



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년08월30일  
(11) 등록번호 10-2016429  
(24) 등록일자 2019년08월26일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H02M 3/335 (2006.01) H02M 1/08 (2006.01)  
H02M 1/42 (2007.01)
- (52) CPC특허분류  
H02M 3/335 (2013.01)  
H02M 1/08 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2018-0015094
- (22) 출원일자 2018년02월07일  
심사청구일자 2018년02월07일
- (65) 공개번호 10-2019-0095733
- (43) 공개일자 2019년08월16일
- (56) 선행기술조사문헌  
KR101415169 B1

- (73) 특허권자  
한경대학교 산학협력단  
경기도 안성시 중앙로 327(석정동)
- (72) 발명자  
이우철  
경기도 의왕시 내손중앙로 11, 1101동 703호(내손동, 대림e편한세상아파트)
- (74) 대리인  
특허법인 이노

김춘택 외. “낮은 전압 스트레스의 스위치를 가지는 1-stage 비대칭 LLC 공진형 컨버터”. 전기학회 논문지. 2013.  
H. Ma et al. “A Single-Stage PFM-APWM Hybrid Modulated Soft-Switched Converter With Low Bus Voltage for High-Power LED Lighting Applications”. IEEE. 2017.  
신건 외. “LED 조명용 디밍 가능한 LLC 공진형 컨버터에 관한 연구”. 전력전자학회 논문지. 2017.

전체 청구항 수 : 총 4 항

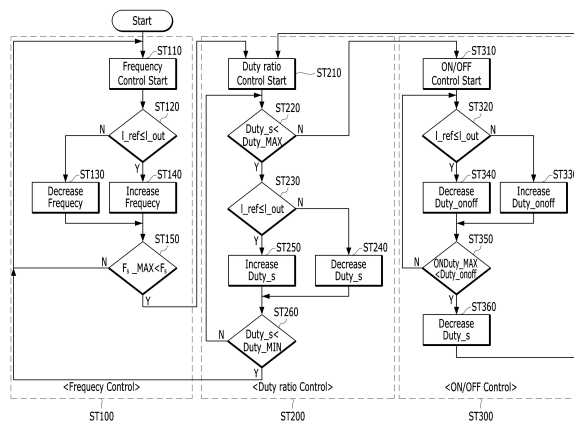
심사관 : 남배인

(54) 발명의 명칭 넓은 범위의 디밍을 위한 비대칭 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터

(57) 요약

본 발명은 LED의 장점인 긴 수명성과 전력 및 광 효율이 높은 점을 충분히 발휘할 수 있도록 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터가 넓은 범위의 디밍 제어를 가능하게 하는 넓은 범위의 디밍을 위한 비대칭 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터에 관한 것으로서, 상용전원의 정류 출력단에 설치되는 역률 보정용 인덕터와, 상기 역률 보정용 인덕터(뒷면에 계속)

대표도



터의 출력측에 설치되는 제1 스위칭소자 및 제2 스위칭소자와, 상기 제1 스위칭소자 및 상기 제2 스위칭소자 각각에 연결되는 제1 버스 커패시터 및 제2 버스 커패시터를 포함하는 역률 개선 회로부; 상기 역률 개선 회로부에 연결되어 공진 출력을 발생시키는 LLC 공진 회로부; 상기 공진 회로부의 출력을 정류하여 LED에 공급하는 출력 회로부; 및 상기 제1 스위칭소자 및 상기 제2 스위칭소자에 개별적으로 스위칭신호를 인가하는 제어부를 포함하는 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터에 있어서, 상기 제어부는, (a) 상기 제1 스위칭소자 및 상기 제2 스위칭소자에 스위칭 주파수가 제어된 PWM 신호를 인가하여 LED 부하에 공급되는 전류를 제어하는 스위칭 주파수 제어모드와, (b) 상기 제1 스위칭소자의 턴 온 시간과 상기 제2 스위칭소자의 턴 온 시간의 비에 해당하는 스위칭 듀티비를 비대칭으로 제어하는 스위칭 듀티비 제어모드와, (c) 상기 제2 스위칭소자의 온/오프 듀티비를 고정시키고 상기 제1 스위칭소자의 온/오프 듀티비만을 제어하는 온/오프 제어모드를 포함하며, 상기 스위칭 주파수 제어모드, 상기 스위칭 듀티비 제어모드, 및 상기 온/오프 제어모드 중 어느 하나의 제어모드로 동작하는 것을 특징으로 한다.

본 발명에 따르면, 비대칭 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터를 적용하여 스위칭소자의 개수를 줄이고 장치의 효율을 높이면서 버스 커패시터의 전압 스트레스를 줄일 수 있으며, PFC를 정상 범주에서 동작시키면서 스위칭 주파수 제어 영역, 스위칭 듀티비 제어 영역, 상단 스위칭소자의 ON/OFF 제어 영역을 결합하여 출력 이득을 조절함으로써 최대한 넓은 범위의 디밍 제어를 가능하게 함으로써, LED의 장점을 극대화 할 수 있고 LED의 디밍 범위를 최대한 넓게 할 수 있는 효과가 있다.

