



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0067325
(43) 공개일자 2020년06월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H03K 17/16 (2006.01) H03K 17/687 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H03K 17/163 (2013.01)
H03K 17/6871 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0154082
(22) 출원일자 2018년12월04일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
한국전기연구원
경상남도 창원시 성산구 불모산로10번길 12 (성주동)
(72) 발명자
김기현
경상남도 창원시 성산구 창이대로881번길 8, 206동 204호(대방동, 대동디지털황토아파트)
김종현
경상남도 창원시 성산구 창이대로881번길 8, 207동 1204호(대방동, 대동디지털황토아파트)
이경호
경상남도 창원시 진해구 천자로 386, 109동 1702호(풍호동, 창원 마린 푸르지오 1단지)
(74) 대리인
특허법인충정

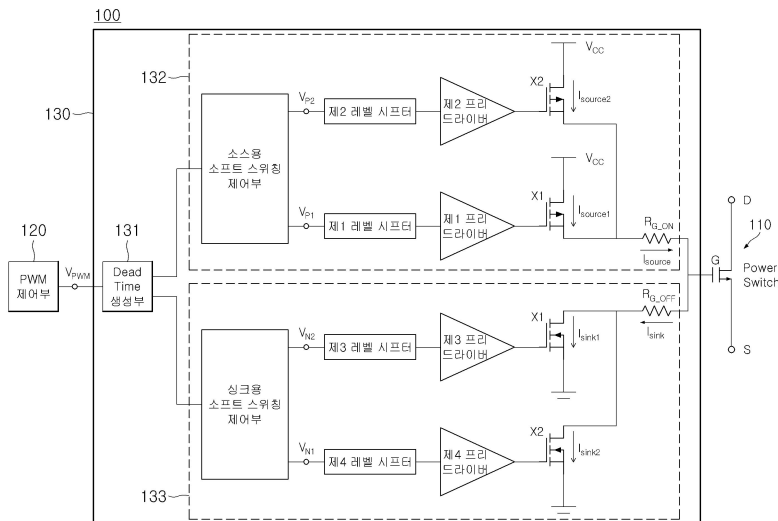
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 전력용 MOSFET 게이트 구동회로

(57) 요약

본 발명은 전력용 MOSFET 게이트 구동회로에 관한 것으로, 전력 스위치의 턴 온 동작 시, 상기 전력 스위치의 동작 상태에 따라 소스 전류의 크기를 가변하여, 상기 전력 스위치의 소프트 스위칭 동작을 구동할 수 있는 제1 구동회로; 및 상기 전력 스위치의 턴 오프 동작 시, 상기 전력 스위치의 동작 상태에 따라 싱크 전류의 크기를 가변하여, 상기 전력 스위치의 소프트 스위칭 동작을 구동할 수 있는 제2 구동회로를 포함한다.

대표도



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 18-12-N0101-02

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 국가과학기술연구회

연구사업명 HVDC 기술 개발 사업

연구과제명 SiC MOSFET 용 고속 구동 제어 IC 개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국전기연구원

연구기간 2018.01.01 ~ 2018.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

전력 스위치의 턴 온 동작 시, 상기 전력 스위치의 동작 상태에 따라 소스 전류(source current)의 크기를 가변하여, 상기 전력 스위치의 소프트 스위칭 동작을 구동할 수 있는 제1 구동회로; 및

상기 전력 스위치의 턴 오프 동작 시, 상기 전력 스위치의 동작 상태에 따라 싱크 전류(sink current)의 크기를 가변하여, 상기 전력 스위치의 소프트 스위칭 동작을 구동할 수 있는 제2 구동회로를 포함하는 게이트 구동회로.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 구동회로는, 바이너리 코딩(binary coding)이 적용된 복수의 제어신호들을 생성하는 소프트 스위칭 제어부와, 상기 복수의 제어신호들의 파형에 따라 복수의 소스 전류들을 생성하는 복수의 트랜지스터들을 포함하는 것을 특징으로 하는 게이트 구동회로.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제1 구동회로는, 상기 복수의 제어신호들을 기반으로 상기 복수의 트랜지스터들을 개별적으로 제어하여, 상기 소스 전류를 단계적으로 증가시키는 것을 특징으로 하는 게이트 구동회로.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제2 구동회로는, 바이너리 코딩이 적용된 복수의 제어신호들을 생성하는 소프트 스위칭 제어부와, 상기 복수의 제어신호들의 파형에 따라 복수의 싱크 전류들을 생성하는 복수의 트랜지스터들을 포함하는 것을 특징으로 하는 게이트 구동회로.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제2 구동회로는, 상기 복수의 제어신호들을 기반으로 상기 복수의 트랜지스터들을 개별적으로 제어하여, 상기 싱크 전류를 최대치로 인가한 후 단계적으로 감소시키는 것을 특징으로 하는 게이트 구동회로.

청구항 6

제2항 또는 제4항에 있어서,

상기 복수의 트랜지스터들은, 바이너리 코딩이 가능하도록 서로 다른 트랜지스터 크기(size)를 갖는 것을 특징으로 하는 게이트 구동회로.

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 전력용 MOSFET 게이트 구동회로에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 전력 스위치의 턴 온 또는 턴 오프 동작 시, 게이트 구동전류를 단계적으로 조절하여 상기 전력 스위치의 소프트 스위칭(soft switching) 동작을 구동할 수 있는 전력용 MOSFET 게이트 구동회로에 관한 것이다.

배경기술

- [0002] 일반적으로 전력소자는 전력의 변환이나 제어를 수행하는 반도체 소자로서, 정류 다이오드, 전력 트랜지스터, 트라이액(triac) 등이 산업, 정보, 통신, 교통, 전력, 가정 등 각 분야에 다양하게 사용되고 있다.
- [0003] 전력소자로는 대표적으로 MOSFET(metal oxide semiconductor field effect transistor), IGBT(insulated gate bipolar transistor), 전력 집적회로(IC) 등이 있으며, 이 중에서 특히 고속 스위칭이 가능하고, 구동회로의 손실이 적은 전력용 MOSFET 스위치가 주목 받고 있다.
- [0004] 이러한 전력용 MOSFET 스위치를 구동시키기 위해서는 가능한 한 고속으로 턴 온(turn on)/턴 오프(turn off)시킬 필요가 있다. 이를 위해, 전력용 MOSFET 스위치를 고속으로 구동하기 위한 게이트 구동회로가 필요하며, 상기 게이트 구동회로로 종래에 몇 가지가 제안되었다.
- [0005] 도 1은 종래 기술에 따른 전력용 MOSFET 게이트 구동회로의 일 예를 나타내는 도면이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 종래의 MOSFET 게이트 구동회로(10)는 제1 프리 드라이버(11), P형 트랜지스터(12), 제1 저항 소자(13), 제2 프리 드라이버(14), N형 트랜지스터(15) 및 제2 저항 소자(16)를 포함할 수 있다.
- [0006] MOSFET 게이트 구동회로(10)는, PWM 제어부(20)에서 출력하는 펄스폭 제어신호에 따라 전력 스위치(30)의 스위칭 동작을 구동할 수 있다. 즉, MOSFET 게이트 구동회로(10)는 제1 프리 드라이버(11)을 통해 P형 트랜지스터(12)를 턴 온(turn on) 시키고, 제2 프리 드라이버(14)를 통해 N형 트랜지스터(15)를 턴 오프(turn off) 시켜 전력 스위치(30)의 턴 온(turn on) 동작을 구동할 수 있다.
- [0007] 또한, MOSFET 게이트 구동회로(10)는 제1 프리 드라이버(11)을 통해 P형 트랜지스터(12)를 턴 오프(turn off) 시키고, 제2 프리 드라이버(14)를 통해 N형 트랜지스터(15)를 턴 온(turn on) 시켜 전력 스위치(30)의 턴 오프(turn off) 동작을 구동할 수 있다.
- [0008] 그런데 종래의 게이트 구동회로를 이용한 전력 스위치에서, 턴 온(turn on) 동작 시, 드레인 전류(I_D)가 피크가 되는 시점에서 리플(ripple) 현상이 발생하게 되고, 턴 오프(turn off) 동작 시, 드레인-소스 전압(V_{DS})이 피크가 되는 시점에서 리플 현상이 발생하게 된다. 이와 같이 밀러 효과(Miller effect)로 인해 발생하는 리플 성분인 스위칭 노이즈(switching noise)는 전력 스위치의 EMI(Electro Magnetic Interference) 특성을 나쁘게 하는 원인이 된다.
- [0009] 한편, 게이트 구동전류를 증가시켜 전력 스위치를 구동할 경우, 구동 주파수를 향상시키거나 스위칭 시간을 줄여서 스위칭 손실(switching loss)을 줄일 수 있지만 증가된 구동전류에 의해 리플 성분이 더욱 커지는 단점이 생긴다. 이처럼, 종래 기술에 따른 전력용 MOSFET 게이트 구동회로는 스위칭 손실과 EMI 특성 간에 트레이드 오프(trade off) 관계를 유지하고 있다.
- [0010] 또한, 전력용 MOSFET 게이트 구동회로 설계 시에 구동전류가 고정되어 버리기 때문에 응용처에 따라서 조절하기 힘든 단점이 있다. 또한, 전력 스위치의 턴 온 또는 턴 오프 동작 시, 게이트 구동회로의 하드 스위칭(hard switching)으로 인해 EMI 문제가 발생하는 문제가 있다.
- [0011] 따라서, EMI 특성을 악화시키지 않으면서 스위칭 손실을 감소하기 위해서는, 게이트 구동전류의 크기를 자유롭게 제어함으로써 스위칭 손실과 EMI 특성 사이의 최적점에서 구동할 수 있는 게이트 구동회로가 필요하다. 또한, 응용처에 따라 쉽게 게이트 구동전류를 조절할 수 있는 게이트 구동회로가 필요하다. 또한, 턴 온 또는 턴 오프 동작 시, 게이트 구동전류를 점차적으로 조절하여 소프트 스위칭을 구현할 수 있는 게이트 구동회로가 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명은 전술한 문제 및 다른 문제를 해결하는 것을 목적으로 한다. 또 다른 목적은 바이너리 코딩(binary coding)이 적용된 복수의 제어신호들에 따라 게이트 구동전류를 단계적으로 조절할 수 있는 전력용 MOSFET 게이트 구동회로를 제공함에 있다.
- [0013] 또 다른 목적은 턴 온(turn on) 동작 시, 전력 스위치의 동작 상태에 따라 게이트 구동전류를 단계적으로 조절하여 전력 스위치의 소프트 스위칭 동작을 구동할 수 있는 전력용 MOSFET 게이트 구동회로를 제공함에 있다.
- [0014] 또 다른 목적은 턴 오프(turn off) 동작 시, 전력 스위치의 동작 상태에 따라 게이트 구동전류를 단계적으로 조

절하여 전력 스위치의 소프트 스위칭 동작을 구동할 수 있는 전력용 MOSFET 게이트 구동회로를 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0015] 상기 또는 다른 목적을 달성하기 위해 본 발명의 일 측면에 따르면, 전력 스위치의 턴 온 동작 시, 상기 전력 스위치의 동작 상태에 따라 소스 전류(source current)의 크기를 가변하여, 상기 전력 스위치의 소프트 스위칭 동작을 구동할 수 있는 제1 구동회로; 및 상기 전력 스위치의 턴 오프 동작 시, 상기 전력 스위치의 동작 상태에 따라 싱크 전류(sink current)의 크기를 가변하여, 상기 전력 스위치의 소프트 스위칭 동작을 구동할 수 있는 제2 구동회로를 포함하는 게이트 구동회로를 제공한다.

