



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0156578
(43) 공개일자 2021년12월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02M 3/335 (2006.01) H02M 1/00 (2007.01)
(52) CPC특허분류
H02M 3/33538 (2013.01)
H02M 1/0048 (2021.05)
(21) 출원번호 10-2020-0074311
(22) 출원일자 2020년06월18일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
한국전력공사
전라남도 나주시 전력로 55(빛가람동)
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인화로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
김재국
인천광역시 남동구 소래역남로 39, 201동 1802호
(논현동, 에코메트로5단지한화꿈에그린아파트)
김지연
서울특별시 중랑구 중랑천로 286, 108동 1602호
(묵동, 묵동아이파크아파트)
안재현
인천광역시 부평구 부평북로 463, 311동 1201호
(삼산동, 주공미래타운3단지)
(74) 대리인
특허법인 정안

전체 청구항 수 : 총 7 항

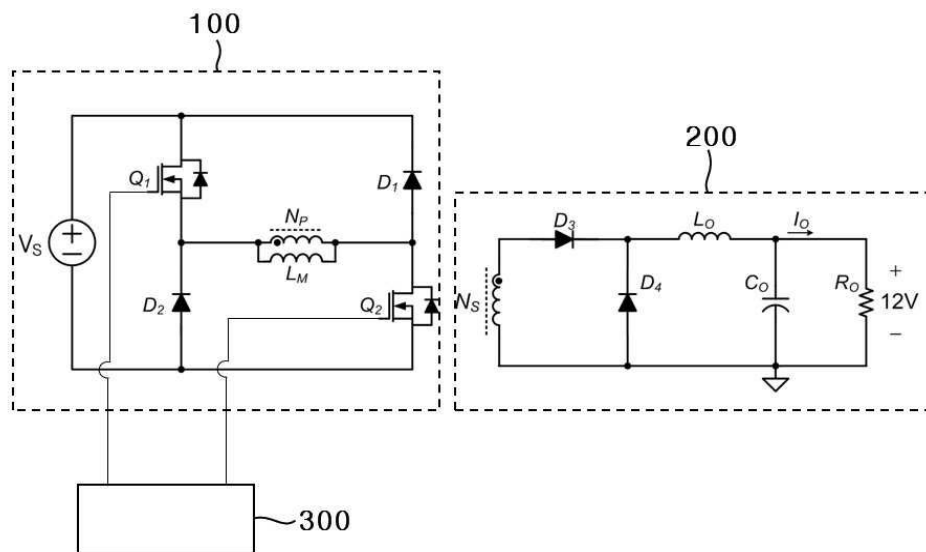
(54) 발명의 명칭 2-스위치 포워드 컨버터용 적응형 위상천이 지연 제어 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 2-스위치 포워드 컨버터(Two-Switch Forward Converter)의 스위칭 과정에서의 손실을 줄여서 시스템의 효율을 높이는 적응형 위상천이 지연 제어장치(Adaptive Phase-Shift Delay Controller)가 결합된 2-스위치 포워드 컨버터에 관한 것으로,

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



DC 입력전압을 갖는 입력전원, 상기 입력전원의 고전위 단자에 연결되는 제1 스위치 및 제1 다이오드, 상기 입력전원의 저전위 단자 및 상기 제1 스위치와 연결되는 제2 다이오드, 상기 입력전원의 저전위 단자 및 상기 제1 다이오드와 연결되는 제2 스위치, 상기 제1 스위치와 상기 제2 다이오드가 연결된 노드와 상기 제1 다이오드와 상기 제2 스위치가 연결된 노드 사이에 1차측 권선이 연결되는 변압기, 상기 변압기의 2차 측 권선과 직렬 연결되는 제3 다이오드, 상기 변압기의 2차 측 권선 및 상기 제3 다이오드와 병렬 연결되는 제4 다이오드, 상기 제4 다이오드와 병렬 연결되고 상호 간 직렬 연결되는 출력 인덕터 및 출력 커패시터, 상기 출력 커패시터의 양 끝단에 연결되는 출력 단자 및 상기 제1 스위치에 인가되는 제1 게이트 신호 및 상기 제2 스위치에 인가되는 제2 게이트 신호 간 위상차가 있는 게이트 신호들을 생성하는 적응형 위상천이 지연 제어장치를 포함할 수 있다.

본 발명에 의하면, 2-스위치 포워드 컨버터에 적응형 위상천이 지연 제어장치를 연결하여, 제2 스위치에 지연된 출력 게이트 신호(Gate Signal)를 인가하는 방법을 통해서 스위칭 손실(Switching Loss)이 줄어 시스템 효율을 높일 수 있다.

(52) CPC특허분류

Y02B 70/10 (2020.08)

명세서

청구범위

청구항 1

적응형 위상천이 지연 제어장치가 결합된 2-스위치 포워드 컨버터에 있어서,
 DC 입력전압을 갖는 입력전원;
 상기 입력전원의 고전위 단자에 연결되는 제1 스위치 및 제1 다이오드;
 상기 입력전원의 저전위 단자 및 상기 제1 스위치와 연결되는 제2 다이오드;
 상기 입력전원의 저전위 단자 및 상기 제1 다이오드와 연결되는 제2 스위치;
 상기 제1 스위치와 상기 제2 다이오드가 연결된 노드와 상기 제1 다이오드와 상기 제2 스위치가 연결된 노드 사이에 1차측 권선이 연결되는 변압기;
 상기 변압기의 2차 측 권선과 직렬 연결되는 제3 다이오드;
 상기 변압기의 2차 측 권선 및 상기 제3 다이오드와 병렬 연결되는 제4 다이오드;
 상기 제4 다이오드와 병렬 연결되고 상호 간 직렬 연결되는 출력 인덕터 및 출력 커패시터;
 상기 출력 커패시터의 양 끝단에 연결되는 출력 단자; 및
 상기 제1 스위치에 인가되는 제1 게이트 신호 및 상기 제2 스위치에 인가되는 제2 게이트 신호 간 위상차가 있는 게이트 신호들을 생성하는 적응형 위상천이 지연 제어장치를 포함하는, 2-스위치 포워드 컨버터.

청구항 2

제 1항에 있어서,
 상기 적응형 위상천이 지연 제어장치는,
 상기 입력전원의 입력전압 및 부하에 흐르는 전류에 기초하여 상기 제1 게이트 신호 및 상기 제2 게이트 신호 간 위상차를 결정하는, 2-스위치 포워드 컨버터.

청구항 3

제 2항에 있어서,
 상기 적응형 위상천이 지연 제어장치는,
 상기 제1 게이트 신호의 펄스 폭을 변조하는 제1 PWM(Pulse Width Modulation) 생성기;
 상기 제2 게이트 신호의 펄스 폭을 변조하는 제2 PWM 생성기; 및
 상기 제1 PWM 생성기 및 제2 PWM 생성기를 제어하여 상기 제1 게이트 신호와 상기 제2 게이트 신호 간 위상차와 각 신호의 펄스 폭을 결정하는 제어부를 포함하는, 2-스위치 포워드 컨버터.