(52) CPC특허분류

*H02M 1/4225* (2013.01)

*Y02B 70/126* (2013.01)

*Y02B 70/1433* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 C0512432

부처명 중소벤처기업부

연구관리전문기관 중소기업기술정보진흥원

연구사업명 산학연협력 기술개발사업 도약 기술개발사업

연구과제명 프로그램이 가능한 고효율 LED 컨버터 개발

기 여 율 1/1

주관기관 (주)인터파워

연구기간 2017.06.01 ~ 2018.05.31

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

상용전원의 정류 출력단에 설치되는 역률 보정용 인덕터와, 상기 역률 보정용 인덕터의 출력측에 설치되는 제1 스위칭소자 및 제2 스위칭소자와, 상기 제1 스위칭소자 및 상기 제2 스위칭소자 각각에 연결되는 제1 버스 커패시터 및 제2 버스 커패시터를 포함하는 역률 개선 회로부; 상기 역률 개선 회로부에 연결되어 공진 출력을 발생시키는 LLC 공진 회로부; 상기 공진 회로부의 출력을 정류하여 LED에 공급하는 출력 회로부; 및 상기 제1 스위칭소자 및 상기 제2 스위칭소자에 개별적으로 스위칭신호를 인가하는 제어부를 포함하는 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터에 있어서,

상기 제어부는,

- (a) 상기 제1 스위칭소자 및 상기 제2 스위칭소자에 스위칭 주파수가 제어된 PWM 신호를 인가하여 LED 부하에 공급되는 전류를 제어하는 스위칭 주파수 제어모드와,
- (b) 상기 제1 스위칭소자의 턴 온 시간과 상기 제2 스위칭소자의 턴 온 시간의 비에 해당하는 스위칭 듀티비를 비대칭으로 제어하는 스위칭 듀티비 제어모드와,
- (c) 상기 제2 스위칭소자의 온/오프 듀티비를 고정시키고 상기 제1 스위칭소자의 온/오프 듀티비만을 제어하는 온/오프 제어모드를 포함하며,

상기 스위칭 주파수 제어모드, 상기 스위칭 듀티비 제어모드, 및 상기 온/오프 제어모드 중 어느 하나의 제어모드로 동작하되, 초기에는 상기 주파수 제어모드로 동작하며, 상기 스위칭 주파수가 상기 스위칭 주파수 상한값을 초과하는 경우 상기 스위칭 듀티비 제어모드로 전환하고, 상기 스위칭 듀티비 제어모드로 동작하는 중에, 상기 스위칭 듀티비가 미리 정해진 스위칭 듀티비 상한값 이상인 경우 상기 스위칭 듀티비 제어모드에서 상기 온/오프 듀티비 제어모드로 전환하며, 상기 스위칭 듀티비가 미리 정해진 스위칭 듀티비 하한값 미만인 경우 상기 스위칭 듀티비 제어모드에서 상기 스위칭 주파수 제어모드로 전환하는 넓은 범위 디밍을 위한 비대칭 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터.

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

삭제

**청구항 4**

제1항에 있어서,

상기 스위칭 듀티비는 상기 제1 스위칭소자의 턴 온 시간이 상기 제2 스위칭소자의 턴 온 시간에 비해 상대적으로 더 길게 설정되는 넓은 범위 디밍을 위한 비대칭 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터.

**청구항 5**

제4항에 있어서,

상기 스위칭 듀티비 상한값은 상기 제1 스위칭소자의 턴 온 시간 대비 상기 제2 스위칭소자의 턴 온 시간이 '0.9:0.1'을 나타내는 값이며,

상기 스위칭 듀티비 하한값은 상기 제1 스위칭소자의 턴 온 시간 대비 상기 제2 스위칭소자의 턴 온 시간이

'0.8:0.2'를 나타내는 값인 넓은 범위 디밍을 위한 비대칭 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터.

**청구항 6**

제1항, 제4항 및 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제어부는 상기 온/오프 제어모드로 동작하는 중에, 상기 제1 스위칭소자의 온/오프 듀티비가 미리 정해진 온 듀티 상한값을 초과하는 경우 상기 스위칭 듀티비를 감소시킨 후에 상기 스위칭 듀티비 제어모드로 전환하는 넓은 범위 디밍을 위한 비대칭 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 LLC 공진 컨버터에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 PFC 스테이지와 DC-DC 스테이지를 결합한 형태의 단일 스테이지 토폴로지와 LLC 공진회로를 사용하여 높은 효율을 갖도록 한 넓은 범위 디밍을 위한 비대칭 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 화석연료 고갈 및 환경적인 문제가 크게 대두 되며 산업분야 전반에 걸쳐 전력 손실을 최소화하는 것이 주된 목표가 되었다. 전체 전력소비량의 약 19%를 차지하는 조명분야에서도 전력효율을 보다 높이기 위해 형광등 및 백열등을 대체하여 LED를 조명기구로 사용하는 것이 큰 이슈가 되고 있다. LED 조명기구는 식물 재배, 의료용, 기구조명 등 매우 광범위한 분야에서 범용성 있게 사용될 수 있는 장점이 있다.

[0003] 대한민국 등록특허 제10-1043476호는 LED용 PWM 디밍 구동회로를 제안하고 있다. 동 선행문헌을 참조하면, 역률 개선 회로(PFC: Power Factor Correction)에 DC-DC 컨버터와 LED 드라이버를 결합한 LED용 PWM 디밍 구동회로에 관한 것으로, LED 디밍 제어시 소프트 스타트 제어를 사용하지 않고 제어기의 빠른 응답특성을 이용한 제어 명령을 통해 하드 스위칭 문제를 해결하고 있다.

[0004] 하지만, PWM 제어 방식은 주파수를 높일수록 출력 이득을 조절할 수 있는 장점에 반해, 손실이 커지는 것을 방지하기 위해 주파수를 무한정 높일 수가 없다는 단점이 있으며, 이러한 단점에 의해 디밍 범위가 좁아지는(예컨대, 100% ~ 50%의 범위) 문제점이 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0005] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-1043476호

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0006] 본 발명은 LED의 장점을 극대화하기 위하여 LED의 디밍 범위를 최대한 넓게 할 수 있는 LLC 공진형 컨버터를 제공하고자 하는 것으로서, 비대칭 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터를 적용하여 스위칭소자의 개수를 줄이고 장치의 효율을 높이면서 버스 커패시터의 전압 스트레스를 줄일 수 있으며, PFC를 정상 범주에서 동작시키면서 스위칭 주파수 제어 영역, 스위칭 듀티비 제어 영역, 상단 스위칭소자의 ON/OFF 제어 영역을 결합하여 출력 이득을 조절함으로써 최대한 넓은 범위의 디밍 제어를 가능하게 하는 넓은 범위 디밍을 위한 비대칭 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터를 제공함에 그 목적이 있다.