[0016] 좀 더 바람직하게는, 상기 제1 구동회로는, 바이너리 코딩(binary coding)이 적용된 복수의 제어신호들을 생성하는 소프트 스위칭 제어부와, 상기 복수의 제어신호들의 파형에 따라 복수의 소스 전류들을 생성하는 복수의 트랜지스터들을 포함하는 것을 특징으로 한다. 상기 제1 구동회로는, 복수의 제어신호들을 기반으로 복수의 트랜지스터들을 개별적으로 제어하여, 소스 전류를 단계적으로 증가시키는 것을 특징으로 한다.

[0017] 좀 더 바람직하게는, 상기 제2 구동회로는, 바이너리 코딩이 적용된 복수의 제어신호들을 생성하는 소프트 스위칭 제어부와, 상기 복수의 제어신호들의 파형에 따라 복수의 싱크 전류들을 생성하는 복수의 트랜지스터들을 포함하는 것을 특징으로 한다. 상기 제2 구동회로는, 복수의 제어신호들을 기반으로 복수의 트랜지스터들을 개별적으로 제어하여, 싱크 전류를 최대치로 인가한 후 단계적으로 감소시키는 것을 특징으로 한다. 상기 복수의 트랜지스터들은, 바이너리 코딩이 가능하도록 서로 다른 트랜지스터 크기를 갖는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0018] 본 발명의 실시 예들에 따른 전력용 MOSFET 게이트 구동회로의 효과에 대해 설명하면 다음과 같다.

[0019] 본 발명의 실시 예들 중 적어도 하나에 의하면, 바이너리 코딩이 적용된 복수의 제어신호들을 이용하여 게이트 구동전류를 단계적(또는 점차적)으로 조절함으로써, 고속 구동을 위해 많은 전류가 필요할 때는 게이트 구동전류를 증가시키고 EMI 특성을 개선하기 위해서는 게이트 구동전류를 감소시킬 수 있다는 장점이 있다.

[0020] 본 발명의 실시 예들 중 적어도 하나에 의하면, 전력 스위치의 턴 온 또는 턴 오프 동작 시, 게이트 구동전류를 단계적(또는 점차적)으로 조절하여 소프트 스위칭 동작을 구동함으로써, 전력 스위치의 EMI 특성을 효과적으로 개선할 수 있다는 장점이 있다.

[0021] 다만, 본 발명의 실시 예들에 따른 전력용 MOSFET 게이트 구동회로가 달성할 수 있는 효과는 이상에서 언급한 것들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0022] 도 1은 종래 기술에 따른 전력용 MOSFET 게이트 구동회로의 일 예를 나타내는 도면;
- 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 전력 스위치 시스템의 구성을 도시하는 도면;
- 도 3은 도 2에 개시된 제1 구동회로의 일 구성을 도시하는 도면;
- 도 4는 도 2에 개시된 제1 구동회로의 다른 구성을 도시하는 도면;
- 도 5는 도 2에 개시된 제2 구동회로의 일 구성을 도시하는 도면;
- 도 6은 도 2에 개시된 제2 구동회로의 다른 구성을 도시하는 도면;
- 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 게이트 구동회로의 구성을 도시하는 도면;
- 도 8은 도 7에 도시된 게이트 구동회로에서 출력되는 제어신호들의 바이너리 코딩에 따른 게이트 구동전류의 크기를 나타내는 도면;
- 도 9 및 도 10은 본 발명의 일 실시 예에 따른 소프트 스위칭 구동 방법을 설명하기 위해 참조되는 도면;
- 도 11은 턴 온 동작 시, 종래 기술에 따른 게이트 구동회로를 이용한 전력 스위치의 파형과 본 발명에 따른 게이트 구동회로를 이용한 전력 스위치의 파형을 비교한 도면;
- 도 12는 턴 오프 동작 시, 종래 기술에 따른 게이트 구동회로를 이용한 전력 스위치의 파형과 본 발명에 따른

게이트 구동회로를 이용한 전력 스위치의 파형을 비교한 도면;

도 13은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 게이트 구동회로의 구성을 도시하는 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0023] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 명세서에 개시된 실시 예를 상세히 설명하되, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 유사한 구성요소는 동일한 참조 번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 "모듈" 및 "부"는 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다.
- [0024] 또한, 본 명세서에 개시된 실시 예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 명세서에 개시된 실시 예의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 명세서에 개시된 실시 예를 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 명세서에 개시된 기술적 사상이 제한되지 않으며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0025] 본 발명은 바이너리 코딩이 적용된 복수의 제어신호들에 따라 게이트 구동전류를 단계적으로 조절할 수 있는 전력용 MOSFET 게이트 구동회로를 제안한다. 또한, 본 발명은 턴 온 동작 시, 전력 스위치의 동작 상태에 따라 게이트 구동전류를 단계적으로 조절하여 전력 스위치의 소프트 스위칭 동작을 구동할 수 있는 전력용 MOSFET 게이트 구동회로를 제안한다. 또한, 본 발명은 턴 오프 동작 시, 전력 스위치의 동작 상태에 따라 게이트 구동전류를 단계적으로 조절하여 전력 스위치의 소프트 스위칭 동작을 구동할 수 있는 전력용 MOSFET 게이트 구동회로를 제안한다.
- [0026] 이하에서는, 본 발명의 다양한 실시 예들에 대하여, 도면을 참조하여 상세히 설명한다.
- [0027] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 전력 스위치 시스템의 구성을 도시하는 도면이고, 도 3 및 도 4는 도 2에 개시된 제1 구동회로의 상세 구성을 설명하기 위해 참조되는 도면이며, 도 5 및 도 6은 도 2에 개시된 제2 구동회로의 상세 구성을 설명하기 위해 참조되는 도면이다.
- [0028] 도 2 내지 도 6을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 전력 스위치 시스템(100)은 전력 스위치(110)와 상기 전력 스위치(110)의 스위칭 동작을 제어하기 위한 전력 스위치 제어장치를 포함할 수 있다. 여기서, 상기 전력 스위치 제어장치는, PWM 제어부(120) 및 게이트 구동회로(130)를 포함할 수 있다. 도 2에 도시된 구성요소들은 전력 스위치 시스템(100)을 구현하는데 있어서 필수적인 것은 아니어서, 본 명세서상에서 설명되는 전력 스위치 시스템은 위에서 열거된 구성요소들보다 많거나 또는 적은 구성요소들을 가질 수 있다.
- [0029] 전력 스위치(110)는 일종의 전력소자로서, 게이트(G), 드레인(D), 소스(S)로 이루어진 전력용 MOSFET을 포함한다. 상기 전력용 MOSFET(110)은 고속성과 고전압 및 대 전류 구동에 강한 성질을 가지고 있다.
- [0030] 전력용 MOSFET(110)에는 드레인-소스 간을 N형 반도체로 만든 N 채널형 MOSFET과 드레인-소스 간을 P형 반도체로 만든 P 채널형 MOSFET의 2 종류가 있다. 또한, 상기 전력용 MOSFET(110)에는 실리콘(Si) 기반의 Si-MOSFET과 실리콘 카바이드(SiC) 기반의 SiC-MOSFET 등이 있다.
- [0031] 전력 스위치(110)로 N형 트랜지스터(NMOS)를 이용한 경우에는 하이 레벨(high level)을 갖는 게이트 전압(V_G)에 의해 턴 온(turn on)되고, 로우 레벨(low level)을 갖는 게이트 전압(V_G)에 의해 턴 오프(turn off)된다. 반대로, 전력 스위치(110)로 P형 트랜지스터(PMOS)를 이용한 경우에는 로우 레벨(low level)을 갖는 게이트 전압(V_G)에 의해 턴 온(turn on)되고, 하이 레벨(high level)을 갖는 게이트 전압(V_G)에 의해 턴 오프(turn off)된다.
- [0032] PWM 제어부(120)는, 컨트롤러(미도시)의 제어신호에 기초하여, 전력 스위치(110)의 스위칭 동작을 제어하기 위한 펄스 폭 제어신호(V_{PWM})를 생성할 수 있다. 상기 PWM 제어부(120)에서 출력되는 펄스폭 제어신호는 펄스 폭에 따라 전력 스위치(110)의 턴 온 시간을 조절하여 전류량을 조절하는 신호이다.
- [0033] PWM 제어부(120)에서 출력되는 펄스폭 제어신호의 로직 레벨은 일반적으로 컨트롤러의 출력 레벨과 같다. 이에 따라, PWM 제어부(120)는 컨트롤러의 출력 레벨과 같은 저 전압(가령, 3V 내지 5V)의 펄스폭 제어신호를 출력할 수도 있고, 혹은 게이트 구동회로(130)의 전압과 같은 고 전압(가령, 20V 이상)의 펄스폭 제어신호를 출력할 수도 있다.