청구항 4

제 3항에 있어서,
 제1 PWM 생성기에 의해 생성되는 상기 제1 게이트 신호의 펄스의 시작 위상보다 상기 제2 PWM 생성기에 의해 생성되는 상기 제2 게이트 신호의 펄스의 시작 위상을 제1 위상차만큼 지연시키는, 2-스위치 포워드 컨버터.

청구항 5

제 3항에 있어서,

제1 PWM 생성기에 의해 생성되는 상기 제1 게이트 신호의 펄스의 종료 위상보다 상기 제2 PWM 생성기에 의해 생성되는 상기 제2 게이트 신호의 펄스의 종료 위상을 제2 위상차만큼 지연시키는, 2-스위치 포워드 컨버터.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 제1 게이트 신호 및 상기 제2 게이트 신호의 스위칭 주파수는 95kHz 인, 2-스위치 포워드 컨버터.

청구항 7

제 1항에 따른 2-스위치 포워드 컨버터용 적응형 위상천이 지연 제어 방법에 있어서,

상기 2-스위치 포워드 컨버터의 입력전압과 출력전류 값을 획득하는 단계;

상기 획득한 입력전압과 출력전류 값에 기초하여 상기 2-스위치 포워드 컨버터의 제1 스위치에 인가되는 제1 게이트 신호와 제2 스위치에 인가되는 제2 게이트 신호 간 위상차를 결정하는 단계;

상기 제1 게이트 신호와 상기 제2 게이트 신호 각각의 펄스 폭을 결정하는 단계; 및

상기 위상차 및 상기 펄스 폭을 갖는 상기 제1 게이트 신호 및 상기 제2 게이트 신호를 생성하는 단계를 포함하는, 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 2-스위치 포워드 컨버터(Two-Switch Forward Converter)의 스위칭 과정에서의 손실을 줄여서 시스템의 효율을 높이는 2-스위치 포워드 컨버터용 적응형 위상천이 지연 제어 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 포워드 컨버터(Forward Converter)는 전력용 MOSFET 등 반도체 소자를 스위치로 사용하여 직류 입력전압을 일단 구형파 형태의 전압으로 변환한 후, 필터를 통하여 제어된 직류 출력 전압을 얻는 DC-DC 컨버터의 일종이다.

[0004] 그 중 2-스위치 포워드 컨버터(Two-Switch Forward Converter)는 2개의 스위치를 이용하는 방식으로 구조가 간단하고 절연이 가능하며, 1차 측 소자에 낮은 전압 스트레스가 걸리다는 장점이 있어, PC의 파워서플라이와 같은 중저전력(약 50~200W) 장치에 많이 적용되는 방식이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 최근 전력전자 기술을 이용한 전력변환 장치의 연구 방향은 고효율화를 추구하고 있고, 이를 위해서는 장치 동작 시 발생하는 각종 손실을 감소시키는 기술이 필요하다.

[0007] 한편 2-스위치 포워드 컨버터(Two-Switch Forward Converter)는 1차 측 스위치가 하드 스위칭(Hard Switching)하기 때문에 스위칭 손실(Switching Loss)이 커서 시스템의 효율이 감소한다는 단점이 있다. 따라서 2-스위치 포워드 컨버터의 효율을 높이기 위해서는 1차 측 스위치가 소프트 스위칭(Soft Switching)하는 것이 필요한데

이를 위해서는 추가적인 소자의 사용이 필요하다는 문제가 있다.

[0008] 본 발명은 2-스위치 포워드 컨버터에 적응형 위상천이 지연 제어장치(Adaptive Phase-Shift Delay Controller)를 연결하여, 위상차가 있는 출력 게이트 신호를 1차 측 스위치 Q1 과 Q2 에 인가하는 방법을 제안한다.

[0009] 본 문서에서 이루고자 하는 기술적 과제는 이상에서 언급한 기술적 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명의 다양한 실시 예들에 따른 적응형 위상천이 지연 제어장치가 결합된 2-스위치 포워드 컨버터는, DC 입력전압을 갖는 입력전원; 상기 입력전원의 고전위 단자에 연결되는 제1 스위치 및 제1 다이오드; 상기 입력전원의 저전위 단자 및 상기 제1 스위치와 연결되는 제2 다이오드; 상기 입력전원의 저전위 단자 및 상기 제1 다이오드와 연결되는 제2 스위치; 상기 제1 스위치와 상기 제2 다이오드가 연결된 노드와 상기 제1 다이오드와 상기 제2 스위치가 연결된 노드 사이에 1차측 권선이 연결되는 변압기; 상기 변압기의 2차 측 권선과 직렬 연결되는 제3 다이오드; 상기 변압기의 2차 측 권선 및 상기 제3 다이오드와 병렬 연결되는 제4 다이오드; 상기 제4 다이오드와 병렬 연결되고 상호 간 직렬 연결되는 출력 인덕터 및 출력 커패시터; 상기 출력 커패시터의 양 끝단에 연결되는 출력 단자; 및 상기 제1 스위치에 인가되는 제1 게이트 신호 및 상기 제2 스위치에 인가되는 제2 게이트 신호 간 위상차가 있는 게이트 신호들을 생성하는 적응형 위상천이 지연 제어장치를 포함할 수 있다.

[0012] 본 발명의 다양한 실시 예들에 따르면, 상기 적응형 위상천이 지연 제어장치는, 상기 입력전원의 입력전압 및 부하에 흐르는 전류에 기초하여 상기 제1 게이트 신호 및 상기 제2 게이트 신호 간 위상차를 결정할 수 있다.

[0013] 본 발명의 다양한 실시 예들에 따르면, 상기 적응형 위상천이 지연 제어장치는, 상기 제1 게이트 신호의 펄스 폭을 변조하는 제1 PWM(Pulse Width Modulation) 생성기; 상기 제2 게이트 신호의 펄스 폭을 변조하는 제2 PWM 생성기; 및 상기 제1 PWM 생성기 및 제2 PWM 생성기를 제어하여 상기 제1 게이트 신호와 상기 제2 게이트 신호 간 위상차와 각 신호의 펄스 폭을 결정하는 제어부를 포함할 수 있다.

[0014] 본 발명의 다양한 실시 예들에 따르면, 제1 PWM 생성기에 의해 생성되는 상기 제1 게이트 신호의 펄스의 시작 위상보다 상기 제2 PWM 생성기에 의해 생성되는 상기 제2 게이트 신호의 펄스의 시작 위상을 제1 위상차만큼 지연시킬 수 있다.

[0015] 본 발명의 다양한 실시 예들에 따르면, 제1 PWM 생성기에 의해 생성되는 상기 제1 게이트 신호의 펄스의 종료 위상보다 상기 제2 PWM 생성기에 의해 생성되는 상기 제2 게이트 신호의 펄스의 종료 위상을 제2 위상차만큼 지연시킬 수 있다.

[0016] 본 발명의 다양한 실시 예들에 따르면, 상기 제1 게이트 신호 및 상기 제2 게이트 신호의 스위칭 주파수는 95kHz 일 수 있다.