**과제의 해결 수단**

[0007] 본 발명의 일실시예에 따른 넓은 범위 디밍을 위한 비대칭 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터는, 상용전원의 정류 출력단에 설치되는 역률 보정용 인덕터와, 상기 역률 보정용 인덕터의 출력측에 설치되는 제1 스위칭소자 및

제2 스위칭소자와, 상기 제1 스위칭소자 및 상기 제2 스위칭소자 각각에 연결되는 제1 버스 커패시터 및 제2 버스 커패시터를 포함하는 역률 개선 회로부; 상기 역률 개선 회로부에 연결되어 공진 출력을 발생시키는 LLC 공진 회로부; 상기 공진 회로부의 출력을 정류하여 LED에 공급하는 출력 회로부; 및 상기 제1 스위칭소자 및 상기 제2 스위칭소자에 개별적으로 스위칭신호를 인가하는 제어부를 포함하는 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터에 있어서, 상기 제어부는, (a) 상기 제1 스위칭소자 및 상기 제2 스위칭소자에 스위칭 주파수가 제어된 PWM 신호를 인가하여 LED 부하에 공급되는 전류를 제어하는 스위칭 주파수 제어모드와, (b) 상기 제1 스위칭소자의 턴 온 시간과 상기 제2 스위칭소자의 턴 온 시간의 비에 해당하는 스위칭 듀티비를 비대칭으로 제어하는 스위칭 듀티비 제어모드와, (c) 상기 제2 스위칭소자의 온/오프 듀티비를 고정시키고 상기 제1 스위칭소자의 온/오프 듀티비만을 제어하는 온/오프 제어모드를 포함하며, 상기 스위칭 주파수 제어모드, 상기 스위칭 듀티비 제어모드, 및 상기 온/오프 제어모드 중 어느 하나의 제어모드로 동작한다.

[0008] 본 발명의 다른 실시예에 따른 넓은 범위 디밍을 위한 비대칭 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터는, 상기 제어부는 초기에는 상기 주파수 제어모드로 동작하며, 상기 스위칭 주파수가 상기 스위칭 주파수 상한값을 초과하는 경우 상기 스위칭 듀티비 제어모드로 전환한다.

[0009] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 넓은 범위 디밍을 위한 비대칭 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터는, 상기 제어부는 상기 스위칭 듀티비 제어모드로 동작하는 중에, 상기 스위칭 듀티비가 미리 정해진 스위칭 듀티비 상한값 이상인 경우 상기 스위칭 듀티비 제어모드에서 상기 온/오프 듀티비 제어모드로 전환하며, 상기 스위칭 듀티비가 미리 정해진 스위칭 듀티비 하한값 미만인 경우 상기 스위칭 듀티비 제어모드에서 상기 스위칭 주파수 제어모드로 전환한다.

[0010] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 넓은 범위 디밍을 위한 비대칭 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터는, 상기 스위칭 듀티비는 상기 제1 스위칭소자의 턴 온 시간이 상기 제2 스위칭소자의 턴 온 시간에 비해 상대적으로 더 길게 설정된다.

[0011] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 넓은 범위 디밍을 위한 비대칭 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터는, 상기 스위칭 듀티비 상한값은 상기 제1 스위칭소자의 턴 온 시간 대비 상기 제2 스위칭소자의 턴 온 시간이 '0.9:0.1'을 나타내는 값이며, 상기 스위칭 듀티비 하한값은 상기 제1 스위칭소자의 턴 온 시간 대비 상기 제2 스위칭소자의 턴 온 시간이 '0.8:0.2'를 나타내는 값이다.

[0012] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 넓은 범위 디밍을 위한 비대칭 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터는, 상기 제어부는 상기 온/오프 제어모드로 동작하는 중에, 상기 제1 스위칭소자의 온/오프 듀티비가 미리 정해진 온 듀티 상한값을 초과하는 경우 상기 스위칭 듀티비를 감소시킨 후에 상기 스위칭 듀티비 제어모드로 전환한다.

[0013]

**발명의 효과**

[0014] 본 발명의 넓은 범위의 디밍을 위한 비대칭 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터에 따르면, 비대칭 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터를 적용하여 스위칭소자의 개수를 줄이고 장치의 효율을 높이면서 버스 커패시터의 전압 스트레스를 줄일 수 있으며, PFC를 정상 범주에서 동작시키면서 스위칭 주파수 제어 영역, 스위칭 듀티비 제어 영역, 상단 스위칭소자의 ON/OFF 제어 영역을 결합하여 출력 이득을 조절함으로써 최대한 넓은 범위의 디밍 제어를 가능하게 함으로써, LED의 장점을 극대화 할 수 있고 LED의 디밍 범위를 최대한 넓게 할 수 있는 효과가 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0015] 도 1은 2 스테이지 LLC 공진 컨버터를 예시한 회로도로서, LED 디밍 제어를 위해 범용적으로 사용되는 회로도,  
 도 2는 본 발명이 적용되는 단일 스테이지 LLC 공진 컨버터를 예시한 회로도,  
 도 3은 본 발명에 따라 넓은 범위 디밍을 위한 비대칭 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터를 동작시키는 방법을 예시한 흐름도,  
 도 4는 본 발명에서 온/오프 제어모드에 따른 동작 파형을 예시한 파형도,  
 도 5는 스위칭 주파수 제어모드에서의 컨버터 동작 파형을 나타낸 파형도,