- [0034] PWM 제어부(120)에서 저 전압 신호(가령, 3V의 제어신호)를 출력하는 경우, 게이트 구동회로(130)는 저 전압 신호를 전력 스위치(110)를 구동하기 위한 고 전압 신호(가령, 20V 이상)로 승압하기 위한 레벨 시프터(level shifter)를 포함할 수 있다.
- [0035] 게이트 구동회로(130)는 전력 스위치(110)의 스위칭 동작을 구동하기 위한 구동전압(V_G) 및 구동전류(I_G)를 생성할 수 있다. 예를 들어, 게이트 구동회로(130)는 PWM 제어부(120)로부터 입력된 펄스폭 제어신호가 하이 레벨일 때 구동전압(V_G)을 증가시키고, PWM 제어부(120)로부터 입력된 펄스폭 제어신호가 로우 레벨일 때 구동전압(V_G)을 감소시킬 수 있다.
- [0036] 게이트 구동회로(130)는, 전력 스위치(110)의 턴 온 또는 턴 오프 동작 시, 상기 전력 스위치(110)의 동작 상태에 따라 게이트 구동전류(I_G)를 단계적(또는 점차적)으로 조절하여 해당 스위치(110)의 소프트 스위칭 동작을 구동할 수 있다. 이를 위해, 게이트 구동회로(130)는 데드 타임 생성부(131), 제1 구동회로(132) 및 제2 구동회로(133)를 포함할 수 있다. 이때, 상기 데드 타임 생성부(131)는 게이트 구동회로(130)에 반드시 필요한 구성요소는 아니며 선택적으로 채용될 수 있다.
- [0037] 데드 타임 생성부(131)는 전력 스위치(110)를 턴 온하기 위한 하이 레벨 신호와 전력 스위치(110)를 턴 오프하기 위한 로우 레벨 신호가 동시에 온(on)되는 현상을 방지하기 위한 데드 타임(dead time)을 설정하는 기능을 수행할 수 있다. 이때, 상기 데드 타임은 200ns 내지 300ns로 설정될 수 있으며 반드시 이에 제한되지는 않는다.
- [0038] 제1 구동회로(132)는, PWM 제어부(120)에서 출력되는 펄스폭 제어신호(V_{PWM})에 기초하여, 전력 스위치(110)의 턴 온 동작을 구동하기 위한 게이트 구동전류(이하, 설명의 편의상, '소스 전류(source current)'라 칭함)를 생성할 수 있다. 이때, 상기 제1 구동회로(132)는 소스 전류($I_{G, source}$)의 크기를 시 구간(time interval)에 따라 단계적(또는 점차적)으로 가변하여 전력 스위치(110)의 소프트 스위칭 동작을 구동할 수 있다.
- [0039] 제1 구동회로(132, 300)는, 도 3에 도시된 바와 같이, 소스용 소프트 스위칭 제어부(310), 제1 레벨 시프터(level shifter, 320), 제1 프리 드라이버(pre-driver, 330), 제1 트랜지스터(340), 제2 레벨 시프터(350), 제2 프리 드라이버(360), 제2 트랜지스터(370) 및 제1 저항 소자(380)를 포함할 수 있다. 여기서, 제1 및 제2 레벨 시프터(320, 350)와 제1 및 제2 프리 드라이버(330, 360)는 제1 구동회로(132, 300)에 반드시 필요한 구성요소는 아니며 선택적으로 채용될 수 있다.
- [0040] 소스용 소프트 스위칭 제어부(또는 소스전류용 소프트 스위칭 제어부, 310)는, PWM 제어부(120)에서 출력된 펄스폭 제어신호(V_{PWM})에 기초하여, 바이너리 코딩(binary coding)이 적용된 두 개의 제어신호를 생성할 수 있다. 소스용 소프트 스위칭 제어부(310)는 두 개의 제어신호를 이용하여 전력 스위치(110)의 소스 전류를 시 구간에 따라 총 4가지의 크기로 조절할 수 있다. 특히, 본 실시 예에서, 소스용 소프트 스위칭 제어부(310)는, 전력 스위치(110)의 턴 온 동작 시, 해당 스위치(110)의 동작 상태에 따라, 소스 전류의 크기를 단계적(또는 점차적)으로 조절할 수 있다.
- [0041] 제1 레벨 시프터(320)는 소스용 소프트 스위치 제어부(310)와 제1 프리 드라이버(330) 사이에 배치되어, 상기 소스용 소프트 스위치 제어부(310)에서 출력되는 저 전압 신호를 전력 스위치(110)를 구동하기 위한 고 전압 신호로 승압할 수 있다. 마찬가지로, 제2 레벨 시프터(350)는 소스용 소프트 스위치 제어부(310)와 제2 프리 드라이버(360) 사이에 배치되어, 상기 소스용 소프트 스위치 제어부(310)에서 출력되는 저 전압 신호를 전력 스위치(110)를 구동하기 위한 고 전압 신호로 승압할 수 있다.
- [0042] 제1 프리 드라이버(330)는 제1 레벨 시프터(320)와 제1 트랜지스터(340) 사이에 배치되어, 소스용 소프트 스위치 제어부(310)에서 출력되는 제1 제어신호(V_{P1})에 따라 제1 트랜지스터(340)를 구동할 수 있다. 마찬가지로, 제2 프리 드라이버(360)는 제2 레벨 시프터(350)와 제2 트랜지스터(370) 사이에 배치되어, 소스용 소프트 스위치 제어부(310)에서 출력되는 제2 제어신호(V_{P2})에 따라 제2 트랜지스터(370)를 구동할 수 있다.
- [0043] 제1 트랜지스터(340)는 제1 프리 드라이버(330)와 전력 스위치(110) 사이에 연결되며, 상기 전력 스위치(110)의 턴 온(turn on) 동작을 구동하기 위한 제1 소스 전류($I_{G, source1}$)를 생성할 수 있다. 이때, 상기 제1 트랜지스터(340)는 BJT 소자 또는 MOSFET 소자일 수 있으며, 좀 더 바람직하게는 N형 또는 P형 MOSFET 소자일 수 있다.
- [0044] 제2 트랜지스터(370)는 제2 프리 드라이버(360)와 전력 스위치(110) 사이에 연결되며, 상기 전력 스위치(110)의

턴 온(turn on) 동작을 구동하기 위한 제2 소스 전류($I_{G, source2}$)를 생성할 수 있다. 제2 소스 전류는 제1 소스 전류의 2배가 되도록, 제2 트랜지스터(370)의 Width/Length 비를 제1 트랜지스터(340)의 2배가 되도록 할 수 있다. 마찬가지로, 상기 제2 트랜지스터(370)는 BJT 소자 또는 MOSFET 소자일 수 있으며, 좀 더 바람직하게는 N형 또는 P형 MOSFET 소자일 수 있다.

- [0045] 제1 저항 소자(380)는, 게이트 저항으로서, 제1 트랜지스터(340)의 드레인 단과 제2 트랜지스터(370)의 드레인 단이 만나는 접점과 전력 스위치(110)의 게이트 단 사이에 연결될 수 있다.
- [0046] 한편, 다른 실시 예로, 제1 구동회로(132, 400)는, 도 4에 도시된 바와 같이, 소스용 소프트 스위칭 제어부(410), 제1 레벨 시프터(420), 제1 프리 드라이버(430), 제1 트랜지스터(440), 제1 저항 소자(450), 제2 레벨 시프터(460), 제2 프리 드라이버(470), 제2 트랜지스터(480) 및 제2 저항 소자(490)를 포함할 수 있다. 즉, 제1 구동회로(132, 400)는, 도 3에 도시된 제1 구동회로(132, 300)와 달리, 제1 트랜지스터(440)의 드레인 단에 제1 저항 소자(450)가 직렬로 연결될 수 있고, 제2 트랜지스터(480)의 드레인 단에 제2 저항 소자(490)가 직렬로 연결될 수 있다.
- [0047] 제2 구동회로(133)는, PWM 제어부(120)에서 출력되는 펄스폭 제어신호(V_{PWM})에 기초하여, 전력 스위치(110)의 턴 오프 동작을 구동하기 위한 게이트 구동전류(이하, 설명의 편의상, '싱크 전류(sink current)'라 칭함)를 생성할 수 있다. 이때, 상기 제2 구동회로(133)는 싱크 전류($I_{G, sink}$)의 크기를 시 구간에 따라 단계적(또는 점차적)으로 가변하여 전력 스위치(110)의 소프트 스위칭 동작을 구동할 수 있다.
- [0048] 제2 구동회로(133, 500)는, 도 6에 도시된 바와 같이, 싱크용 소프트 스위칭 제어부(510), 제3 레벨 시프터(520), 제3 프리 드라이버(530), 제3 트랜지스터(540), 제4 레벨 시프터(550), 제4 프리 드라이버(560), 제4 트랜지스터(570) 및 제2 저항 소자(580)를 포함할 수 있다. 여기서, 제3 및 제4 레벨 시프터(520, 550)와 제3 및 제4 프리 드라이버(530, 560)는 제2 구동회로(133, 500)에 반드시 필요한 구성요소는 아니며 선택적으로 채용될 수 있다.
- [0049] 싱크용 소프트 스위칭 제어부(또는 싱크전류용 소프트 스위칭 제어부, 510)는, PWM 제어부(120)에서 출력된 펄스폭 제어신호(V_{PWM})에 기초하여, 바이너리 코딩(binary coding)이 적용된 두 개의 제어신호를 생성할 수 있다. 싱크용 소프트 스위칭 제어부(510)는 두 개의 제어신호를 이용하여 전력 스위치(110)의 싱크 전류를 시 구간에 따라 총 4가지의 크기로 조절할 수 있다. 특히, 본 실시 예에서, 싱크용 소프트 스위칭 제어부(510)는, 전력 스위치(110)의 턴 오프 동작 시, 해당 스위치(110)의 동작 상태에 따라, 싱크 전류의 크기를 단계적(또는 점차적)으로 조절할 수 있다.
- [0050] 제3 레벨 시프터(520)는 싱크용 소프트 스위치 제어부(510)와 제3 프리 드라이버(530) 사이에 배치되어, 상기 싱크용 소프트 스위치 제어부(510)에서 출력되는 저 전압 신호를 전력 스위치(110)를 구동하기 위한 고 전압 신호로 승압할 수 있다. 마찬가지로, 제4 레벨 시프터(550)는 싱크용 소프트 스위치 제어부(510)와 제4 프리 드라이버(560) 사이에 배치되어, 상기 싱크용 소프트 스위치 제어부(510)에서 출력되는 저 전압 신호를 전력 스위치(110)를 구동하기 위한 고 전압 신호로 승압할 수 있다.
- [0051] 제3 프리 드라이버(530)는 제3 레벨 시프터(520)와 제3 트랜지스터(540) 사이에 배치되어, 싱크용 소프트 스위치 제어부(510)에서 출력되는 제1 제어신호(V_{N1})에 따라 제3 트랜지스터(540)를 구동할 수 있다. 마찬가지로, 제4 프리 드라이버(560)는 제4 레벨 시프터(550)와 제4 트랜지스터(570) 사이에 배치되어, 싱크용 소프트 스위치 제어부(510)에서 출력되는 제2 제어신호(V_{N2})에 따라 제4 트랜지스터(570)를 구동할 수 있다.
- [0052] 제3 트랜지스터(540)는 제3 프리 드라이버(530)와 전력 스위치(110) 사이에 연결되며, 상기 전력 스위치(110)의 턴 오프(turn off) 동작을 구동하기 위한 제1 싱크 전류($I_{G, sink1}$)를 생성할 수 있다. 이때, 상기 제3 트랜지스터(540)는 BJT 소자 또는 MOSFET 소자일 수 있으며, 좀 더 바람직하게는 N형 또는 P형 MOSFET 소자일 수 있다.
- [0053] 제4 트랜지스터(570)는 제4 프리 드라이버(560)와 전력 스위치(110) 사이에 연결되며, 상기 전력 스위치(110)의 턴 오프(turn off) 동작을 구동하기 위한 제2 싱크 전류($I_{G, sink2}$)를 생성할 수 있다. 제2 싱크 전류는 제1 싱크 전류의 2배가 되도록, 제4 트랜지스터(570)의 Width/Length 비를 제3 트랜지스터(540)의 2배가 되도록 할 수 있다. 마찬가지로, 상기 제4 트랜지스터(570)는 BJT 소자 또는 MOSFET 소자일 수 있으며, 좀 더 바람직하게는 N형 또는 P형 MOSFET 소자일 수 있다.