[0017] 본 발명의 다양한 실시 예들에 따른 2-스위치 포워드 컨버터용 적응형 위상천이 지연 제어 방법은, 상기 2-스위치 포워드 컨버터의 입력전압과 출력전류 값을 획득하는 단계; 상기 획득한 입력전압과 출력전류 값에 기초하여 상기 2-스위치 포워드 컨버터의 제1 스위치에 인가되는 제1 게이트 신호와 제2 스위치에 인가되는 제2 게이트 신호 간 위상차를 결정하는 단계; 상기 제1 게이트 신호와 상기 제2 게이트 신호 각각의 펄스 폭을 결정하는 단계; 및 상기 위상차 및 상기 펄스 폭을 갖는 상기 제1 게이트 신호 및 상기 제2 게이트 신호를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0019] 다양한 실시 예들에 따라, 2-스위치 포워드 컨버터(Two-Switch Forward Converter)에 적응형 위상천이 지연 제어장치(Adaptive Phase-Shift Delay Controller)를 연결하여, 제2 스위치에 지연된 출력 게이트 신호(Gate Signal)를 인가하는 방법으로, 종래의 2-스위치 포워드 컨버터의 단점인 1차 측 스위치가 하드 스위칭(Hard Switching)하여 스위칭 손실(Switching Loss)이 커서 시스템 효율이 감소하는 문제를 해결할 수 있다.

[0020] 다양한 실시 예들에 따라, 스위치가 켜질 때, 제2 스위치에 지연된 게이트 신호(Delayed Gate Signal)를 인가하

여 제1 스위치가 켜지는 동안의 스위칭 손실(On-Time Switching Loss)을 0 으로 만들어서, 전체 스위칭 손실을 감소시킬 수 있다.

[0021] 다양한 실시 예들에 따라, 스위치가 꺼질 때, 제2 스위치에 지연된 게이트 신호(Delayed Gate Signal)를 인가하여 제2 스위치가 꺼질 때 흐르는 전류를 감소시켜서 제2 스위치가 꺼지는 동안의 스위칭 손실(Turn-Off Switching Loss)을 감소시켜, 전체 스위칭 손실을 감소시킬 수 있다.

[0022] 다양한 실시 예들에 따라, 종래의 2-스위치 포워드 컨버터에 추가적인 소자 사용 없이도 스위칭 손실을 감소시켜 전체 시스템의 효율을 높일 수 있다.

[0023] 본 개시에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 개시가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은, 다양한 실시 예들에 따른 적응형 위상천이 지연 제어장치(Adaptive Phase-Shift Delay Controller)(300)가 결합된 2-스위치 포워드 컨버터(Two-Switch Forward Converter)를 도시한 도면이다.

도 2는, 다양한 실시 예들에 따른 적응형 위상천이 지연 제어장치(300)의 개념도이다.

도 3은, 다양한 실시 예들에 따른 적응형 위상천이 지연 제어장치(300)의 구성을 도시한 도면이다.

도 4는, 다양한 실시 예들에 따라 제1 게이트 신호(110)와 제2 게이트 신호(120) 간 위상차가 없는 경우 2-스위치 포워드 컨버터의 1차 측(100) 게이트 신호와 그에 따라 각 스위치에 흐르는 전류의 파형을 도시한 도면이다.

도 5는, 다양한 실시 예들에 따라 제1 스위치(Q1)와 제2 스위치(Q2)에 각각 인가되는 제1 게이트 신호(110)와 제2 게이트 신호(120) 간 위상차를 둔 경우의 전압 파형을 도시한 도면이다.

도 6은, 다양한 실시 예들에 따라 제1 스위치(Q1)에 인가되는 제1 게이트 신호(110)의 펄스의 시작 위상보다 제2 스위치(Q2)에 인가되는 제2 게이트 신호(120)의 펄스의 시작 위상을 제1 위상차(Φ_{ON})만큼 지연시킨 경우의 각 스위치의 전압 및 그에 따라 각 스위치에 흐르는 전류의 파형을 도시한 도면이다.

도 7은, 다양한 실시 예들에 따라 제1 스위치(Q1)에 인가되는 제1 게이트 신호(110)의 펄스의 종료 위상보다 제2 스위치(Q2)에 인가되는 제2 게이트 신호(120)의 펄스의 종료 위상을 제2 위상차(Φ_{OFF})만큼 지연시킨 경우의 각 스위치의 전압 및 그에 따라 각 스위치에 흐르는 전류의 파형을 도시한 도면이다.

도 8은, 다양한 실시 예들에 따라 제1 스위치(Q1)에 인가되는 제1 게이트 신호(110)의 펄스의 종료 위상보다 제2 스위치(Q2)에 인가되는 제2 게이트 신호(120)의 펄스의 종료 위상을 제2 위상차(Φ_{OFF})만큼 지연시킨 경우의 제1 스위치(Q1)와 제2 스위치(Q2)에 흐르는 전류의 파형을 비교한 도면이다.

도 9는, 2-스위치 포워드 컨버터용 적응형 위상천이 지연 제어 방법을 도시한 흐름도이다.

도면의 설명과 관련하여, 동일 또는 유사한 구성요소에 대해서는 동일 또는 유사한 참조 부호가 사용될 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 이하 다양한 실시 예들이 첨부된 도면을 참고하여 상세히 설명된다.

[0027] 도면 부호에 관계없이 동일하거나 유사한 구성요소는 동일한 참조 번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략할 수 있다.

[0028] 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 '모듈' 또는 '부'는 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다. 또한, '모듈' 또는 '부'는 소프트웨어 또는 FPGA(field programmable gate array) 또는 ASIC(application specific integrated circuit)과 같은 하드웨어 구성요소를 의미하나, 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니다. '부' 또는 '모듈'은 어드레싱 할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 제

생시킴으로써 구성될 수도 있다. 따라서 일 예로서 '부' 또는 '모듈'은 소프트웨어 구성요소들, 객체지향 소프트웨어 구성요소들, 클래스 구성요소들 및 태스크 구성요소들과 같은 구성요소들과, 프로세스들, 함수들, 속성들, 프로시저들, 서브루틴들, 프로그램 코드의 세그먼트들, 드라이버들, 펌웨어, 마이크로코드, 회로, 데이터, 데이터베이스, 데이터 구조들, 테이블들, 어레이들, 및 변수들을 포함할 수 있다. 하나의 구성요소, '부' 또는 '모듈'들 안에서 제공되는 기능은 더 작은 수의 구성요소들 및 '부' 또는 '모듈'들로 결합되거나 추가적인 구성요소들과 '부' 또는 '모듈'들로 더 분리될 수 있다.