- 도 6은 스위칭 듀티비 제어모드에서의 컨버터 동작 파형을 나타낸 파형도,
- 도 7은 온/오프 제어모드에서의 컨버터 동작 파형을 나타낸 파형도,
- 도 8은 본 발명을 실험하는데 사용된 LED 부하를 예시한 도면,
- 도 9는 비대칭 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터의 프로토 타입을 예시한 도면,
- 도 10은 스위칭 주파수 제어모드에서 비대칭 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터의 실험 파형을 나타낸 파형도,
- 도 11은 스위칭 듀티비 제어모드에서 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터를 실험한 파형을 나타내는 파형도,
- 도 12는 온/오프 제어모드에서 비대칭 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터의 실험 파형을 나타낸 파형도,
- 도 13은 본 발명에 의해 넓은 디밍 범위를 갖는 LED 조명용 비대칭 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터의 각 제어 영역별 동작 파형을 나타내는 파형도, 및
- 도 14는 본 발명에 의해 넓은 디밍 범위를 갖는 LED 조명용 비대칭 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터의 부하 변동에 따른 동작 특성을 나타내는 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0016] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 구체적인 실시예가 설명된다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대하여 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물, 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0017] 명세서 전체에 걸쳐 유사한 구성 및 동작을 갖는 부분에 대해서는 동일한 도면 부호를 붙였다. 그리고 본 발명에 첨부된 도면은 설명의 편의를 위한 것으로서, 그 형상과 상대적인 척도는 과장되거나 생략될 수 있다.
- [0018] 실시예를 구체적으로 설명함에 있어서, 중복되는 설명이나 당해 분야에서 자명한 기술에 대한 설명은 생략되었다. 또한, 이하의 설명에서 어떤 부분이 다른 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 기재된 구성요소 외에 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0019] 또한, 명세서에 기재된 "~부", "~기", "~모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다. 또한, 어떤 부분이 다른 부분과 전기적으로 연결되어 있다고 할 때, 이는 직접적으로 연결되어 있는 경우뿐만 아니라 그 중간에 다른 구성을 사이에 두고 연결되어 있는 경우도 포함한다.
- [0020] 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. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제2 구성요소는 제1 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제1 구성요소도 제2 구성요소로 명명될 수 있다.
- [0021] 도 1은 2 스테이지 LLC 공진 컨버터를 예시한 회로도로서, LED 디밍 제어를 위해 범용적으로 사용되는 회로도를 예시한 것이다.
- [0022] 도 1을 참조하면, 2 스테이지(Two-Stage) LLC 공진 컨버터는 상용전원(110)을 공급받아 작동하며, 필터 회로부(120)와, 입력단 정류 회로부(130)와, 역률 개선 회로부(140)와, LLC 공진 회로부(150)와, 출력단 정류 회로부(170)로 구성된다.
- [0023] 필터 회로부(120)는 전원 입력단 일측에 설치되는 필터 인덕터(Lf)와, 이 필터 인덕터(Lf)에 병렬 접속되는 필터 커패시터(Cf)로 구성된다. 필터 회로부(120)는 후술하는 역률 보정용 인덕터(Lin)에 의해 발생하는 전류에 대하여 고조파 성분을 제거하고 필터링하는 회로이다.
- [0024] 입력단 정류회로부(130)는 교류 입력전원을 정류하여 직류 성분으로 변환하는 구성으로, 예를 들어 교류 입력을 전파 정류하는 풀-브리지 다이오드(Full Bridge Diode)로 구성될 수 있다.
- [0025] 역률 개선 회로부(140)는 직류 입력단의 일측에 설치되는 역률 보정용 인덕터(Lin)와, 역률 보정용 인덕터(Lin)의 출력측에 접속되는 3개의 스위칭소자(Q1, Q2, Q3)와, 스위칭소자 Q1에 병렬 연결되는 버스 커패시터(Cbus)로 구성된다.
- [0026] 제어부(도시 안됨)는 3개의 스위칭소자(Q1, Q2, Q3) 각각에 트리거 신호를 인가하여 역률 개선 회로부(140)의

출력 전류를 제어한다.