- [0054] 제2 저항 소자(580)는, 게이트 저항으로서, 제3 트랜지스터(540)의 드레인 단과 제4 트랜지스터(570)의 드레인 단이 만나는 접점과 전력 스위치(110)의 게이트 단 사이에 연결될 수 있다.
- [0055] 한편, 다른 실시 예로, 제2 구동회로(133, 600)는, 도 6에 도시된 바와 같이, 싱크용 소프트 스위칭 제어부(610), 제3 레벨 시프터(620), 제3 프리 드라이버(630), 제3 트랜지스터(640), 제3 저항 소자(650), 제4 레벨 시프터(660), 제4 프리 드라이버(670), 제4 트랜지스터(680) 및 제4 저항 소자(690)를 포함할 수 있다. 즉, 제2 구동회로(133, 600)는, 도 5에 도시된 제2 구동회로(133, 500)와 달리, 제3 트랜지스터(640)의 드레인 단에 제3 저항 소자(650)가 직렬로 연결될 수 있고, 제4 트랜지스터(680)의 드레인 단에 제4 저항 소자(690)가 직렬로 연결될 수 있다.
- [0056] 이상, 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 전력 스위치 시스템(100)은, 전력 스위치(110)의 턴 온 또는 턴 오프 동작 시, 해당 스위치(110)의 동작 상태에 따라 게이트 구동전류를 단계적(또는 점차적)으로 조절함으로써, 상기 전력 스위치(110)의 스위칭 노이즈를 증가시키지 않으면서 스위칭 손실을 감소시킬 수 있다.
- [0058] 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 게이트 구동회로의 구성을 도시하는 도면이고, 도 8은 도 7에 도시된 게이트 구동회로에서 출력되는 제어신호들의 바이너리 코딩에 따른 게이트 구동전류의 크기를 설명하는 도면이다.
- [0059] 도 7 및 도 8을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 게이트 구동회로(130)는 데드 타임 생성부(131), 제1 구동회로(132) 및 제2 구동회로(133)를 포함한다. 여기서, 제1 구동회로(132)는 소스용 소프트 스위칭 제어부, 제1 레벨 시프터, 제1 프리 드라이버, 제1 트랜지스터, 제2 레벨 시프터, 제2 프리 드라이버, 제2 트랜지스터 및 제1 저항 소자를 포함할 수 있다. 제2 구동회로(133)는 싱크용 소프트 스위칭 제어부, 제3 레벨 시프터, 제3 프리 드라이버, 제3 트랜지스터, 제4 레벨 시프터, 제4 프리 드라이버, 제4 트랜지스터 및 제2 저항 소자를 포함할 수 있다.
- [0060] 게이트 구동회로(130)는, 전력 스위치(110)의 턴 온(turn on) 동작 시, PWM 제어부(120)로부터 입력된 펄스폭 제어신호(V_{PWM})에 따라 제1 구동회로(132)를 동작시켜 해당 스위치(110)의 소프트 스위칭 동작을 구동할 수 있다. 이를 위해, 게이트 구동회로(130)는 전력 스위치(110)의 소프트 스위칭 동작을 구동하기 위한 소스 전류($I_{G, source}$)를 생성할 수 있다. 이때, 상기 게이트 구동회로(130)는, 전력 스위치(110)의 동작 상태에 따라, 소스 전류($I_{G, source}$)의 크기를 가변할 수 있다.
- [0061] 제1 구동회로(132)는 소스용 소프트 스위칭 제어부를 통해 제1 및 제2 제어신호(V_{P1} , V_{P2})를 생성하고, 상기 제1 및 제2 제어신호(V_{P1} , V_{P2})의 파형에 따라 제1 및 제2 트랜지스터를 구동하여 제1 및 제2 소스 전류($I_{G, source1}$, $I_{G, source2}$)를 생성할 수 있다. 이와 같이 제1 트랜지스터에서 생성된 제1 소스 전류($I_{G, source1}$)와 제2 트랜지스터에서 생성된 제2 소스 전류($I_{G, source2}$)는 전력 스위치(110)의 입력 커패시턴스를 충전하여 전력 스위치(110)의 게이트 전압을 증가시키는 방향으로 흐르게 된다. 이때, 제2 소스 전류($I_{G, source2}$)의 크기는 제1 소스 전류($I_{G, source1}$) 크기의 두 배일 수 있다.
- [0062] 제1 구동회로(132)는, 제1 및 제2 제어신호(V_{P1} , V_{P2})의 바이너리 코딩을 통해, 전력 스위치(110)의 소스 전류($I_{G, source}$)를 시 구간에 따라 총 4 가지의 크기로 조절할 수 있다. 가령, 도 8의 (a)에 도시된 바와 같이, 제1 구동회로(132)는, 전력 스위치(110)의 동작 상태에 따라, 소스 전류($I_{G, source}$)의 크기를 '0', '제1 소스 전류($I_{G, source1}$)', '제2 소스 전류($I_{G, source2}$)', '제1 소스 전류 + 제2 소스 전류' 중 어느 하나로 조절할 수 있다.
- [0063] 한편, 게이트 구동회로(130)는, 전력 스위치(110)의 턴 오프(turn off) 동작 시, PWM 제어부(120)로부터 입력된 펄스폭 제어신호(V_{PWM})에 따라 제2 구동회로(133)를 동작시켜 해당 스위치(110)의 소프트 스위칭 동작을 구동할 수 있다. 이를 위해, 게이트 구동회로(130)는 전력 스위치(110)의 소프트 스위칭 동작을 구동하기 위한 싱크 전류($I_{G, sink}$)를 생성할 수 있다. 이때, 상기 게이트 구동회로(130)는, 전력 스위치(110)의 동작 상태에 따라, 싱크 전류($I_{G, sink}$)의 크기를 가변할 수 있다.
- [0064] 제2 구동회로(133)는 싱크용 소프트 스위칭 제어부를 통해 제3 및 제4 제어신호(V_{N1} , V_{N2})를 생성하고, 상기 제3 및 제4 제어신호(V_{N1} , V_{N2})의 파형에 따라 제3 및 제4 트랜지스터를 구동하여 제1 및 제2 싱크 전류($I_{G, sink1}$, $I_{G,$

$I_{G, sink2}$)를 생성할 수 있다. 이와 같이 제3 트랜지스터에서 생성된 제1 싱크 전류($I_{G, sink1}$)와 제4 트랜지스터에서 생성된 제2 싱크 전류($I_{G, sink2}$)는 전력 스위치(110)의 입력 커패시턴스를 방전하여 전력 스위치(110)의 게이트 전압을 감소시키는 방향으로 흐르게 된다. 이때, 제2 싱크 전류($I_{G, sink2}$)의 크기는 제1 싱크 전류($I_{G, sink1}$) 크기의 두 배일 수 있다.

[0065] 제2 구동회로(133)는, 제3 및 제4 제어신호(V_{N1} , V_{N2})의 바이너리 코딩을 통해, 전력 스위치(110)의 싱크 전류($I_{G, sink}$)를 시 구간에 따라 총 4 가지의 크기로 조절할 수 있다. 가령, 도 8의 (b)에 도시된 바와 같이, 제2 구동회로(133)는, 전력 스위치(110)의 동작 상태에 따라, 싱크 전류($I_{G, sink}$)의 크기를 '0', '제1 싱크 전류($I_{G, sink1}$)', '제2 싱크 전류($I_{G, sink2}$)', '제1 싱크 전류 + 제2 싱크 전류' 중 어느 하나로 조절할 수 있다.

[0066] 이처럼, 본 발명에 따른 게이트 구동회로(130)는, 전력 스위치(110)의 턴 온 또는 턴 오프 동작 시, 해당 스위치(110)의 동작 상태에 따라 게이트 구동전류를 단계적(또는 점차적)으로 조절함으로써, 고속 구동을 위해 많은 전류가 필요할 때는 게이트 구동전류를 증가시키고, EMI 특성을 개선하기 위해서는 게이트 구동전류를 감소시킬 수 있다.

[0067] 한편, 본 실시 예에서는, 게이트 구동회로(130)가 전력 스위치(110)의 동작 상태에 따라 게이트 구동전류를 단계적(또는 점차적)으로 조절하는 것을 예시하고 있으나 이를 제한하지는 않으며, 전력 스위치(110)의 동작 상태에 따라 게이트 구동전류를 랜덤하게 조절할 수 있음은 당업자에게 자명할 것이다. 또한, 본 실시 예에서는, 제1 및 제2 구동회로를 구성하는 트랜지스터들의 크기가 서로 다른 것을 예시하고 있으나 이를 제한하지는 않으며, 상기 제1 및 제2 구동회로를 구성하는 트랜지스터들의 크기를 서로 동일하게 형성할 수 있음은 당업자에게 자명할 것이다.

[0068] 이하, 본 명세서에서는 본 발명에 따른 게이트 구동회로(130)를 이용하여 전력 스위치(110)의 소프트 스위칭 동작을 구동하는 방법에 대해 상세히 설명하도록 한다.

[0070] 도 9 및 도 10은 본 발명의 일 실시 예에 따른 소프트 스위칭 구동 방법을 설명하기 위해 참조되는 도면이다.

[0071] 도 9 및 도 10을 참조하면, 본 발명에 따른 게이트 구동회로(130)는, 전력 스위치(110)의 턴 온 동작 시, PWM 제어부(120)로부터 입력된 펄스폭 제어신호(V_{PWM})에 따라 제1 구동회로(132)를 동작시켜 전력 스위치(110)의 소프트 스위칭 동작을 구동할 수 있다.

[0072] 게이트 구동회로(130)는 제1 구동회로(132)를 통해 전력 스위치(110)의 소프트 스위칭 동작을 구동하기 위한 제1 및 제2 제어신호(V_{P1} , V_{P2})를 생성할 수 있다. 이때, 제1 구동회로(132)는 PWM 제어부(120)로부터 수신된 펄스폭 제어신호(V_{PWM})에 기초하여 제1 및 제2 제어신호(V_{P1} , V_{P2})를 생성할 수 있다.

[0073] 게이트 구동회로(130)는, 턴 온 동작 시, 펄스폭 제어신호(V_{PWM})의 온(on) 타이밍과 일정한 시간 차(dead time)를 가지면서 도 9에 도시된 파형을 갖는 제1 및 제2 제어신호(V_{P1} , V_{P2})를 생성할 수 있다. 여기서, 제1 제어신호(V_{P1})는 시 구간에 따라 순서대로 로우 레벨, 하이 레벨, 로우 레벨, 로우 레벨 형태를 갖는 파형일 수 있고, 제2 제어신호(V_{P2})는 시 구간에 따라 순서대로 하이 레벨, 로우 레벨, 로우 레벨, 로우 레벨 형태를 갖는 파형일 수 있다.

[0074] 한편, 게이트 구동회로(130)는, 턴 온 동작 시, 펄스폭 제어신호(V_{PWM})의 온(on) 타이밍에 기초하여 로우 레벨 파형을 갖는 제3 및 제4 제어신호(V_{N1} , V_{N2})를 생성할 수 있다. 이는 턴 온 구간 동안 제2 구동회로(133)를 동작시키지 않기 위함이다.

[0075] 게이트 구동회로(130)는, 턴 온 동작 시, 바이너리 코딩이 적용된 제1 및 제2 제어신호(V_{P1} , V_{P2})의 파형에 따라 제1 구동회로(132)의 제1 및 제2 트랜지스터를 구동하여 제1 및 제2 소스 전류($I_{G, source1}$, $I_{G, source2}$)를 생성할 수 있다. 이때, 게이트 구동회로(130)는 제1 및 제2 트랜지스터를 미리 결정된 순서에 따라 온(on)/오프(off)시키는 소프트 스위칭 동작을 구동할 수 있다.

[0076] 가령, 도 10의 (a)에 도시된 바와 같이, 게이트 구동회로(130)는, 턴 온 동작 시, 바이너리 코딩이 적용된 제1

및 제2 제어신호(V_{P1} , V_{P2})를 이용하여 소스 전류($I_{G, source}$)를 최대치까지 단계적으로 상승시킬 수 있다($I_0 \rightarrow 2I_0 \rightarrow 3I_0 \rightarrow 3I_0$).

[0077] 즉, 게이트 구동회로(130)는, 턴 온 개시 시점(T0)부터 스위칭 노이즈가 발생하는 I_D 피크 시점(T2)까지 미리 결정된 작은 소스 전류(I_0)를 인가함으로써 드레인 전류(I_D)의 오버슈트 크기를 감소시킬 수 있다. 이후, 게이트 구동회로(130)는 miller effect 구간(T2~T3) 동안 그 이전보다 증가된 소스 전류($2I_0$)를 인가함으로써 스위칭 손실 구간을 줄일 수 있다. 마지막으로, 게이트 구동회로(130)는 게이트 전압이 다시 증가하는 구간(T3~T4) 동안 소스 전류를 최대치($3I_0$)로 인가함으로써, 스위칭 시간을 줄여 스위칭 손실을 감소시킬 수 있다.

[0078] 이처럼, 게이트 구동회로(130)는, 턴 온 동작 시, 스위칭 노이즈가 발생하는 I_D 피크 시점(T2)과 miller effect 구간의 종료 시점(T3)에 각각 소스 전류($I_{G, source}$)를 단계적으로 증가시킴으로써, 전력 스위치(110)의 스위칭 노이즈를 증가시키지 않으면서 스위칭 손실을 감소시킬 수 있다. 한편, 본 실시 예에서는, T2 시점과 T3 시점을 검출하여 가변된 소스 전류를 인가하는 것을 예시하고 있으나 이를 제한하지는 않으며, 상기 가변된 소스 전류가 인가되는 시점은 회로 설계 등을 통해 적절히 변경될 수 있음은 당업자에게 자명할 것이다.