- [0029] 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0030] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 '연결되어' 있다거나 '접속되어' 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 '직접 연결되어' 있다거나 '직접 접속되어' 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.
- [0031] 우선 본 명세서에서 사용되는 용어들에 대하여 간략히 설명한다.
- [0032] 포워드 컨버터(Forward Converter)는 전력용 MOSFET 등 반도체 소자를 스위치로 사용하여 직류 입력전압을 일단 구형과 형태의 전압으로 변환한 후, 필터를 통하여 제어된 직류 출력 전압을 얻는 DC-DC 컨버터의 일종이다.
- [0033] MOSFET(Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)이란 금속 산화막 반도체의 전계효과를 이용한 트랜지스터를 의미하며 전자(정공)의 움직임에 의해 스위칭이 일어나므로 빠른 속도의 스위칭이 가능하다. 또한 전류도통시의 저항값이 매우 낮으므로 일반적인 트랜지스터에 비해 높은 전류를 제어할 수 있다.
- [0034] 하드 스위칭 손실(Hard Switching Loss)이란 스위치 ON/OFF 시 MOSFET 스위치에 인가되는 고전류 및 고전압 응력의 동시 발생으로 인한 높은 스위칭 손실을 의미한다. 이러한 손실은 스위칭 주파수와 입력전압에 따라 변화하며 최대 주파수 작동, 효율성 및 출력 밀도를 제한하게 된다. 스위칭 손실을 최소화 하려면 전압과 전류의 중첩을 최소화 하는 작업이 필요하다.
- [0035] 소프트 스위칭(Soft Switching)이란 스위치 ON/OFF 시 전압, 전류가 중첩되는 면적을 줄임으로써 스위칭 손실은 줄이는 방법인데, 반도체 스위치가 ON/OFF 될 때의 전압, 전류의 상태에 따라 ZCS(Zero Current Switching) 방법과 ZVS(Zero Voltage Switching) 방법으로 나누어진다. ZCS 방법의 일 실시예로는 스위치에 흐르는 전류를 스위치에 직렬 연결한 공진 인덕터를 이용하여 지연시킴으로써 전압, 전류가 중첩되는 구간을 최소화하는 방법이 있고, ZVS 방법의 일 실시예로는 역병렬 다이오드나 스위치에 병렬로 연결된 공진 캐패시터를 이용하여 스위치 양단 전압을 순간적으로 0 으로 만드는 방법이 있다.
- [0036] 이하 다양한 실시 예들이 첨부된 도면 순서에 따라 상세히 설명된다.
- [0037] 도 1은, 다양한 실시 예들에 따른 적응형 위상천이 지연 제어장치(Adaptive Phase-Shift Delay Controller)(300)가 결합된 2-스위치 포워드 컨버터(Two-Switch Forward Converter)를 도시한 도면이다.
- [0038] 도 1을 참조하면, 2-스위치 포워드 컨버터의 1차 측(100)의 제1 스위치(Q1) 및 제2 스위치(Q2)의 베이스에 적응형 위상천이 지연 제어장치(300)를 연결하여 제1 게이트 신호(110)와 제2 게이트 신호(120)를 제어할 수 있다.
- [0039] 2-스위치 포워드 컨버터의 1차 측(100)은 입력전원(Vs)과 4개의 스위칭 소자 및 변압기의 1차측 권선으로 구성될 수 있으며 일 실시예에 따라 제1 스위치(Q1)와 제2 스위치(Q2)는 MOSFET 스위치를 이용하고, 나머지 2개의 스위칭 소자는 제1 다이오드(D1)와 제2 다이오드(D2)로 구성될 수 있다.
- [0040] 2-스위치 포워드 컨버터의 2차 측(200)은 변압기의 2차 측 권선, 2개의 스위칭 소자, 출력 인덕터(Lo), 출력 커패시터(Co) 및 출력 커패시터(Co)의 양 끝단에 연결되는 출력단자로 구성될 수 있으며, 일 실시예에 따라 2개의 스위칭 소자는 제3 다이오드(D3)와 제4 다이오드(D4)로 구성될 수 있다.
- [0041] 변압기를 통해 2-스위치 포워드 컨버터의 1차 측(100)과 2차 측(200)이 연결되어 전력을 전달할 수 있으며, 변압기의 권선수 비는 $N_p:N_s$ 이다. 제1 스위치(Q1)와 제2 스위치(Q2)가 동시에 켜지면 DC 입력전압(Vs)이 변압기 및 제3 다이오드(D3)를 통해서 출력으로 전달되고, 제1 스위치(Q1)와 제2 스위치(Q2)가 꺼지면 제1 다이오드(D1)와 제2 다이오드(D2)는 ON, 2차 측(200)의 제3 다이오드(D3)는 OFF, 제4 다이오드(D4)는 ON으로 동작하여 2차 측(200) 출력 인덕터(Lo)의 전류를 프리휠링(Free Wheeling) 시킬 수 있다.