- [0027] LLC 공진 회로부(150)는 공진 커패시터(Cr)와, 공진 인덕터(Lr)와, 자화 인덕터(Lm)와, 변압기(160)로 구성된다. 공진 커패시터(Cr)와 공진 인덕터(Lr)는 역률 개선 회로부(140)에서 출력된 전류의 주파수를 공진시킨다. 변압기(160)는 공진 주파수의 출력과 부하 측 사이에 절연 상태를 유지하면서, 출력을 부하에 공급한다. 변압기(160)는 공진 인덕터(Lr) 및 자화 인덕터(Lm)을 포함하여 설계될 수 있다.
- [0028] 출력단 정류 회로부(170)는 반파 또는 전파 정류 회로로 구성되며, 출력단 정류 회로부(170)에 병렬로 출력 커패시터(Co)가 설치되어 출력 전류를 평활하여 LED 어레이(180)에 제공한다.
- [0029] 도 1에 도시된 2 스테이지 LLC 공진 컨버터는 3개의 스위칭소자(Q1~Q3)를 제어함으로써 역률 개선 성능이 뛰어나지만, 구동회로의 부피가 커지고 스위칭소자의 수가 많아 불필요한 스위칭 손실이 발생하는 문제가 있다. 한편, 단일 스테이지 LLC 공진 컨버터는 2 스테이지 LLC 공진 컨버터에 비해 스위칭소자를 줄임으로써 LED의 장점인 장수명성과 고효율 특성을 발휘하는데 더 적합하다. 다만, 스위칭소자 및 버스 커패시터에 걸리는 전압 스트레스가 문제시 될 수 있다.
- [0030] 본 발명은 위와 같은 문제를 비대칭 동작으로 해결하고, 단일 스테이지 LLC 공진 컨버터를 3가지 제어모드로 동작시켜 디밍 범위를 최대한 넓게 할 수 있는 컨버터 및 그 동작방법을 제안한다.
- [0031] 도 2는 본 발명이 적용되는 단일 스테이지 LLC 공진 컨버터를 예시한 회로도이다.
- [0032] 도 2를 참조하면, 단일 스테이지(Single-Stage) LLC 공진 컨버터는 앞서 설명한 바와 마찬가지로 상용전원(210)을 공급받아 작동하며, 필터 회로부(220)와, 입력단 정류 회로부(230)와, 역률 개선 회로부(240)와, LLC 공진 회로부(250)와, 출력단 정류 회로부(270)로 구성되며, LED 어레이(280)를 구동시킨다.
- [0033] 다른 회로 구성들은 앞서 설명한 2 스테이지 LLC 공진 컨버터와 동일하지만, 역률 개선 회로부(240)는 단일 스테이지로 구성된다.
- [0034] 도 2를 참조하면, 역률 개선 회로부(240)는 역률 보정용 인덕터(Lin)와, 제1 스위칭소자(Q1)와, 제2 스위칭소자(Q2)와, 제1 버스 커패시터(Cbus1)와, 제2 버스 커패시터(Cbus2)로 구성된다.
- [0035] 제1 스위칭소자(Q1)는 역률 보정용 인덕터(Lin)의 출력측(플러스 단)과 입력단 정류 회로부(230)의 마이너스 단 사이에 연결되며, 제2 스위칭소자(Q2)는 제1 스위칭소자(Q1)의 마이너스 단과 플러스 단 사이에 연결된다. 제1 버스 커패시터(Cbus1)는 플러스 단과 마이너스 단 사이에서 제1 스위칭소자(Q1)와 병렬 연결되며, 제2 버스 커패시터(Cbus2)는 마이너스 단과 플러스 단 사이에서 제2 스위칭소자(Q2)와 병렬 연결된다.
- [0036] 제어부(도시 안됨)는 제1 스위칭소자(Q1)에 대하여 제1 트리거 신호를 전달하여 턴 온/오프 제어하며, 제2 스위칭소자(Q2)에 대하여 제2 트리거 신호를 전달하여 턴 온/오프 제어한다. 제1 트리거 신호와 제2 트리거 신호는 동시에 인가되지 않는다.
- [0037] 역률 보정용 인덕터(Lin)는 입력단 정류 회로부(230)에서 정류된 전압을 수신하고, 제1 스위칭소자(Q1)가 턴 온 될 때 전류 흐름에 의한 자기를 충전하고, 제2 스위칭소자(Q2)가 턴 온 될 때 충전된 자기에 따라 전류를 출력할 수 있다.
- [0038] 바람직하게는, 제1 스위칭소자(Q1) 및 제2 스위칭소자(Q2)는 온/오프 시에 발생할 수 있는 손실을 줄이기 위해 영전압 스위칭(ZVS: Zero Voltage Switching) 된다. ZVS는 스위칭 손실을 줄이는 동시에 스위칭 주파수에 영향을 받는 소자들을 소형화 할 수 있도록 한다.
- [0039] 제1 버스 커패시터(Cbus1) 및 제2 버스 커패시터(Cbus2)는 제2 스위칭소자(Q2)가 턴 온 될 경우, 커패시터 양단에 출력되는 전류의 전압을 인가받는다. 이때 인가되는 전압은 제1 스위칭소자(Q1)에 인가되는 내압일 수 있다.
- [0040] 도 3은 본 발명에 따라 넓은 범위 디밍을 위한 비대칭 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터를 동작시키는 방법을 예시한 흐름도이다.
- [0041] 본 발명은 LED의 장점인 긴 수명성과 전력 및 광 효율이 높은 점을 충분히 발휘할 수 있도록 도 2에 예시된 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터를 채용하였다. 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터는 스위칭소자의 개수를 줄여 스위칭소자에서의 손실을 최소화 할 수 있고, 장치의 경박단소화를 가능하게 하는 이점이 있다.
- [0042] 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터에서 스위칭소자에 걸리는 전압 스트레스는 ZVS 동작을 통해 해소할 수 있다. 또한, ZVS는 스위칭 주파수에 영향을 받는 소자들의 소형 설계를 가능하게 한다.