[0079] 예를 들어, 도 11은 전력 스위치의 턴 온 동작 시, 종래 기술에 따른 게이트 구동회로를 이용한 전력 스위치의 파형과 본 발명에 따른 게이트 구동회로를 이용한 전력 스위치의 파형을 비교한 도면이다. 도 11에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 게이트 구동회로(130)는 스위칭 노이즈가 발생하는 I_D 피크 시점(T2) 이후에 소스 전류($I_{G, source}$)를 단계적으로 증가하여 V_{DS} 의 기울기를 변경함으로써 전력 스위치(110)의 스위칭 노이즈를 증가시키지 않으면서 스위칭 손실을 줄일 수 있다.

[0080] 한편, 게이트 구동회로(130)는, 전력 스위치(110)의 턴 오프 동작 시, PWM 제어부(120)로부터 입력된 펄스폭 제어신호(V_{PWM})에 따라 제2 구동회로(133)를 동작시켜 전력 스위치(110)의 소프트 스위칭 동작을 구동할 수 있다.

[0081] 게이트 구동회로(130)는 제2 구동회로(133)를 통해 전력 스위치(110)의 소프트 스위칭 동작을 구동하기 위한 제3 및 제4 제어신호(V_{N1} , V_{N2})를 생성할 수 있다. 이때, 제2 구동회로(133)는 PWM 제어부(120)로부터 수신된 펄스폭 제어신호(V_{PWM})에 기초하여 제3 및 제4 제어신호(V_{N1} , V_{N2})를 생성할 수 있다.

[0082] 게이트 구동회로(130)는, 턴 오프 동작 시, 펄스폭 제어신호(V_{PWM})의 오프(off) 타이밍과 일정한 시간 차(dead time)를 가지면서 도 9에 도시된 파형을 갖는 제3 및 제4 제어신호(V_{N1} , V_{N2})를 생성할 수 있다. 여기서, 제3 제어신호(V_{N1})는 시 구간에 따라 순서대로 하이 레벨, 로우 레벨, 하이 레벨, 하이 레벨 형태를 갖는 파형일 수 있고, 제4 제어신호(V_{N2})는 시 구간에 따라 순서대로 하이 레벨, 하이 레벨, 로우 레벨, 로우 레벨 형태를 갖는 파형일 수 있다.

[0083] 한편, 게이트 구동회로(130)는, 턴 오프 동작 시, 펄스폭 제어신호(V_{PWM})의 오프(off) 타이밍에 기초하여 하이 레벨 파형을 갖는 제1 및 제2 제어신호(V_{P1} , V_{P2})를 생성할 수 있다. 이는 턴 오프 구간 동안 제1 구동회로(132)를 동작시키지 않기 위함이다.

[0084] 게이트 구동회로(130)는, 턴 오프 동작 시, 바이너리 코딩이 적용된 제3 및 제4 제어신호(V_{N1} , V_{N2})의 파형에 따라 제2 구동회로(133)의 제3 및 제4 트랜지스터를 구동하여 제1 및 제2 싱크 전류($I_{G, sink1}$, $I_{G, sink2}$)를 생성할 수 있다. 이때, 게이트 구동회로(130)는 제3 및 제4 트랜지스터를 미리 결정된 순서에 따라 온(on)/오프(off) 시키는 소프트 스위칭 동작을 구동할 수 있다.

[0085] 가령, 도 10의 (b)에 도시된 바와 같이, 게이트 구동회로(130)는, 턴 오프 동작 시, 바이너리 코딩이 적용된 제3 및 제4 제어신호(V_{N1} , V_{N2})를 이용하여 싱크 전류($I_{G, sink}$)를 최대치로 인가한 후 상기 싱크 전류를 단계적으로 감소시킬 수 있다($3I_0 \rightarrow 2I_0 \rightarrow I_0 \rightarrow I_0$).

[0086] 즉, 게이트 구동회로(130)는, 턴 오프 개시 시점(T0)부터 miller effect 구간의 개시 시점(T1)까지 싱크 전류를 최대치($3I_0$)로 인가함으로써, 스위칭 시간을 줄여 스위칭 손실을 감소시킬 수 있다. 여기서, 전체 턴 오프 구간 중 T0 내지 T1 구간은 드레인 전류와 전압이 가변되지 않는 순수한 손실 구간이므로, 최대 구동 전류(즉, 최대

싱크 전류)를 인가하여 스위칭 시간 및 손실을 줄여야 할 필요가 있다.

- [0087] 이후, 게이트 구동회로(130)는 miller effect 구간(T1~T2) 동안 그 이전보다 감소된 싱크 전류($2I_0$)를 인가함으로써 스위칭 손실 구간을 줄일 수 있다. 여기서, 전체 턴 오프 구간 중 T1 내지 T2 구간은 드레인 전압이 가변되는 구간이므로, 그 이전 구간보다 한 단계 줄어든 중간 구동 전류(즉, 중간 싱크 전류)를 인가하여 스위칭 손실을 일정하게 줄여주면서, dV_{ds}/dt 크기를 일정하게 낮춰줄 필요가 있다.
- [0088] 마지막으로, 게이트 구동회로(130)는 게이트 전압이 다시 감소하는 구간(T2~T4) 동안 그 이전보다 감소된 싱크 전류(I_0)를 인가함으로써, 드레인 전압(V_{DS})의 오버슈트 크기를 감소시킬 수 있다. 여기서, 전체 턴 오프 구간 중 T2 내지 T4 구간은 T0 내지 T2 구간에 비해 짧으면서 T2 지점의 오버슈트에 의한 V_{ds} ringing 현상이 일어나는 구간이므로, 최소 구동 전류(즉, 최소 싱크 전류)를 인가하여 스위칭 노이즈를 감소시킬 필요가 있다.
- [0089] 특히, 게이트 구동회로(130)는 드레인 전압(V_{DS})의 오버슈트가 발생하는 T2 시점에 최소 구동 전류를 인가함으로써, 상기 드레인 전압(V_{DS})의 오버슈트 크기를 감소시킬 수 있다.
- [0090] 이처럼, 게이트 구동회로(130)는, 턴 오프 동작 시, 싱크 전류를 최대치로 인가한 후 miller effect 구간의 시작 시점(T1)과 종료 시점(T2)에 각각 싱크 전류($I_{G, sink}$)를 단계적으로 감소시킴으로써, 전력 스위치(110)의 스위칭 노이즈를 증가시키지 않으면서 스위칭 손실을 감소시킬 수 있다. 한편, 본 실시 예에서는, T1 시점과 T2 시점을 검출하여 가변된 싱크 전류를 인가하는 것을 예시하고 있으나 이를 제한하지는 않으며, 상기 가변된 싱크 전류가 인가되는 시점은 회로 설계 등을 통해 적절히 변경될 수 있음은 당업자에게 자명할 것이다.
- [0091] 예를 들어, 도 12는 전력 스위치의 턴 오프 동작 시, 종래 기술에 따른 게이트 구동회로를 이용한 전력 스위치의 파형과 본 발명에 따른 게이트 구동회로를 이용한 전력 스위치의 파형을 비교한 도면이다. 도 12에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 게이트 구동회로(130)는 스위칭 노이즈가 발생하는 V_{DS} 피크 시점까지 싱크 전류($I_{G, sink}$)를 최대치로 인가한 후 단계적으로 감소하여 I_D 의 기울기를 변경함으로써 전력 스위치(110)의 스위칭 노이즈를 증가시키지 않으면서 스위칭 손실을 줄일 수 있다.
- [0092] 이상 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 게이트 구동회로(130)는, 전력 스위치(110)의 턴 온 또는 턴 오프 동작 시, 해당 스위치(110)의 동작 상태에 따라 게이트 구동전류를 단계적으로 조절함으로써, 전력 스위치(110)의 EMI 특성을 효과적으로 개선할 수 있다.
- [0094] 도 13은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 게이트 구동회로의 구성을 도시하는 도면이다.
- [0095] 도 13을 참조하면, 본 발명에 따른 전력 스위치 시스템(1300)은 전력 스위치(1310)와 상기 전력 스위치(1310)의 스위칭 동작을 제어하기 위한 전력 스위치 제어장치를 포함할 수 있다. 여기서, 상기 전력 스위치 제어장치는, PWM 제어부(1320) 및 게이트 구동회로(1330)를 포함할 수 있다. 도 13에 도시된 전력 스위치(1310) 및 PWM 제어부(1320)는 도 2에 도시된 전력 스위치(110) 및 PWM 제어부(120)와 동일하므로 이에 대한 자세한 설명은 생략하도록 한다.
- [0096] 게이트 구동회로(1330)는 데드 타임 생성부(1331), 제1 구동회로(1332) 및 제2 구동회로(1333)를 포함할 수 있다. 게이트 구동회로(1330)는, PWM 제어부(1320)로부터 입력된 펄스폭 제어신호(V_{PWM})에 따라, 전력 스위치(1310)의 소프트 스위칭 동작을 구동할 수 있다.
- [0097] 제1 구동회로(1332)는 소스용 소프트 스위칭 제어부, 제1 내지 제N 레벨 시프터, 제1 내지 제N 프리 드라이버, 제1 내지 제N 트랜지스터 및 제1 저항 소자를 포함할 수 있다. 여기서, 제N 트랜지스터의 Width/Length 비는 제1 트랜지스터의 2^{N-1} 배일 수 있다.
- [0098] 제1 구동회로(1332)는 소스용 소프트 스위칭 제어부를 통해 제1 내지 제N 제어신호($V_{P1} \sim V_{PN}$)를 생성하고, 상기 제1 내지 제N 제어신호($V_{P1} \sim V_{PN}$)의 파형에 따라 제1 내지 제N 트랜지스터를 구동하여 제1 내지 제N 소스 전류($I_{G, source1} \sim I_{G, source N}$)를 생성할 수 있다. 이와 같이 제1 트랜지스터에서 생성된 제1 소스 전류($I_{G, source1}$) 내지 제N 트랜지스터에서 생성된 제N 소스 전류($I_{G, source N}$)는 전력 스위치(1310)의 입력 커패시턴스를 충전하여 전력

스위치(1310)의 게이트 전압을 증가시키는 방향으로 흐르게 된다. 이때, 제N 소스 전류($I_{G, source N}$)의 크기는 제1 소스 전류($I_{G, source 1}$) 크기의 2^{N-1} 배일 수 있다.

[0099] 제1 구동회로(1332)는, 제1 내지 제N 제어신호($V_{P1} \sim V_{PN}$)의 바이너리 코딩을 통해, 전력 스위치(1310)의 소스 전류($I_{G, source}$)를 총 2^N 가지의 크기로 조절할 수 있다. 특히, 본 실시 예에서, 제1 구동회로(1332)는, 전력 스위치(1310)의 턴 온 동작 시, 해당 스위치(1310)의 동작 상태에 따라 소스 전류의 크기를 단계적(또는 점차적)으로 조절할 수 있다.

[0100] 한편, 제2 구동회로(1333)는 싱크용 소프트 스위칭 제어부, 제1 내지 제M 레벨 시프터, 제1 내지 제M 프리 드라이버, 제1 내지 제M 트랜지스터 및 제2 저항 소자를 포함할 수 있다. 여기서, 제M 트랜지스터의 Width/Length 비는 제1 트랜지스터의 2^{M-1} 배일 수 있다.