- [0042] 적응형 위상천이 지연 제어장치(300)는 제1 스위치(Q1)에 인가되는 제1 게이트 신호(110) 및 제2 스위치(Q2)에 인가되는 제2 게이트 신호(120) 간 위상차가 있는 게이트 신호들을 생성할 수 있다.
- [0043] 도 2는, 다양한 실시 예들에 따른 적응형 위상천이 지연 제어장치(300)의 개념도이다.
- [0044] 도 2를 참조하면, 적응형 위상천이 지연 제어장치(300)는 입력전압(130)과 부하전류(230)를 입력으로 받아, 2-스위치 포워드 컨버터의 게이트 신호(Gate Signal)인 제1 게이트 신호(110)와 제2 게이트 신호(120)를 각각 제1 스위치(Q1)와 제2 스위치(Q2)에 인가할 수 있다. 입력전압(130)과 부하전류(230)는 가변이므로, 적응형 위상천이 지연 제어장치(300)는 이에 대한 피드백(Feedback)을 받아 부하에 설정한 출력전압이 전달될 수 있도록 제1 게이트 신호(110)와 제2 게이트 신호(120) 제어할 수 있다.
- [0045] 도 3은, 다양한 실시 예들에 따른 적응형 위상천이 지연 제어장치(300)의 구성을 도시한 도면이다.
- [0046] 도 3을 참조하면, 적응형 위상천이 지연 제어장치(300)는 제1 게이트 신호(110)의 펄스 폭을 변조하는 제1 PWM(Pulse Width Modulation) 생성기(310), 제2 게이트 신호(120)의 펄스 폭을 변조하는 제2 PWM 생성기(320) 및 제1,2 PWM 생성기를 제어하는 제어부(330)를 포함할 수 있다. 제어부(330)는 제1 PWM 생성기(310) 및 제2 PWM 생성기(320)를 제어하여 게이트 신호의 펄스 폭 또는 제1 게이트 신호(110)와 제2 게이트 신호(120) 간의 위상차를 조절할 수 있다.
- [0047] 제1 스위치(Q1), 제2 스위치(Q2) 각각에 대해 제1 PWM 생성기(310), 제2 PWM 생성기(320)를 별도로 연결함으로써, 펄스 폭을 달리 할 수 있으므로 제1 게이트 신호(110)와 제2 게이트 신호(120) 간 위상차를 달리 할 때, 펄스의 시작 위상의 위상차와 종료 위상의 위상차를 각각 독립적으로 조절할 수 있다. 따라서 제1 게이트 신호(110)와 제2 게이트 신호(120)의 펄스 폭을 같게 하는 경우에는, 펄스의 시작 위상의 위상차와 종료 위상의 위상차가 같게 되어 제1 게이트 신호(110)와 동일한 파형을 가지고 위상만 지연된 제2 게이트 신호(120)가 제2 스위치에 인가될 수 있다. 한편, 제1 게이트 신호(110)와 제2 게이트 신호(120)의 펄스 폭을 달리 하는 경우에는, 펄스의 시작 위상의 위상차와 종료 위상의 위상차가 다르게 되어 제1 게이트 신호(110)와 다른 파형을 가지고 펄스의 시작 위상이 제1 위상차(Φ_{ON})만큼 지연되고 종료 위상은 제2 위상차(Φ_{OFF})만큼 지연된 제2 게이트 신호(120)가 제2 스위치에 인가될 수 있다.
- [0048] 도 4는, 다양한 실시 예들에 따라 제1 게이트 신호(110)와 제2 게이트 신호(120) 간 위상차가 없는 경우 2-스위치 포워드 컨버터의 1차 측(100) 게이트 신호와 그에 따라 각 스위치에 흐르는 전류의 파형을 도시한 도면이다.
- [0049] 도 4를 참조하면, 일 실시예에 따라 DC 입력전압 $V_s=380V$, 스위칭 주파수=95kHz, 출력전압=12V, $L_m=5.6mH$, $L_o=31.18\mu H$, $C_o=2mF$, 403W 출력 조건에서 2-스위치 포워드 컨버터의 1차 측(100) 스위치의 게이트 신호와 각 스위치에 흐르는 전류에 대한 파형을 나타낸 것이다. 제1 스위치(Q1)와 제2 스위치(Q2)가 동시에 켜지면 각 스위치에 흐르는 전류가 급격히 상승하고, 제1 스위치(Q1)와 제2 스위치(Q2)가 동시에 꺼지면 각 스위치에 흐르는 전류가 급격히 감소하게 된다. 따라서 제1 스위치(Q1)와 제2 스위치(Q2)는 ON/OFF시 모두 하드 스위칭(Hard Switching) 하게 되어 2-스위치 포워드 컨버터의 1차 측(100) 각 스위치의 스위칭 손실(Switching Loss)가 커지게 된다.
- [0050] 도 5는, 다양한 실시 예들에 따라 제1 스위치(Q1)와 제2 스위치(Q2)에 각각 인가되는 제1 게이트 신호(110)와 제2 게이트 신호(120) 간 위상차를 둔 경우의 전압 파형을 도시한 도면이다.
- [0051] 도 5를 참조하면, 제1 스위치(Q1)와 제2 스위치(Q2)가 ON/OFF 되는 경우 도 3의 제어부(330)가 제1,2 PWM 생성기(310,320)를 제어하여 제1 게이트 신호(110)와 제2 게이트 신호(120)간 임의의 위상차를 줄 수 있다. 제1 게이트 신호(110)를 기준으로, 상승 신호(Rising Signal)에서 펄스의 시작 위상에 대하여 제1 위상차(Φ_{ON})만큼, 하강 신호(Falling Signal)에서 펄스의 종료 위상에 대하여 제2 위상차(Φ_{OFF})만큼 제2 게이트 신호(120)를 지연시킬 수 있다. 여기서 제1 위상차(Φ_{ON})와 제2 위상차(Φ_{OFF})는 제어부(330)에서 각각 독립적으로 제어가 가능하므로 동일한 값을 가질 수도 있고, 다른 값을 가질 수도 있다.
- [0052] 입력전압(V_s)과 부하전류(I_o)를 입력으로 받은 위상천이 지연 제어장치(300)는 목표한 출력전압(V_o)을 내기 위한 게이트 신호를 2-스위치 포워드 컨버터에 주게 되는데, 두 개의 게이트 신호 중 제2 게이트 신호(120)는 제1 게이트 신호(110)와 비교하여 스위치 ON 동작시 제1 위상차(Φ_{ON})만큼 지연된 위상을 가질 수 있고, 스위치 OFF 동작시 제2 위상차(Φ_{OFF})만큼 지연된 위상을 가질 수 있다. 이를 통해서 2-스위치 포워드 컨버터의 스위치 ON/OFF 시의 스위칭 손실(Switching Loss)을 줄일 수 있는데 구간 별 구체적인 작동 원리는 이하에서 설명한다.

- [0053] 도 6은, 다양한 실시 예들에 따라 제1 스위치(Q1)에 인가되는 제1 게이트 신호(110)의 펄스의 시작 위상보다 제2 스위치(Q2)에 인가되는 제2 게이트 신호(120)의 펄스의 시작 위상을 제1 위상차(Φ_{ON})만큼 지연시킨 경우의 각 스위치의 전압 및 그에 따라 각 스위치에 흐르는 전류의 파형을 도시한 도면이다.
- [0054] 도 6을 참조하면, 제2 스위치(Q2)에 인가되는 제2 게이트 신호(120)가 제1 스위치(Q1)에 인가되는 제1 게이트 신호(110)에 비해서 제1 위상차(Φ_{ON})만큼 위상이 지연되도록 제2 스위치(Q2)를 제1 스위치(Q1) 보다 늦게 켤 때, DC 입력전압 $V_s=380V$, 스위칭 주파수=95kHz, 출력전압=12V, $L_m=5.6mH$, $L_o=31.18\mu H$, $C_o=2mF$, 403W 출력 조건에서 2-스위치 포워드 컨버터의 1차 측(100) 스위치의 게이트 신호와 각 스위치에 흐르는 전류에 대한 파형을 나타낸 것이다.
- [0055] 제1,2 스위치(Q1,Q2)에 흐르는 전류의 파형을 보면, 제1 스위치(Q1)가 켜진 경우에도 제2 스위치(Q2)가 켜지기 전까지 전류는 흐르지 않고, 제2 스위치(Q2)가 ON 되어 제1,2 스위치(Q1,Q2)가 모두 켜지는 경우에 비로소 각 스위치에 전류가 흐르게 된다. 이 경우, 제1 스위치(Q1)가 켜지는 순간 스위치에 흐르는 전류가 0 이므로 ZCS(Zero-Current-Switching)가 되어 소프트 스위칭(Soft Switching)이 가능하므로 스위칭 손실(Switching Loss)이 0 이 된다.
- [0056] 도 7은, 다양한 실시 예들에 따라 제1 스위치(Q1)에 인가되는 제1 게이트 신호(110)의 펄스의 종료 위상보다 제2 스위치(Q2)에 인가되는 제2 게이트 신호(120)의 펄스의 종료 위상을 제2 위상차(Φ_{OFF})만큼 지연시킨 경우의 각 스위치의 전압 및 그에 따라 각 스위치에 흐르는 전류의 파형을 도시한 도면이다.
- [0057] 도 7을 참조하면, 제2 스위치(Q2)에 인가되는 제2 게이트 신호(120)가 제1 스위치(Q1)에 인가되는 제1 게이트 신호(110)에 비해서 제2 위상차(Φ_{OFF})만큼 위상이 지연되도록 제2 스위치(Q2)를 제1 스위치(Q1) 보다 늦게 끌 때, DC 입력전압 $V_s=380V$, 스위칭 주파수=95kHz, 출력전압=12V, $L_m=5.6mH$, $L_o=31.18\mu H$, $C_o=2mF$, 403W 출력 조건에서 2-스위치 포워드 컨버터의 1차 측(100) 스위치의 게이트 신호와 각 스위치에 흐르는 전류에 대한 파형을 나타낸 것이다.
- [0058] 제1,2 스위치(Q1,Q2)에 흐르는 전류의 파형을 보면, 제1 스위치(Q1)의 제1 게이트 신호(110)가 OFF 된 이후에도 제2 스위치(Q2)의 제2 게이트 신호(120)는 제2 위상차(Φ_{OFF})만큼 ON 되어있는 것을 볼 수 있다. 이 경우, 제2 스위치(Q2)만 켜져 있는 동안에는 2-스위치 포워드 컨버터의 1차 측(100) 전류가 프리휠링(Free Wheeling) 하게 되면서 출력 인덕터(L_o)에 흐르는 전류가 감소함에 따라 1차 측(100) 전류 또한 감소하게 된다.
- [0059] 도 8은, 다양한 실시 예들에 따라 제1 스위치(Q1)에 인가되는 제1 게이트 신호(110)의 펄스의 종료 위상보다 제2 스위치(Q2)에 인가되는 제2 게이트 신호(120)의 펄스의 종료 위상을 제2 위상차(Φ_{OFF})만큼 지연시킨 경우의 제1 스위치(Q1)와 제2 스위치(Q2)에 흐르는 전류의 파형을 비교한 도면이다.
- [0060] 도 8을 참조하면, 제2 스위치(Q2)에 흐르는 전류가 제2 위상차(Φ_{OFF})만큼 지연된 시간동안 서서히 감소하는 것을 볼 수 있다. 결국 제2 스위치(Q2)의 OFF 동작시의 2-스위치 포워드 컨버터의 1차 측(100) 스위칭 손실 또한 감소하게 된다.
- [0061] 도 9는, 2-스위치 포워드 컨버터용 적응형 위상천이 지연 제어 방법을 도시한 흐름도이다.
- [0062] 도 9를 참조하면, 동작 S100에서, 적응형 위상천이 지연 제어장치(300) 내의 제어부(330)가 2-스위치 포워드 컨버터의 1차 측(100) 입력전압(V_s)과 부하에 연결된 2차 측(200) 출력전류(I_o)의 값을 획득할 수 있다.
- [0063] 동작 S200에서, 적응형 위상천이 지연 제어장치(300) 내의 제어부(330)가 획득한 입력전압(V_s)과 출력전류(I_o)의 값에 기초하여 목표한 출력전압(V_o)이 부하에 걸리도록 제1 게이트 신호(110)와 제2 게이트 신호(120) 간의 위상차(Φ_{ON} , Φ_{OFF})를 결정할 수 있다.
- [0064] 동작 S300에서, 적응형 위상천이 지연 제어장치(300) 내의 제어부(330)가 획득한 입력전압(V_s)과 출력전류(I_o)의 값 및 제1 게이트 신호(110)와 제2 게이트 신호(120) 간의 위상차(Φ_{ON} , Φ_{OFF}) 값에 기초하여 제1 PWM 생성기(310), 제2 PWM 생성기(320) 각각에 대해 게이트 신호의 펄스 폭을 결정할 수 있다.
- [0065] 동작 S400에서, 적응형 위상천이 지연 제어장치(300) 내의 제어부(330)가 제1 PWM 생성기(310), 제2 PWM 생성기(320)를 제어하여, 상기에서 결정한 위상차(Φ_{ON} , Φ_{OFF}) 및 펄스 폭을 갖는 제1,2 게이트 신호(110,120)를 생성할 수 있다.