- [0043] 나아가, 본 발명은 LED 구동회로에서 전 범위에 걸친 디밍 제어를 가능하게 하기 위하여, PFC를 정상 범주에서 동작시키면서 스위칭 주파수 제어모드(ST100), 스위칭 듀티비 제어모드(ST200), 제1 스위칭소자(Q1)의 ON/OFF 제어모드(ST300)를 결합한 3가지 동작 모드로 제어부를 동작시키는 방법을 제안한다. 이하에서는 도 2의 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터가 비대칭 동작 및 위의 3가지 동작 모드로 동작하는 과정에 대하여 설명한다.
- [0044] 도 3을 참조하면, 제어부는 초기에 스위칭 주파수 제어모드로 동작을 개시한다(ST110). 스위칭 주파수 제어모드에서, 제어부는 PWM(Pulse Width Modulation) 신호를 통해 제1 스위칭소자(Q1) 및 제2 스위칭소자(Q2)에 트리거 신호를 인가한다. 스위칭 주파수 제어모드에서의 동작 과정은 다음과 같다.
- [0045] 미리 설정된 기준 전류( $I_{ref}$ )와 출력 커패시터( $C_o$ )에서 측정되는 출력 전류( $I_{out}$ )를 비교하여 출력 전류( $I_{out}$ )가 기준 전류( $I_{ref}$ ) 이상인지를 판단한다(ST120). 만약 '아니오'일 경우 단계 ST130으로 진행하여 각 스위칭소자(Q1, Q2)에 인가되는 PWM 신호의 스위칭 주파수( $F_s$ )를 감소시킨다(ST130). 만약 '예'일 경우 단계 ST140으로 진행하여 스위칭 주파수( $F_s$ )를 증가시킨다(ST140).
- [0046] 단계 ST130 또는 ST140을 수행한 이후에는, 스위칭 주파수( $F_s$ )가 미리 정해진 스위칭 주파수 상한값( $F_{s\_MAX}$ )을 초과하는지를 판단한다(ST150). PWM 디밍 제어는 스위칭 주파수( $F_s$ )를 높일수록 출력 이득을 조절할 수 있는 장점이 있지만, 손실 등의 이유로 스위칭 주파수( $F_s$ )를 무한정 높일 수 없다. 따라서 손실을 최소화 하기 위하여 스위칭 주파수( $F_s$ )에 제한을 두어야 한다. 이와 같은 제한은 LED 구동회로에서 디밍 범위를 좁아지게 하는 원인이 된다. 스위칭 주파수 상한값( $F_{s\_MAX}$ )은 손실을 최소화 하면서 출력 이득을 조절할 수 있는 제한값으로 정해질 수 있다.
- [0047] 단계 ST150에서 '아니오'로 판단된 경우, 즉, 스위칭 주파수( $F_s$ )가 스위칭 주파수 상한값( $F_{s\_MAX}$ )을 초과하지 않는다면, 단계 ST110으로 복귀하여 스위칭 주파수 제어모드를 계속하여 수행한다. 만약, 단계 ST150에서 '예'로 판단되면 단계 ST210으로 진행하여 스위칭 듀티비 제어모드로 전환한다.
- [0048] 단계 ST210에서 스위칭 듀티비 제어모드가 개시된다(ST210). 스위칭 듀티비는 상단 스위칭소자인 제1 스위칭소자(Q1)의 턴 온 시간과 하단 스위칭소자인 제2 스위칭소자(Q2)의 턴 온 시간의 비로 결정된다. 이때, 스위칭 듀티비는 제1 스위칭소자(Q1)의 턴 온 시간이 상대적으로 더 긴 비대칭 방식으로 결정된다. 예를 들어, 스위칭 듀티비는 '0.8:0.2'에서 '0.9:0.1'까지 유동적으로 변경된다.
- [0049] 단계 ST220에서 스위칭 듀티비(Duty\_s)가 미리 정해진 스위칭 듀티비 상한값(Duty\_MAX) 미만인지를 판단한다(ST220). 스위칭 듀티비 상한값(Duty\_MAX)은 예컨대, '0.9:0.1'의 듀티비를 나타내는 값이다. 이와 같이 스위칭 듀티비 상한값(Duty\_MAX)을 규정하여 제한하는 것은 스위칭 듀티비(Duty\_s)가 극단적으로 커지면, 즉, 상/하단 스위칭 듀티의 차이가 극단적으로 커지면 PFC 동작이 정상적으로 수행되지 못하는 문제가 발생되기 때문이다. 이는 단일 스테이지 컨버터 토폴로지가 PFC 동작과 컨버터 동작을 같이 수행하기 때문에 발생하는 문제로서, 이와 같은 제한에 기인하여 스위칭 듀티비 제어에서 디밍 범위에 대한 제약이 발생한다.
- [0050] 단계 ST220의 판단 결과, '아니오'로 판단되면 단계 ST310으로 진행하여 ON/OFF 제어모드로 전환한다. ON/OFF 제어모드에 관한 구체적인 설명은 후술한다. 단계 ST220에서 만약 '예'로 판단되면 단계 ST230으로 진행한다.
- [0051] 단계 ST230에서 기준 전류( $I_{ref}$ )와 출력 전류( $I_{out}$ )를 비교하여 출력 전류( $I_{out}$ )가 기준 전류( $I_{ref}$ ) 이상인지를 판단한다(ST230). 만약 '아니오'일 경우 단계 ST240으로 진행하여 스위칭 듀티비(Duty\_s)를 감소시킨다(ST240). 만약 '예'일 경우 단계 ST250으로 진행하여 스위칭 듀티비(Duty\_s)를 증가시킨다(ST250).
- [0052] 단계 ST240 또는 ST250을 수행한 다음에는 스위칭 듀티비(Duty\_s)가 미리 정해진 스위칭 듀티비 하한값(Duty\_MIN) 미만인지를 판단한다(ST260). 스위칭 듀티비 하한값(Duty\_MIN)은 예컨대, '0.8:0.2'의 듀티비를 나타내는 값이다. 스위칭 듀티비(Duty\_MIN)가 하한값보다 낮아지는 경우 버스 커패시터(Cbus1, Cbus2)에 걸리는 전압이 높아지고 스위칭소자(Q1, Q2)의 전압 스트레스가 증가할 수 있다. 스위칭 듀티비 하한값(Duty\_MIN)은 스위칭소자(Q1, Q2)의 전압 스트레스 증가를 방지하기 위해 제1 스위칭소자(Q1)의 턴 온 시간이 충분히 유지될 수 있도록 결정될 수 있다.
- [0053] 단계 ST260에서 '아니오'로 판단되면, 스위칭 듀티비(Duty\_s)가 설정된 범위 내에 있음을 의미하므로, 단계 ST220으로 복귀하여 스위칭 듀티비 제어모드를 반복한다. 만약 단계 ST260에서 '예'로 판단되면 단계 ST110으로 진행되어 상술한 스위칭 주파수 제어모드로 전환된다.
- [0054] 앞서 설명한 바와 같이, 스위칭 듀티비(Duty\_s)가 스위칭 듀티비 상한값(Duty\_MAX) 이상으로 올라가면, 온/오프 제어모드로 전환된다. 단계 ST310에서 온/오프 제어모드가 개시된다(ST310).

