리지(31)를 포함할 필요는 없음을 인식할 것이다. 예를 들어, 만약 제1 과전류 보호 회로가 각각의 펠스 회로(52) 및 각각의 밸런싱된 다이오드 브리지(31)를 포함한다면, 제2 과전류 보호 회로는 (필요할 경우) 적합한 펠스 전류를 제1 과전류 보호 회로의 밸런싱된 다이오드 브리지(31)에 인가하도록 구성되는 각각의 펠스 회로(52)를 단지 포함할 수도 있다. 역으로, 만약 제2 과전류 보호 회로가 각각의 펠스 회로(52) 및 각각의 밸런싱된 다이오드 브리지(31)를 포함한다면, 제1 과전류 보호 회로는 (필요할 경우) 적합한 펠스 전류를 제2 과전류 보호 회로의 밸런싱된 다이오드 브리지(31)에 인가하도록 구성되는 각각의 펠스 회로(52)를 단지 포함할 수도 있다.

[0083] 제2의 예시적인 기술은 전류 제로와 일치시키도록 전달 실행을 타이밍하는 것이다. 이것은 제2 과전류 보호 회로에 대한 필요성을 제거하고, 또한, 임의의 타입의 솔리드 스테이트 스위칭 회로와 호환가능하다. 하지만, 이러한 기술은 상대적으로 더 정교한 제어와 관련될 수도 있고, 어떤 경우, 시스템의 완벽한 셧-오프를 요구할 수 있다. 제3의 예시적인 기술은 MEMS 스위칭 회로 및 솔리드 스테이트 스위칭 회로의 개방 및 폐쇄를 조정함으로

써 전류 전달을 수행하는 것이다. 당업자가 인식하는 바와 같이, 이 기술은 솔리드 스테이트 스위칭 회로가 상대적으로 작은 전압 강하를 가질 경우에 이용될 수 있다.

[0084] 어떠한 경우라도, 제어 방법은 예를 들어, 스위칭 회로 중 각각의 회로의 전류-운반 능력에 적합한 부하 전류 컨디션에 응답하여, 과전류 보호 회로(단일 또는 듀얼 과전류 보호 회로)를 동작시킬 때와 또한 각각의 스위칭 회로를 개방 및 폐쇄시킬 때를 결정하도록 구성될 수도 있음을 인식해야 한다. 일반적인 개념은, 부하 전류가 어느 하나의 부하 전류 운반 경로의 최대 용량에 근접할 경우에, 전류 제한 및 회로 전원-단절을 수행할 뿐 아니라, 교류 경로 사이에서 전류를 전후로 전달하면서 고장 전류 제한을 수행하도록 준비되는 것이다. 하나의 예시적인 제어 방법은 다음과 같을 수도 있다.

[0085] 큰 초기 전류가 존재할 것이라는 기대로, 솔리드 스테이트 스위칭 회로를 이용하여 부하에 전압을 가한다. 전류가 MEMS-기반 스위칭 회로의 레이팅 내에 위치한 후에 MEMS-기반 스위칭 회로에 걸쳐 부하를 전달한다.

[0086] 통상적인 컨디션 하에서 부하에 전압을 가하지 않기를 원하는 경우, 스위칭 회로가 그 시간에 전류를 운반하고 있을 경우마다 그렇게 한다. 만약 MEMS-기반 스위칭 회로라면, 포인트-온-웨이브 스위칭을 이용하여 전류 제로에서 턴-오프시킨다.

[0087] 시뮬레이션되거나 감지된 온도에 기초하여, MEMS-기반 스위칭 회로 및 솔리드 스테이트 스위칭 회로 양자의 각 온도를 결정한다. 만약 임의의 그 온도가 각각의 열 레이팅 제한에 근접하고 있다고 결정되거나, 부하 전류가 각각의 최대 전류 운반 능력에 근접하고 있으면, (과전류 보호 회로를 지원받아) 순시 전류 중단을 수행하고(고장 컨디션 도는 심각한 오버헤드 하에서와 같이), MEMS-기반 스위칭 회로 및 솔리드 스테이트 스위칭 회로 양자를 개방한다. 이러한 액션은 임의의 다른 제어 액션을 무효로 할 것이다. 재-폐쇄 스위칭 액션을 허용하기 전에 리셋을 대기한다.