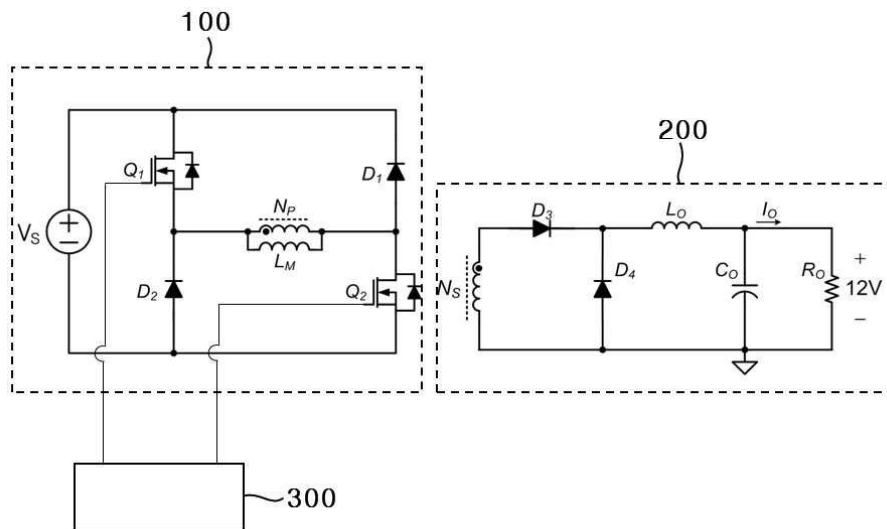
[0066] 상술한 방법에 기초하여 2-스위치 파워 컨버터용 적응형 위상천이 지연 제어 방법 및 장치는 제1 스위치와 제2 스위치에 각각 인가되는 제1 게이트 신호(110)와 제2 게이트 신호(120) 간 위상차를 두어 스위칭 손실을 줄임으로써 추가적인 소자 연결 없이도 전체 시스템의 효율을 높일 수 있다.

부호의 설명

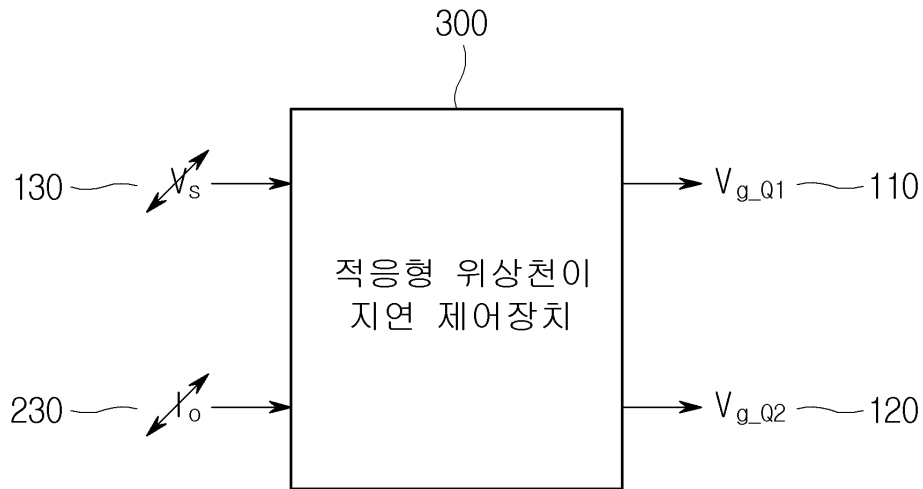
[0068] 100: 1차 측
110: 제1 게이트 신호
120: 제2 게이트 신호
130: 입력전압
200: 2차 측
230: 출력전류
300: 적응형 위상천이 지연 제어장치
310: 제1 PWM 생성기
320: 제2 PWM 생성기
330: 제어부