- [0055] 여기서, 온/오프 제어모드라 함은 제2 스위칭소자(Q2)에 대한 온/오프 듀티비를 고정시켜 지속적인 부스트 및 PFC 동작을 수행하도록 함으로써 정상적인 PFC 기능을 유지하도록 하고, 제1 스위칭소자(Q1)만을 가변되는 온/오프 듀티비(Duty\_onoff)로 제어하여 출력이득을 조절하는 모드를 의미한다. 이와 같은 온/오프 제어모드를 부가함으로써, LED 구동회로에 적용될 경우 LED를 가능한 최대 폭으로 디밍 제어할 수 있게 된다.
- [0056] 단계 ST320에서 기준 전류(I\_ref)와 출력 전류(I\_out)를 비교하여 출력 전류(I\_out)가 기준 전류(I\_ref) 이상인지를 판단한다(ST320). 만약 '아니오'일 경우 단계 ST330으로 진행하여 제1 스위칭소자(Q1)에 대한 온/오프 듀티비(Duty\_onoff)를 증가시킨다(ST330). 만약 '예'일 경우 단계 ST340으로 진행하여 제1 스위칭소자(Q1)에 대한 온/오프 듀티비(Duty\_s)를 감소시킨다(ST340).
- [0057] 단계 ST330 또는 단계 ST340을 수행한 이후에는 제1 스위칭소자(Q1)에 대한 온/오프 듀티비(Duty\_onoff)가 온 듀티 상한값(OnDuty\_MAX)을 초과하는지를 판단한다(ST350). 만약, 온 듀티 상한값(OnDuty\_MAX)을 초과하지 않는다면 단계 ST320으로 복귀하여 온/오프 제어모드를 반복한다.
- [0058] 만약, 제1 스위칭소자(Q1)에 대한 온/오프 듀티비(Duty\_onoff)가 온 듀티 상한값(OnDuty\_MAX)을 초과한다면, 스위칭 듀티비(Duty\_s)를 감소시키고(ST360), 단계 ST210으로 진행하여 스위칭 듀티비 제어모드로 전환함으로써 출력 이득을 조절한다.
- [0059] 도 4는 본 발명에서 온/오프 제어모드에 따른 동작 파형을 예시한 파형도이다.
- [0060] 도 4를 참조하면, 제1 스위칭소자(Q1)에 대한 온/오프 듀티비가 '0.5:0.5'를 예시한 것으로, 파형도 상단의 온/오프 주기 오프 구간에서는 제1 스위칭소자(Q1)가 온 되지 아니한다. 온/오프 주기 온 구간에서는 제1 스위칭소자(Q1) 및 제2 스위칭소자(Q2)가 스위칭 듀티비(Duty\_s)에 의해 교호로 턴 온 된다.
- [0061] 본 발명에 따른 넓은 범위의 디밍을 위한 비대칭 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터 및 그 동작방법을 시뮬레이션 하고 실험하기 위해 아래의 <표1>과 같은 파라미터가 사용되었다. 입력전원은 상용전원(210)의 절반에 해당하는 110V를 인가하였으며, 스위칭 주파수의 범위는 40kHz 내지 100kHz 까지의 영역으로, 온/오프 주파수의 주기는 500Hz로 설정하였다. 시뮬레이션 및 실험에 사용된 버스 커패시터(Cbus1, Cbus2)와 출력 커패시터(Co)는 충분히 큰 값을 사용하여 전압 리플의 영향이 작도록 하였다. 실험에 사용된 변압기(260)는 누설 인덕턴스와 자화 인덕턴스로 모델링한 결과를 토대로 사용하였으며 이에 따라 시뮬레이션 및 실험을 진행하였다.

**표 1**

[0062] 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터 설계 조건

Parameter	Value
Switching frequency, $f_s$	40~100 [kHz]
Resonant frequency, $f_r$	60 [kHz]
Boost Inductance, $L_m$	34.8 [ $\mu$ H]
Resonant Inductance, $L_r$	7.16 [ $\mu$ H]
Magnetizing Inductance, $L_m$	1.05 [mH]
Resonant Capacitance, $C_r$	33 [nF]
Bus Capacitance, $C_{bus1,2}$	820 [ $\mu$ F]
Output Capacitance, $C_o$	470 [ $\mu$ F]
Input Voltage, $V_{ac}$	110 [Vrms]
Output Voltage, $V_{LED}$	180 [V]
Output Current, $I_{LED}$	0.7 [A]

- [0063] 시뮬레이션은 PSIM 의 DLL 기능을 사용하여 스위칭 주파수와, 스위칭 듀티비와, ON/OFF 주기의 듀티를 통해 출력 이득을 조절할 수 있게 설정하였다. 각각의 제어모드에서 설정한 하한값 및 상한값 조건에 해당할 경우 제어모드를 변경해가며 비대칭으로 동작하는 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터의 동작과 출력 이득의 변화를 확인하였다.
- [0064] 도 5는 스위칭 주파수 제어모드에서의 컨버터 동작 파형을 나타낸 파형도로서, 도 5의 (a)는 스위칭 주파수가

40kHz인 경우, (b)는 스위칭 주파수가 100kHz인 경우의 동작 파형을 나타낸다.