[0088] 통상적인 동작 하에서, 각각의 개별 스위칭 회로의 각각의 열 컨디션은 MEMS-기반 스위칭 회로를 통해 또는 솔리드 스테이트 스위칭 회로를 통해 전류를 통과시킬지를 결정하기 위해 사용될 수도 있다. 만약 하나의 스위칭 회로가 그 열 제한 또는 전류 제한에 근접하면서 다른 스위칭 회로가 여전히 열적 마진을 갖는다면, 전달은 자동으로 행해질 수도 있다. 정확한 타이밍은 스위칭 전달 기술에 의존할 것이다. 예를 들어, 펄스-지원 전달에 있어서, 전달이 필요한 즉시 본질적으로 순간적으로 전달이 발생할 수 있다. 포인트-온-웨이브 스위칭에 기초한 전달에 있어서, 그러한 전달은, 전류의 다음의 가용 제로 크로싱이 발생할 때까지 수행(예를 들어, 연기됨)될 것이다. 연기된 전달에 있어서, 그 전달이 그 다음 전류 제로까지 성공적으로 연기되게 하도록 전달에 대한 편정의 설정에 있어서 제공된 일부 마진이 존재해야 한다.

[0089] 도 15는 도 10의 스위칭 시스템의 하나의 예시적인 실시예에 대한 회로 상세를 나타낸다. 예를 들어, 도 15는 MEMS-기반 스위칭 회로(206), 솔리드 스테이트 스위칭 회로(204) 및 펄스 스위치(54)를 각각 구동하기 위해 제어기(208)로부터의 제어 신호에 응답하는 각각의 드라이버(220, 222 및 224)를 나타낸다. 도 15는 제어기(208)에 접속된 전류 센서(226)를 더 나타내어, 스위칭 시스템에 영향을 줄 수도 있는 고장 컨디션뿐 아니라 스위칭 회로 중 각각의 회로의 전류-운반 능력에 적합한 부하 전류 컨디션을 결정하는데 사용될 수도 있는 전류를 감지한다.

[0090] 본 발명의 단지 일정한 특징이 본 명세서에서 예시 및 설명되었지만, 다수의 변형 및 변경이 당업자에게 발생할 것이다. 따라서, 첨부한 특허청구범위는 본 발명의 진정한 사상 내에 있는 그러한 모든 변형 및 변경을 커버하도록 의도됨을 인식해야 한다.

도면의 간단한 설명

[0091] 도 1은 본 기술의 일측면에 따른 예시적인 MEMS 기반 스위칭 시스템의 블록도이다.

[0092] 도 2는 도 1에 도시된 예시적인 MEMS 기반 스위칭 시스템을 나타낸 개략도이다.

[0093] 도 3 내지 5는 도 2에 나타낸 MEMS 기반 스위칭 시스템의 예시적인 동작을 나타낸 개략적인 흐름도이다.

[0094] 도 6은 MEMS 스위치의 직렬-병렬 어레이를 나타낸 개략도이다.

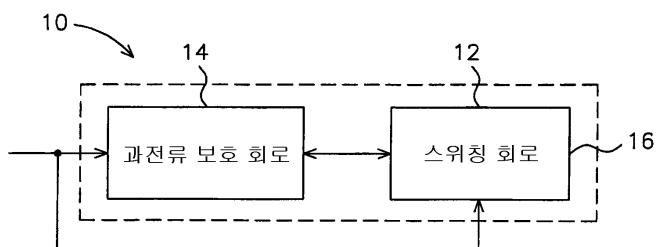
[0095] 도 7은 그레이딩된 MEMS 스위치를 나타낸 개략도이다.

[0096] 도 8은 도 1에 나타낸 MEMS 기반 스위칭 시스템을 갖는 시스템의 동작 흐름을 도시한 흐름도이다.