[0101] 제2 구동회로(1333)는 싱크용 소프트 스위칭 제어부를 통해 제1 내지 제M 제어신호($V_{N1} \sim V_{NM}$)를 생성하고, 상기 제1 내지 제M 제어신호($V_{N1} \sim V_{NM}$)의 파형에 따라 제1 내지 제M 트랜지스터를 구동하여 제1 내지 제M 싱크 전류($I_{G, sink 1}, I_{G, sink M}$)를 생성할 수 있다. 이와 같이 제1 트랜지스터에서 생성된 제1 싱크 전류($I_{G, sink 1}$) 내지 제M 트랜지스터에서 생성된 제M 싱크 전류($I_{G, sink M}$)는 전력 스위치(1310)의 입력 커패시턴스를 방전하여 전력 스위치(1310)의 게이트 전압을 감소시키는 방향으로 흐르게 된다. 이때, 제M 싱크 전류($I_{G, sink M}$)의 크기는 제1 싱크 전류($I_{G, sink 1}$) 크기의 2^{M-1} 배일 수 있다.

[0102] 제2 구동회로(1333)는, 제1 내지 제M 제어신호(V_{N1}, V_{NM})의 바이너리 코딩을 통해, 전력 스위치(110)의 싱크 전류($I_{G, sink}$)를 총 2^M 가지의 크기로 조절할 수 있다. 특히, 본 실시 예에서, 제2 구동회로(1333)는, 전력 스위치(1310)의 턴 오프 동작 시, 해당 스위치(1310)의 동작 상태에 따라 싱크 전류의 크기를 단계적(또는 점차적)으로 조절할 수 있다.

[0103] 이처럼, 본 발명에 따른 게이트 구동회로(1330)는, 전력 스위치(1310)의 턴 온 또는 턴 오프 동작 시, 해당 스위치(1310)의 동작 상태에 따라 게이트 구동전류를 단계적(또는 점차적)으로 조절함으로써, 고속 구동을 위해 많은 전류가 필요할 때는 게이트 구동전류를 증가시키고, EMI 특성을 개선하기 위해서는 게이트 구동전류를 감소시킬 수 있다.

[0104] 한편, 이상 본 발명의 다양한 실시 예들에서는 전력 스위치의 턴 온 또는 턴 오프 동작 시, 게이트 구동전류를 단계적으로 증가시켜 소프트 스위칭 동작을 구동하거나 혹은 게이트 구동전류를 단계적으로 감소시켜 소프트 스위칭 동작을 구동하는 것을 예시하고 있으나 이를 제한하지는 않는다. 따라서, 게이트 구동전류를 단계적으로 증가시킨 후 상기 게이트 구동전류를 단계적으로 감소시켜 소프트 스위칭 동작을 구동할 수 있음은 당업자에게 자명할 것이다. 또한, 게이트 구동전류를 단계적으로 증가시킨 후 상기 게이트 구동전류를 순간적으로 감소시켜 소프트 스위칭 동작을 구동할 수 있음은 당업자에게 자명할 것이다.

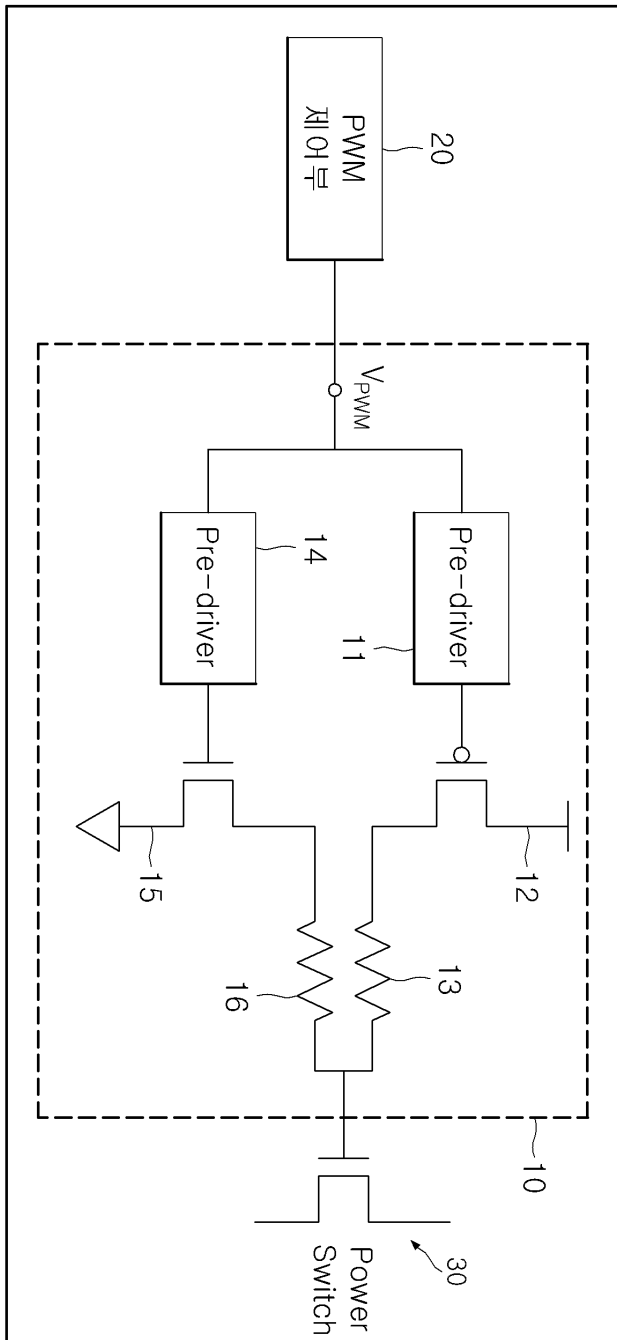
[0105] 이상에서 본 발명의 다양한 실시 예들에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

부호의 설명

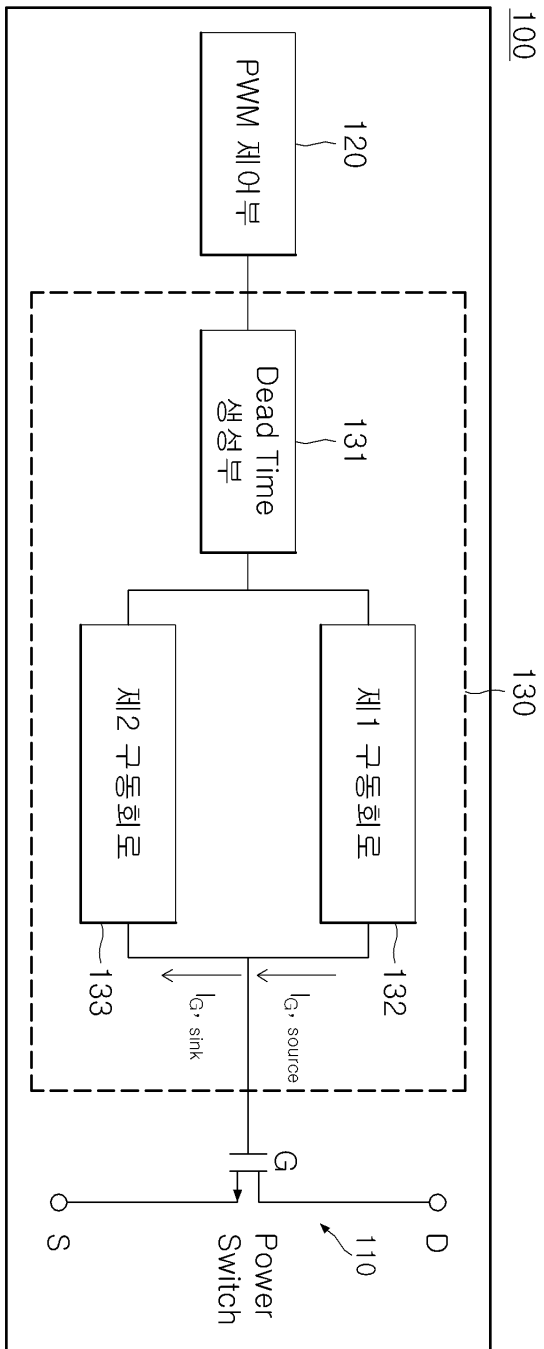
- | | |
|------------------------|---------------|
| [0106] 100: 전력 스위치 시스템 | 110: 전력 스위치 |
| 120: PWM 제어부 | 130: 게이트 구동회로 |
| 131: DEAD TIME 생성부 | 132: 제1 구동회로 |
| 133: 제2 구동회로 | |