도면

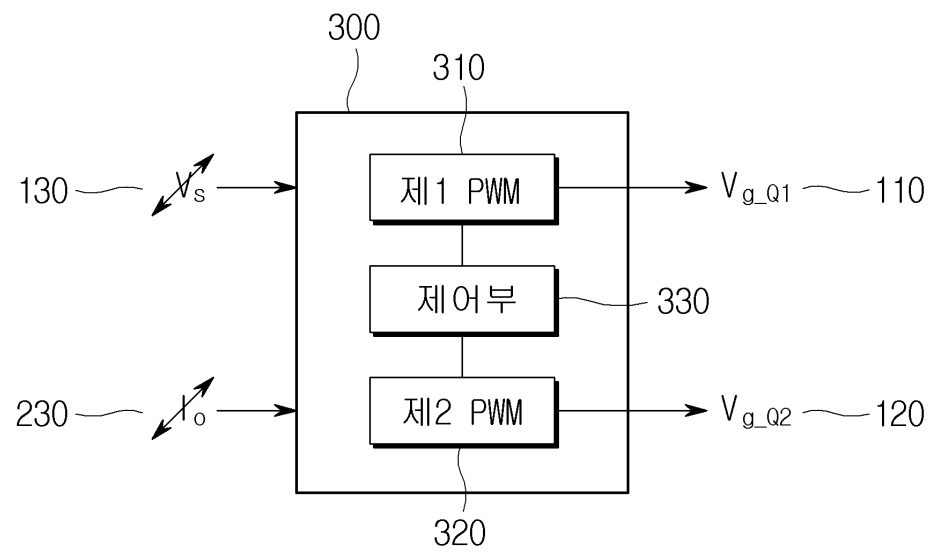
도면1



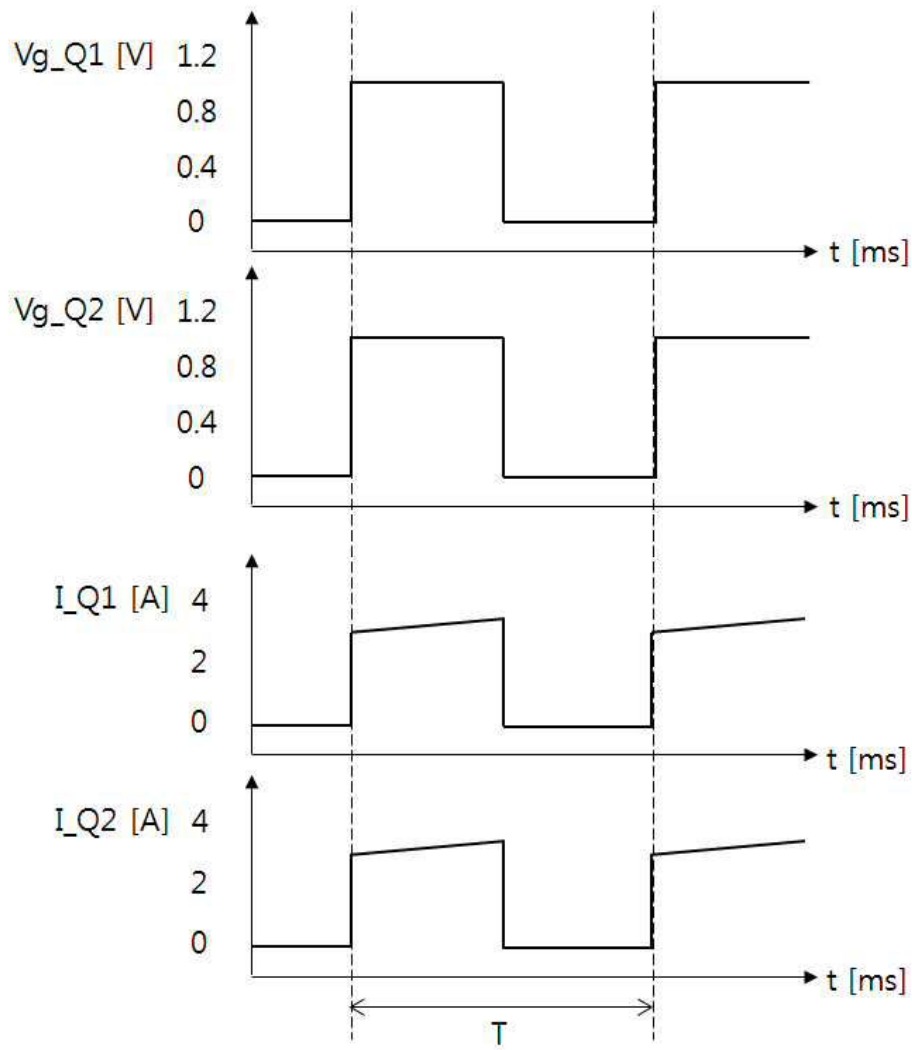
도면2



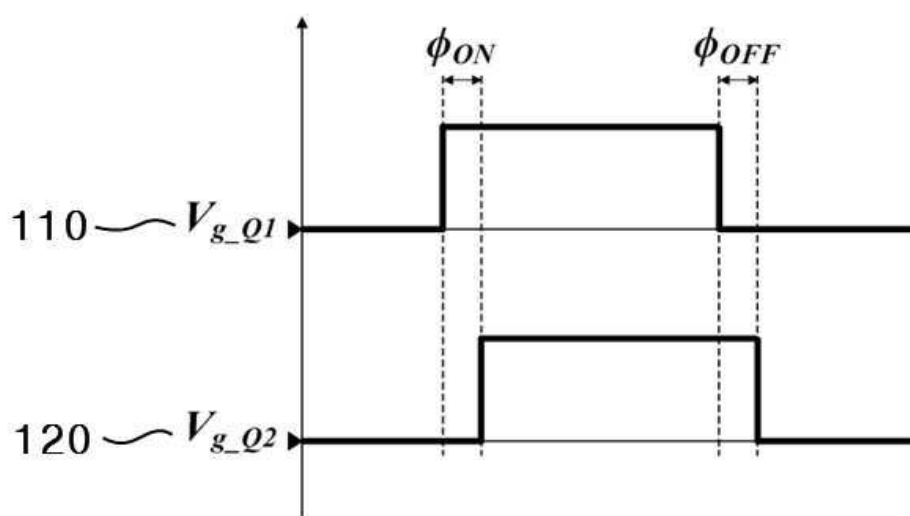
도면3