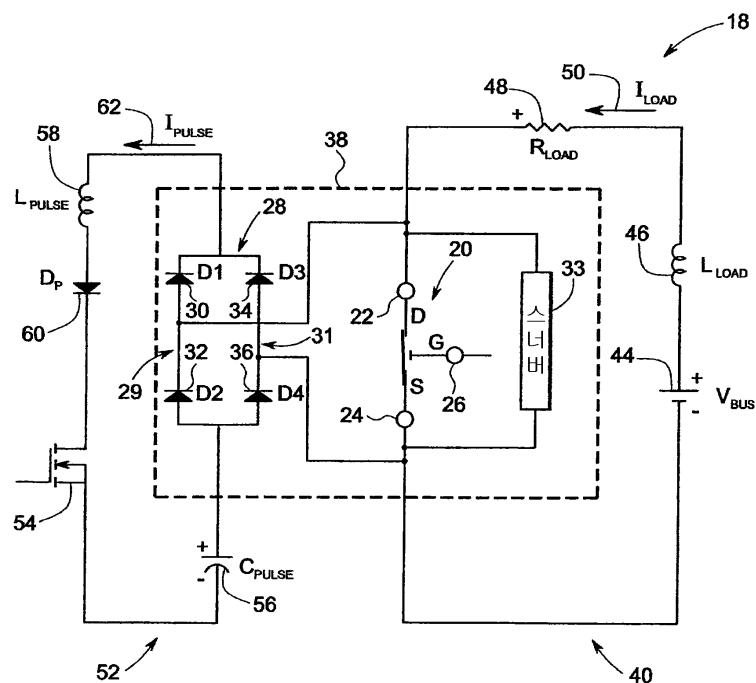
[0097] 도 9는 스위칭 시스템의 턴-오프를 나타낸 실현결과의 그래픽 표현이다.