도면

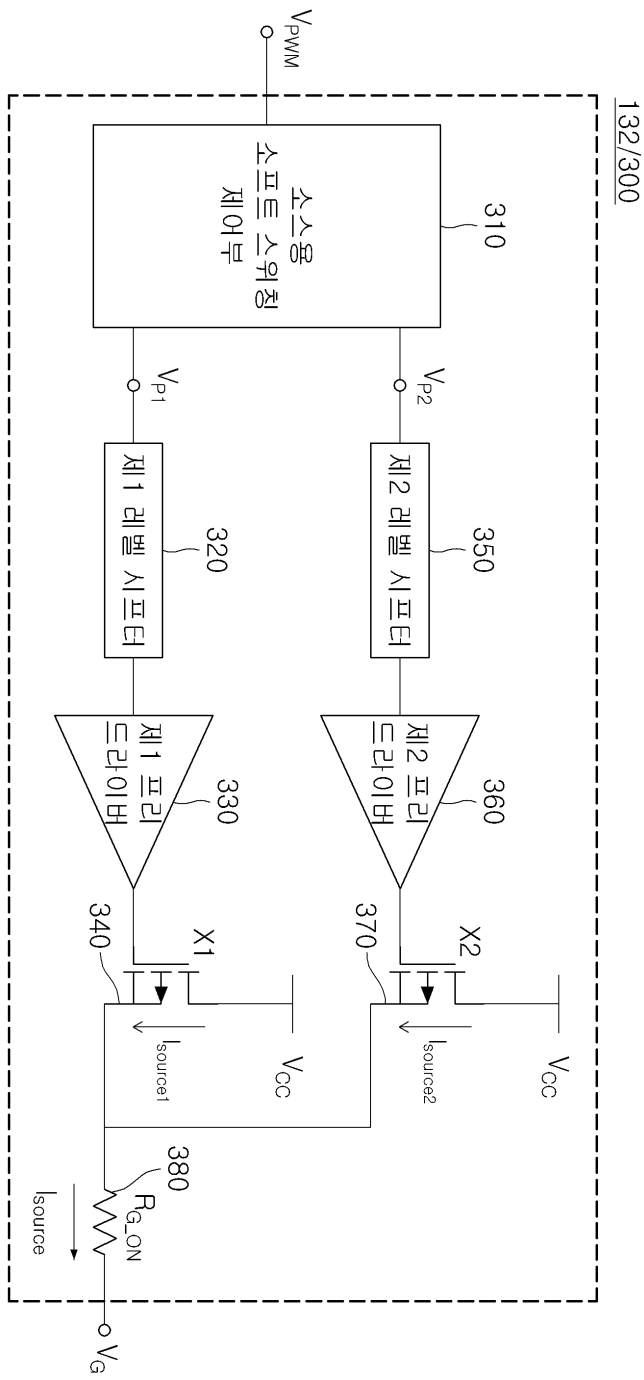
도면1



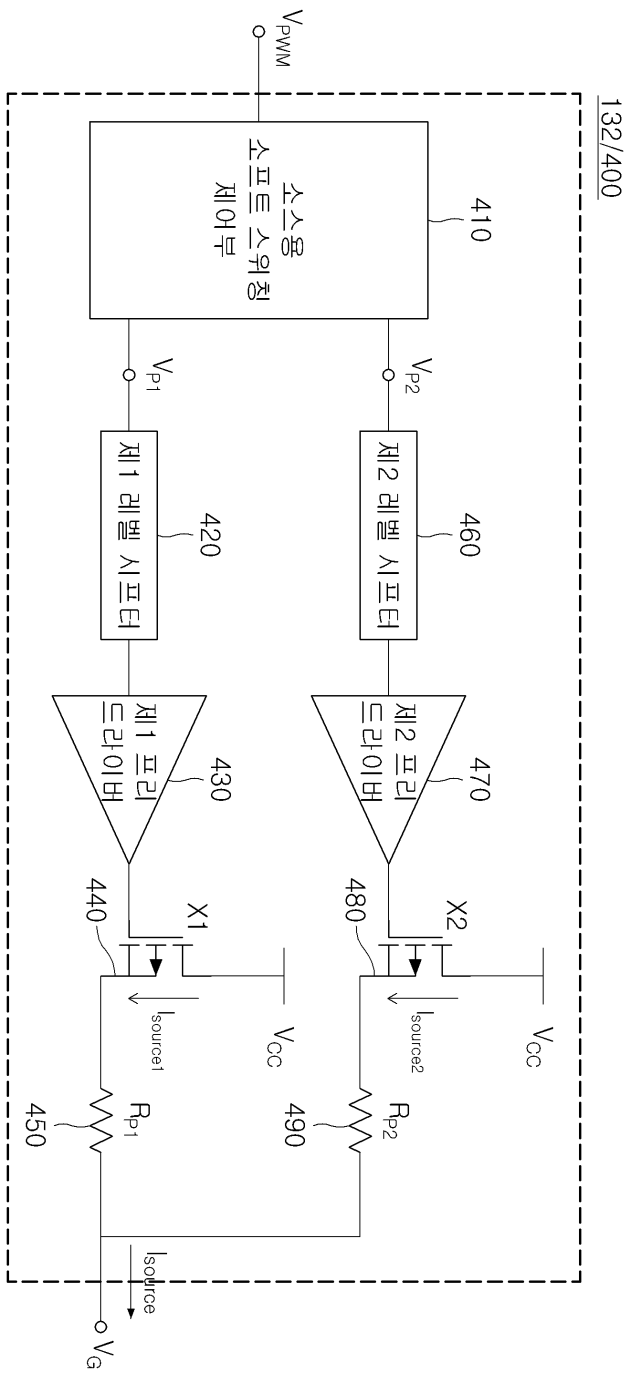
도면2



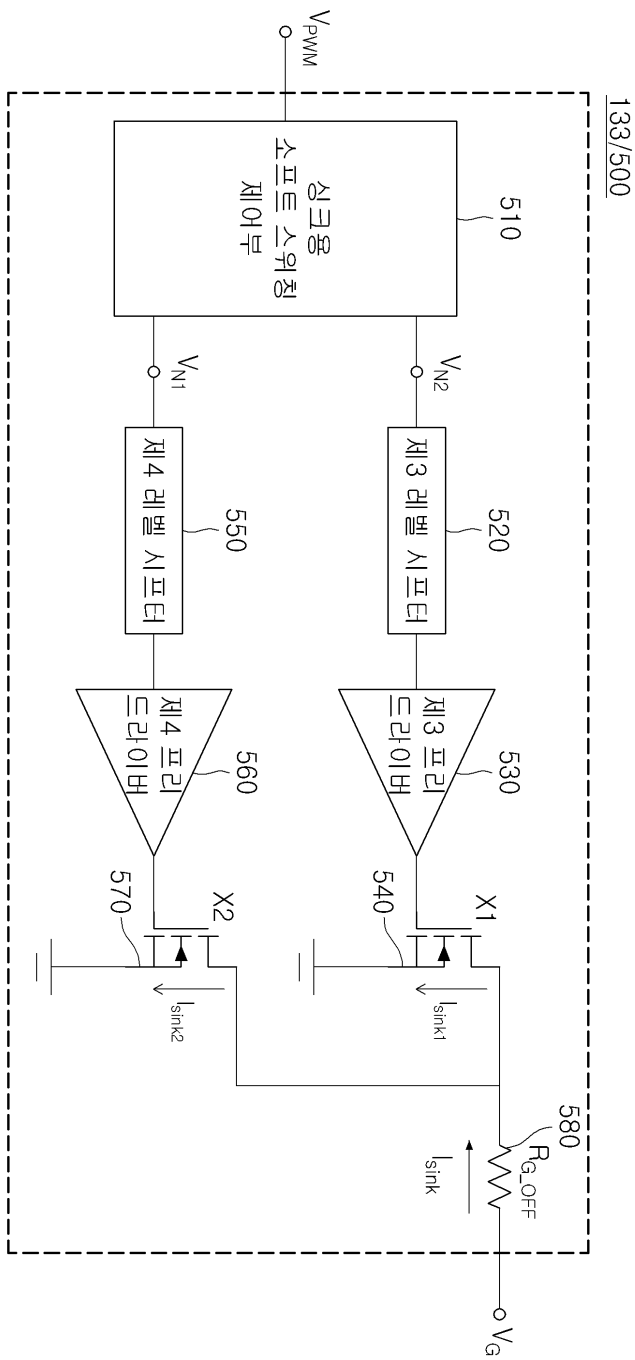
도면3



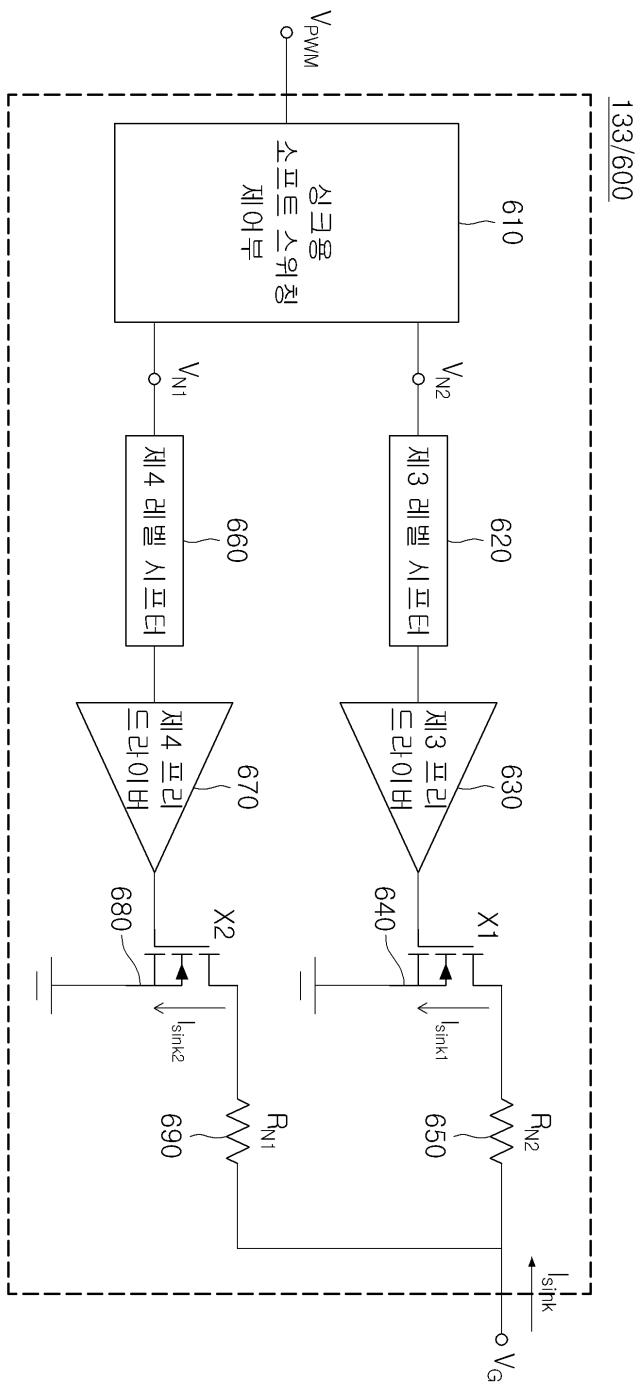
도면4



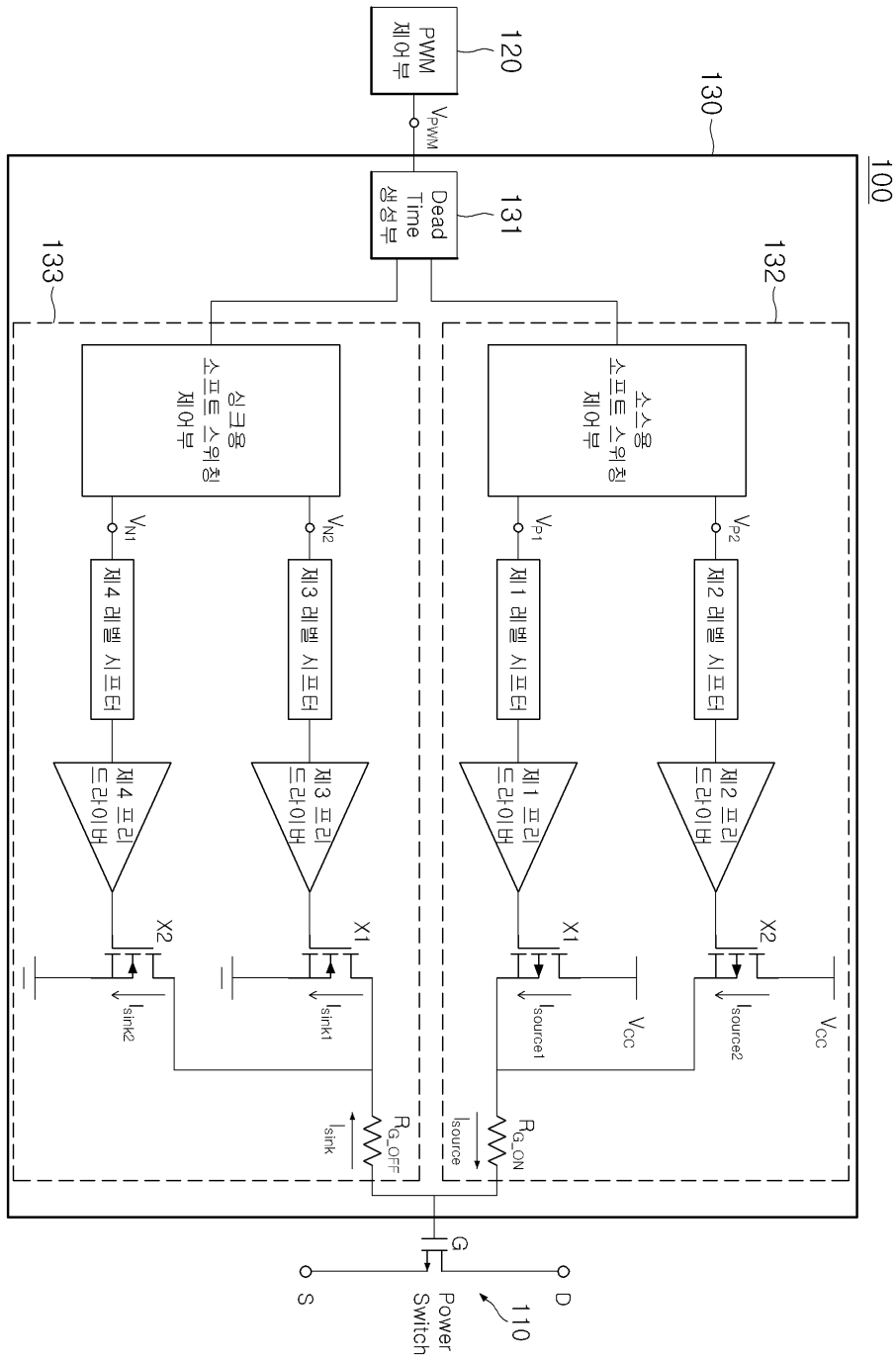
도면5



도면6



도면7



도면8

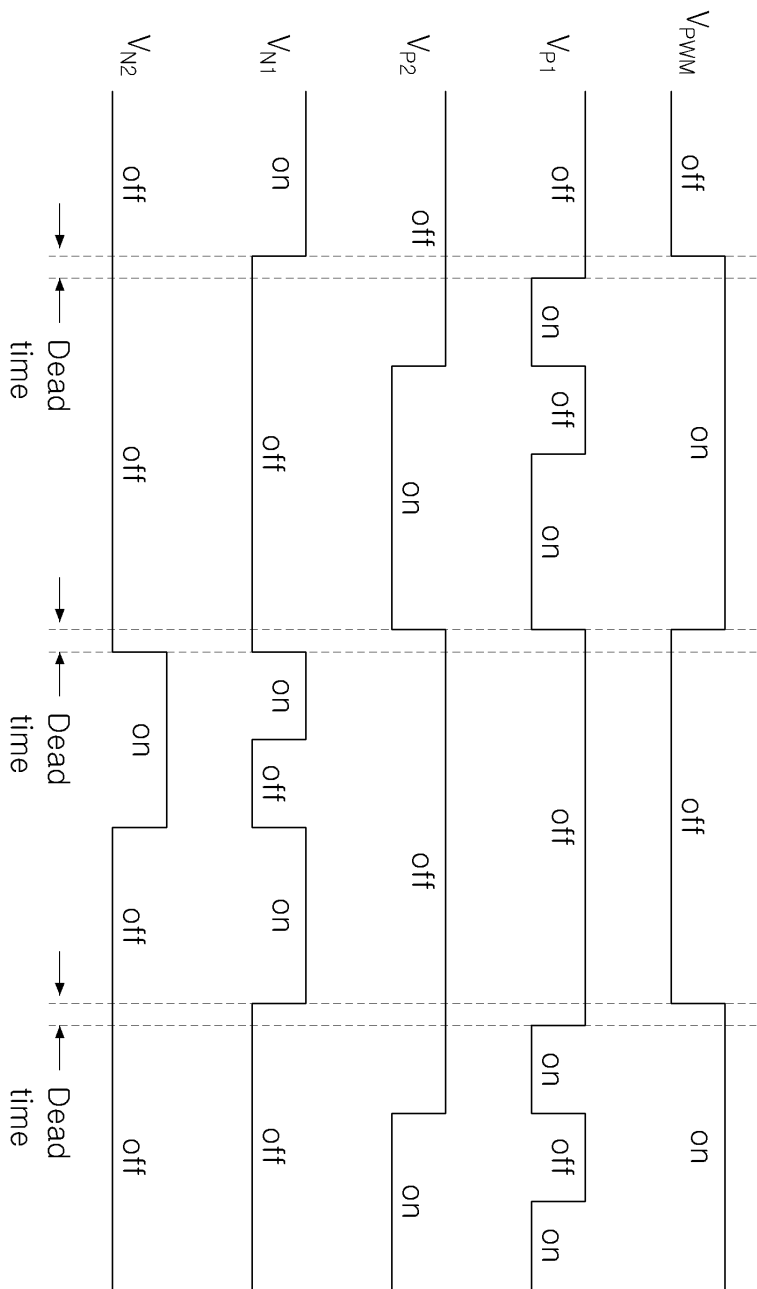
V_{P1}	V_{P2}	$I_{G, source}$
off	off	0
on	off	$I_{source 1}$
off	on	$I_{source 2}$
on	on	$I_{source 1} + I_{source 2}$

(a)