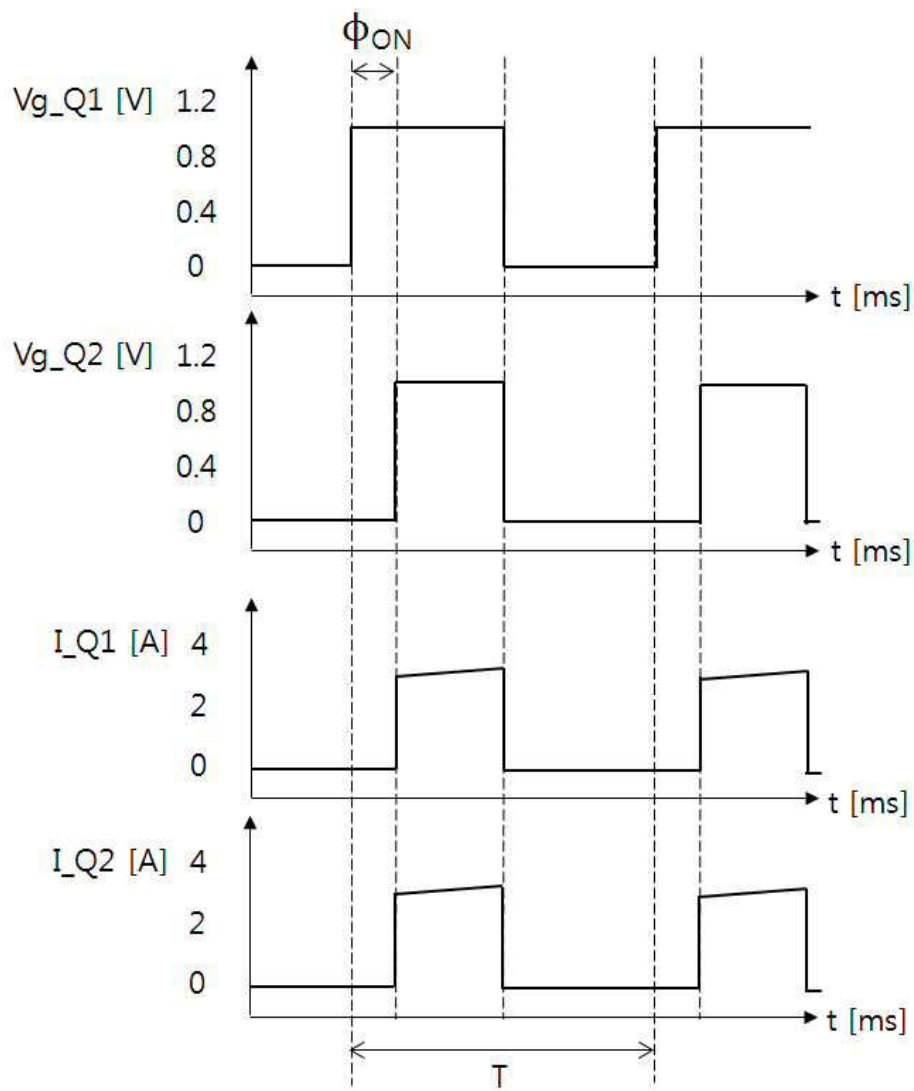
도면4



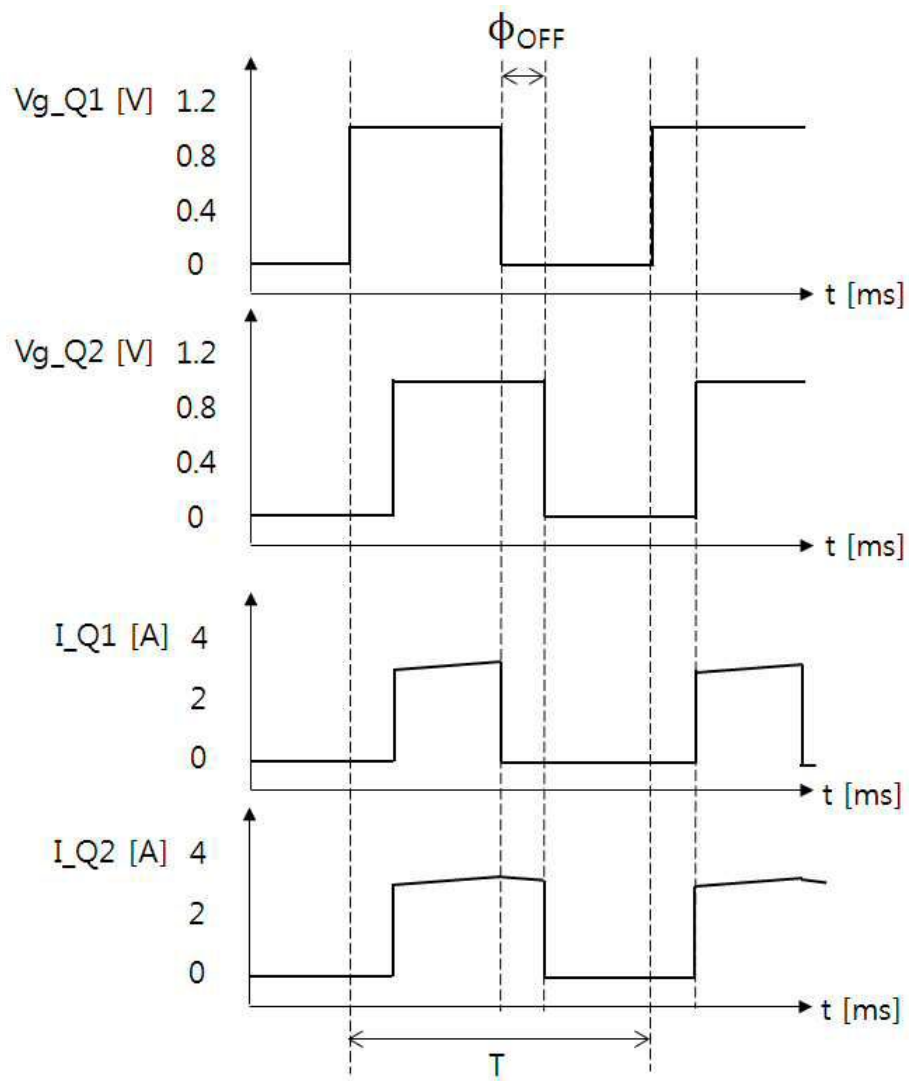
도면5



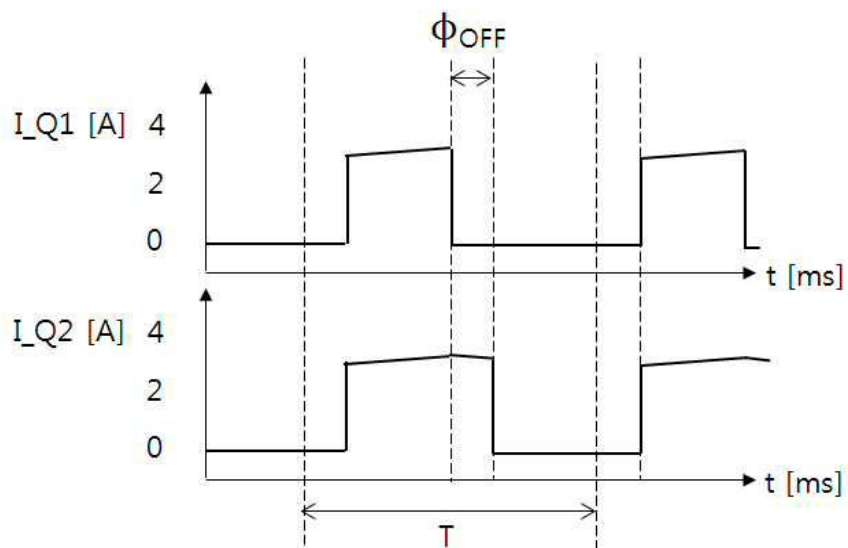
도면6



도면7



도면8



도면9