도면

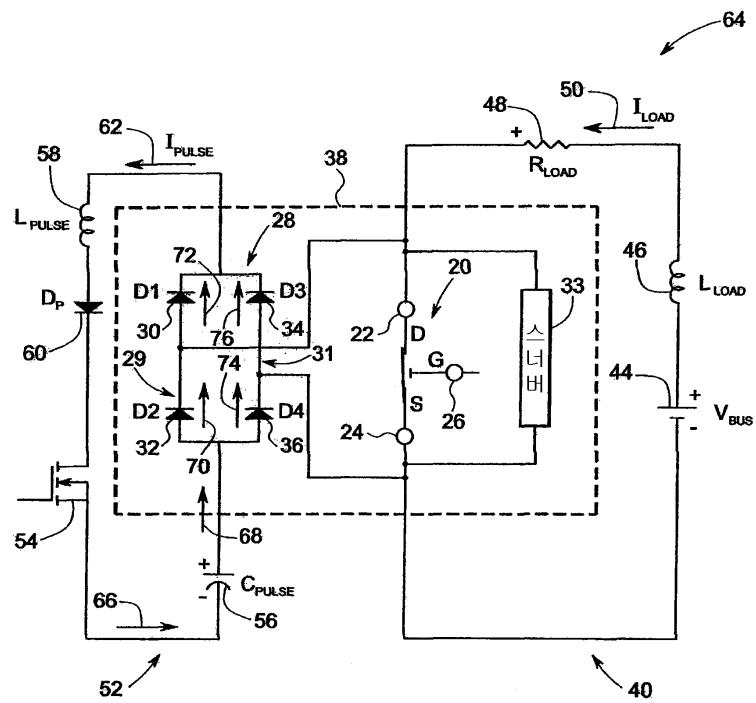
도면1



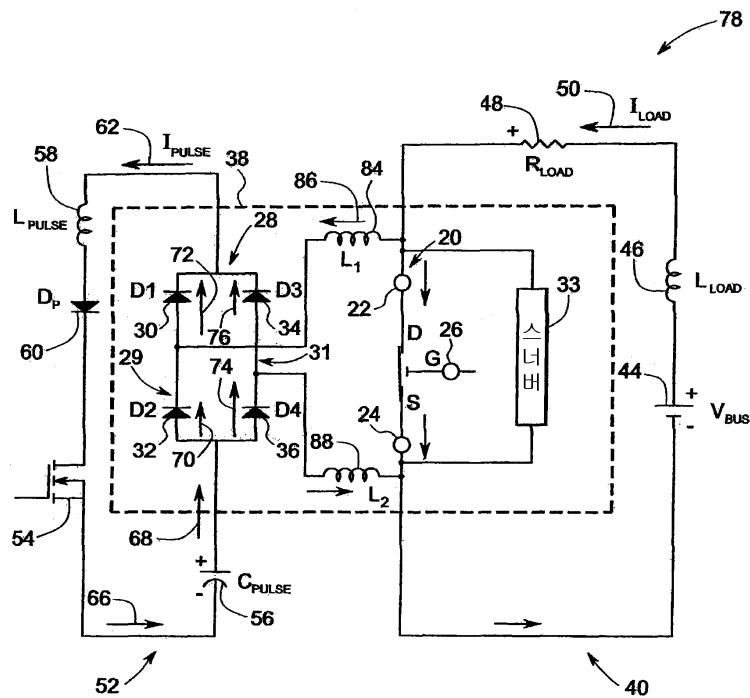
도면2



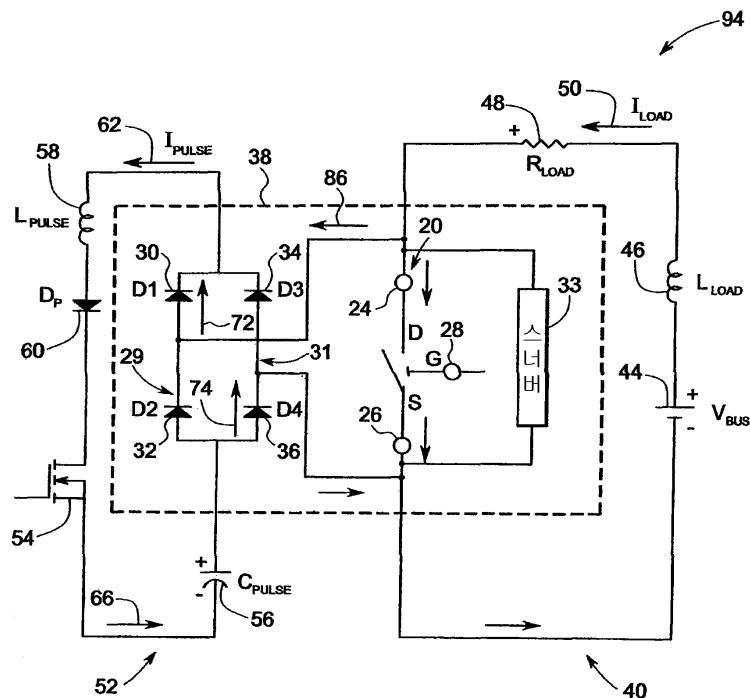
도면3