V_{N1}	V_{N2}	$I_{G, sink}$
off	off	0
on	off	$I_{sink 1}$
off	on	$I_{sink 2}$
on	on	$I_{sink 1} + I_{sink 2}$

(b)

도면9



도면10

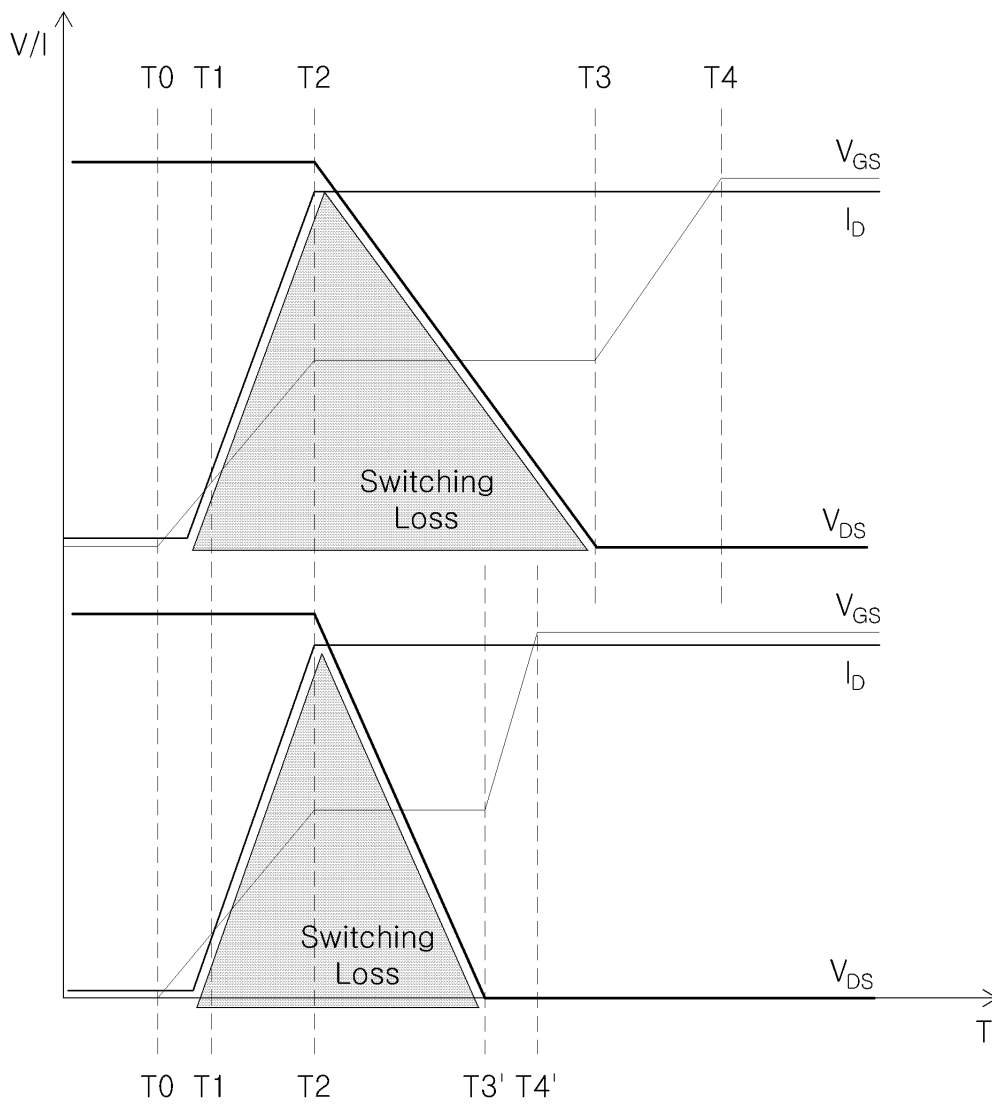
V_{P1}	1	0	1	1	...
V_{P2}	0	1	1	1	...
$I_G, \text{ source}$	I_0	$2I_0$	$3I_0$	$3I_0$...

(a)

V_{N1}	1	0	1	1	...
V_{N2}	1	1	0	0	...
$I_G, \text{ sink}$	$3I_0$	$2I_0$	I_0	I_0	...

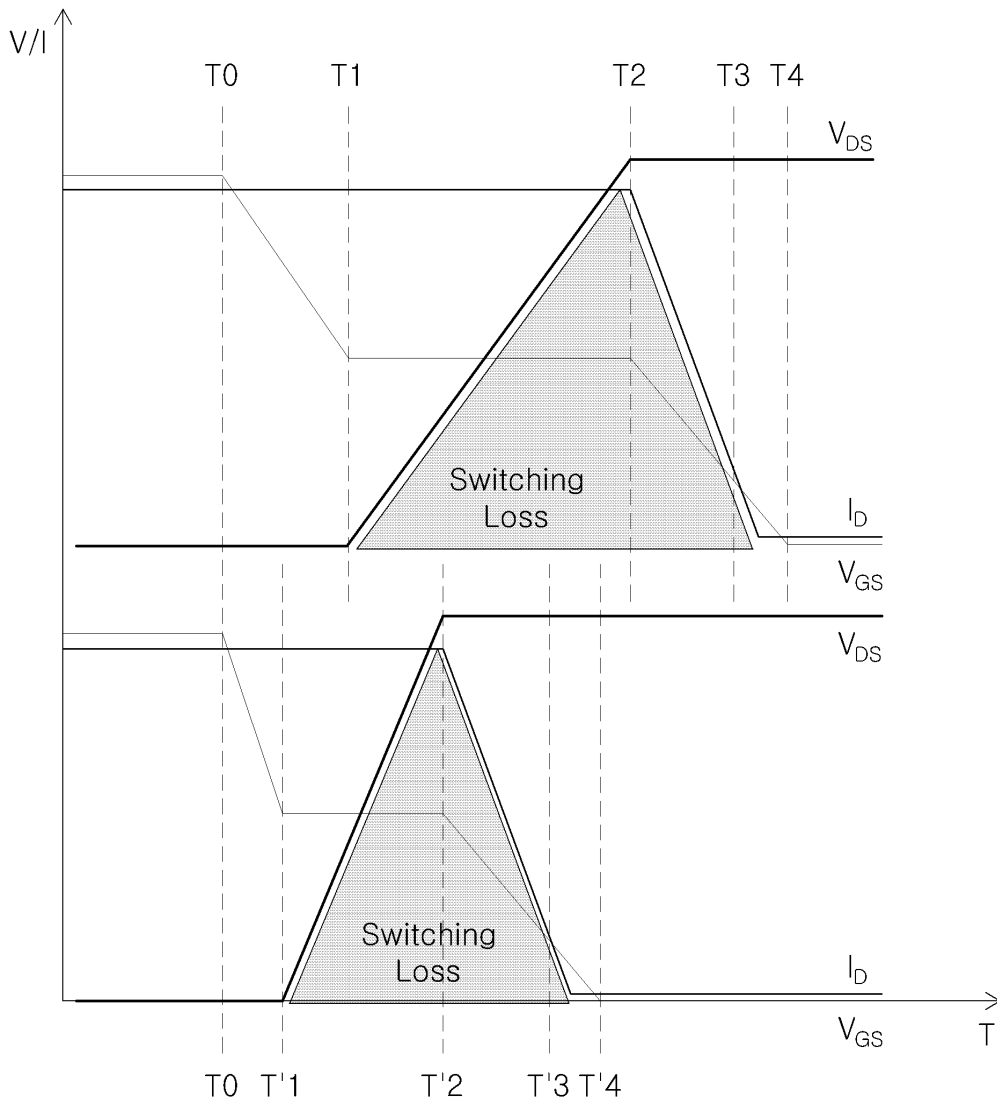
(b)

도면11



<Turn on Waveform>

도면12



<Turn off Waveform>

도면13