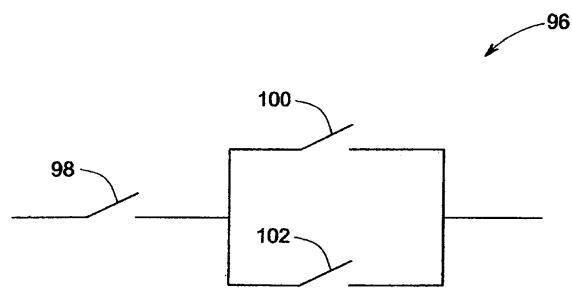
도면4



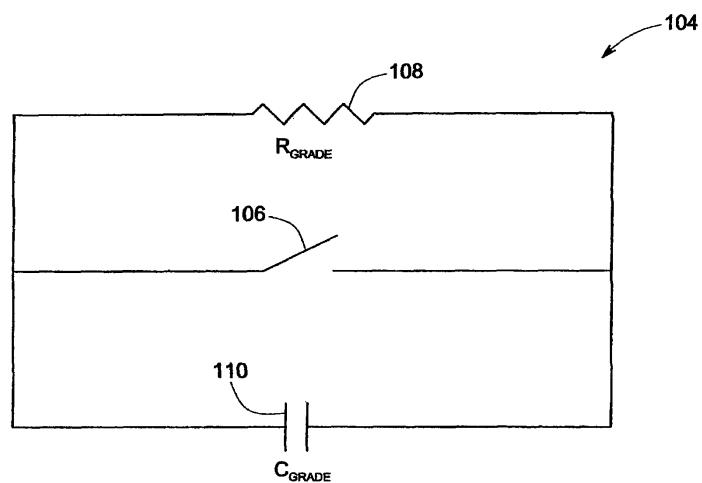
도면5



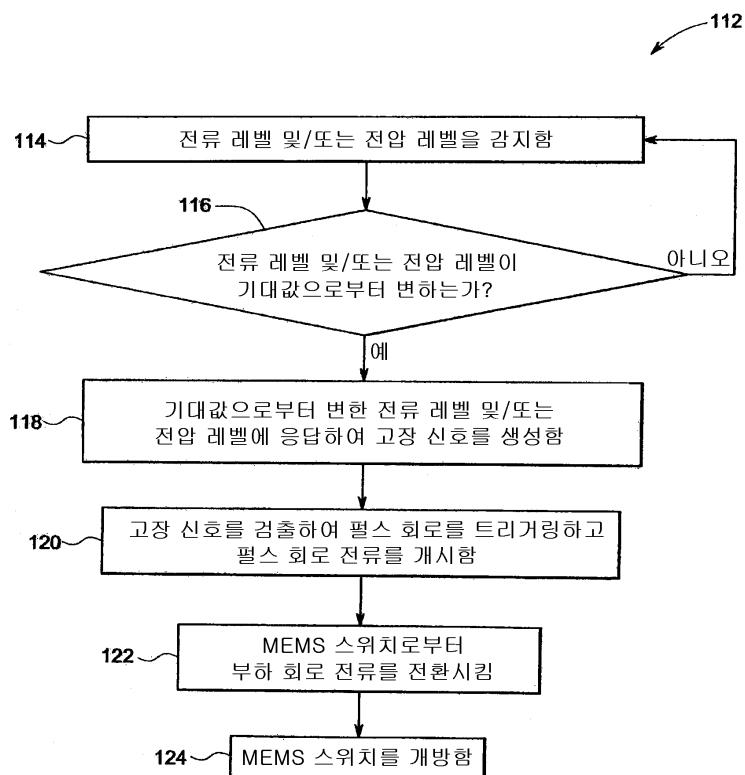
도면6



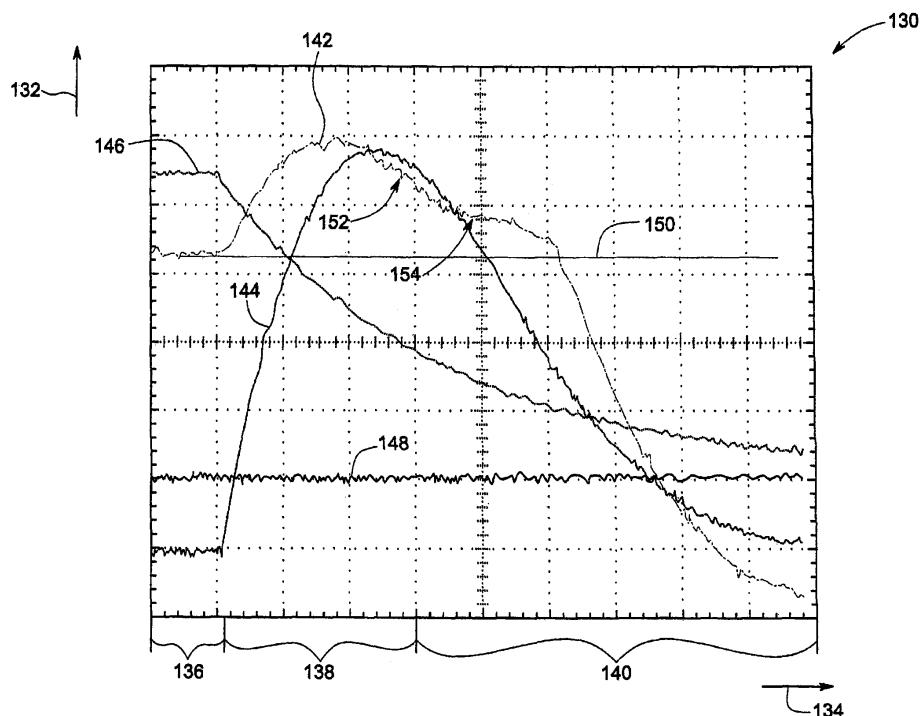
도면7



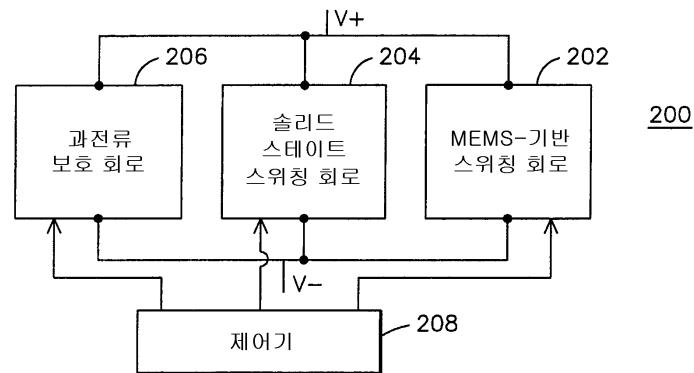
도면8



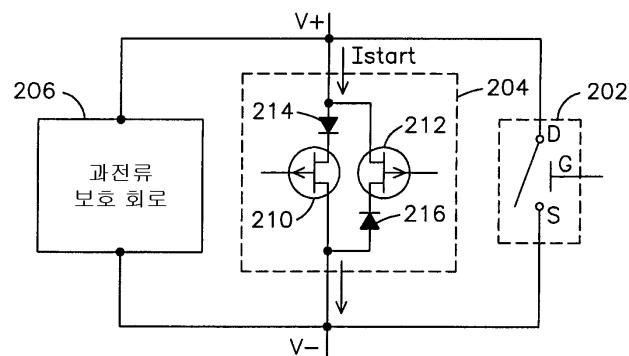
도면9



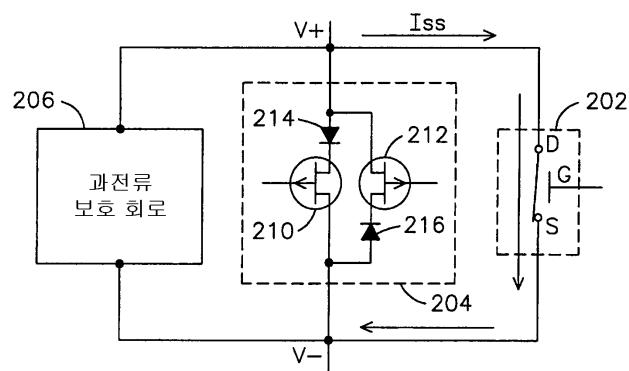
도면10



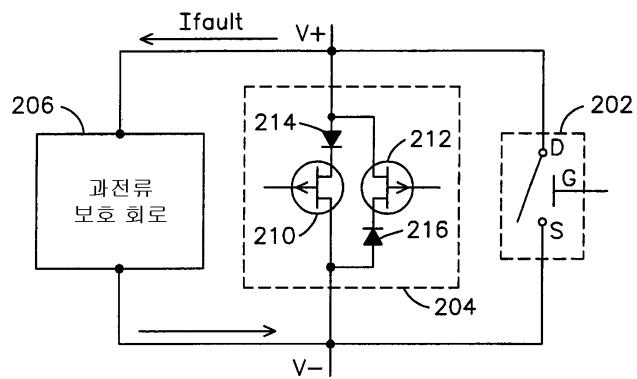
도면11



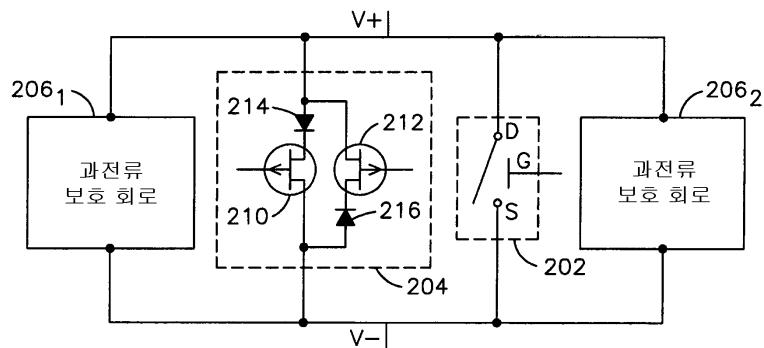
도면12



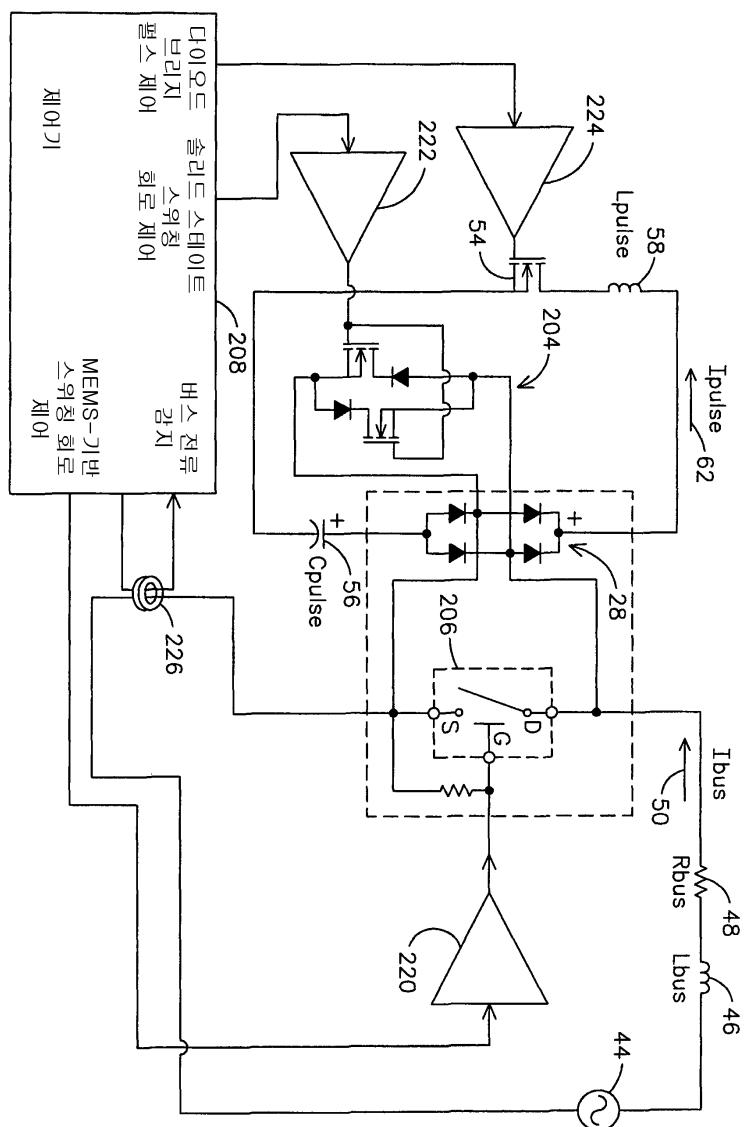
도면13



도면14



도면15



도면16