- [0065] 스위칭 주파수 제어모드에서, 비대칭 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터의 스위칭 주파수가 점차적으로 높아질수록 출력 이득이 낮아지므로 기존의 LLC 공진형 컨버터의 이득 특성에 맞게 컨버터가 정상적으로 동작한다. 도 5의 파형도를 통해 40kHz 내지 100kHz 까지로 설정한 스위칭 주파수 범위 내에서 스위칭 주파수 제어를 통해 디밍이 가능함을 알 수 있다.
- [0066] 도 6은 스위칭 듀티비 제어모드에서의 컨버터 동작 파형을 나타낸 파형도로서, 앞서 설정한 스위칭 주파수보다 높은 100kHz 이상의 주파수로 상승하는 경우 주파수 제한을 두어, 스위칭 주파수를 100kHz로 고정시키고 스위칭 듀티비 제어를 통해 동작시킨 파형을 나타낸다.
- [0067] 도 6의 (a)는 제1 스위칭소자(Q1)와 제2 스위칭소자(Q2) 각각에 대한 턴 온 비를 나타내는 스위칭 듀티비가 '0.9:0.1'일 때의 동작 파형이고, (b)는 스위칭 듀티비가 '0.9:0.1'이상으로 동작시켰을 경우의 PFC 파형을 나타낸다.
- [0068] 시뮬레이션의 결과 부스트 동작에 기여하는 제2 스위칭소자(Q2)의 듀티비가 줄어들수록 출력 이득이 감소하며 변경됨을 확인 할 수 있다. 즉, 제1 스위칭소자(Q1)의 듀티비가 커질수록 넓은 범위의 디밍 동작이 가능하다. 하지만, 디밍을 위해 스위칭 듀티비 제어를 지속하다보면 일정 영역에서 도 6의 (b)처럼 PFC 동작이 정상적으로 수행되지 않는 문제가 발생한다는 것을 확인할 수 있다. 이는 단일 스테이지의 컨버터 토폴로지에서 PFC와 DC/DC 컨버터의 역할을 동시에 수행하기 때문에 발생하는 문제점이다. 따라서 이와 같은 문제점을 해결하면서 보다 넓은 디밍이 가능하도록 하기 위해 스위칭 듀티비 제어모드로 정상동작을 하다가, PFC가 정상 동작을 하지 못하는 영역에서는 스위칭 듀티비를 상한값으로 고정시키고 제1 스위칭소자(Q1)만의 온/오프 제어를 통해 PFC 동작은 정상적으로 수행하면서 동시에 디밍이 가능하도록 하였다.
- [0069] 도 7은 온/오프 제어모드에서의 컨버터 동작 파형을 나타낸 파형도로서, 도 7의 (a)는 제1 스위칭소자(Q1)의 온/오프 듀티가 0.8인 경우의 동작 파형을 나타내며, (b)는 본 발명의 온/오프 제어모드에서의 PFC 파형을 나타낸다. 도 7의 시뮬레이션 결과에서 제1 스위칭소자(Q1)의 온/오프 주기는 500Hz로 하였다.
- [0070] 도 7을 참조하면, 앞서의 스위칭 듀티비 제어모드의 문제점이었던 PFC의 정상 동작 불능의 문제가 해결되는 것을 확인할 수 있다. 도 7의 (b)에 도시된 파형에서와 같이 온/오프 구간으로 인해 리플이 다소 발생하지만 PFC의 동작은 정상적으로 이루어진다.
- [0071] 즉, 스위칭 듀티비 제어모드에서 정상 동작을 하다가 PFC의 동작이 불안정해지는 영역에서는 스위칭 듀티비를 상한값으로 고정시키고, 제1 스위칭소자(Q1)만 온/오프 제어를 함으로써, PFC의 정상 동작을 가능하게 하면서 보다 넓은 디밍을 가능하게 하였다.
- [0072] 또한 도 7의 (a)를 통해 출력 이득이 이전의 스위칭 듀티비 제어모드보다 낮아지게 변경되는 것을 확인할 수 있다. 온/오프 제어모드에서 제1 스위칭소자(Q1)가 온 되는 구간의 비율을 줄일수록 출력 이득이 작아지는 것을 확인하였으며, 이를 통해 보다 넓은 범위에서의 디밍이 가능하다는 것을 알 수 있다.
- [0073] 도 8은 본 발명을 실험하는데 사용된 LED 부하를 예시한 도면이며, 도 9는 비대칭 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터의 프로토 타입을 예시한 도면이다.
- [0074] 프로토 타입의 제어에는 150M 클럭을 갖는 TI 사의 'TMS320F28335'를 적용한 제어보드가 사용되었다. AD 보드를 통해 입력 전압 Vac와 입력 전류 Iac, 공진 전류 Lr에 흐르는 전류를 측정하였다.
- [0075] 도 9에 예시된 컨버터의 프로토 타입에 적용된 스위칭소자는 열방출에 대해 우수한 특성을 갖는 CREE 사의 'KIT8020-CRD-8FF1217P-1'(SiC MOSFET Module)로 같은 CREE 사의 SiC MOSFET인 'C2M0080120D' 와 SiC Schottky Diode인 'C4D20120D'가 소자로 내장되어 있다. 실험에 사용된 LED 부하는 도 8과 같은 LG이노텍 사의 LED 모듈로서, 정격이 30[V], 0.7[A], 2.5[W], 60[Hz], 2465[lm] 이고 색온도 5700K, 최대 동작온도 Tc 80인 제품 6개를 직렬로 연결해서 사용하였다.
- [0076] 도 10은 스위칭 주파수 제어모드에서 비대칭 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터의 실험 파형을 나타낸 도면으로, 도 10의 (a)는 주파수 제어모드에서의 실험 파형을, (b)는 대칭형으로 동작했을 경우의 실험 파형을, (c)는 비대칭으로 동작했을 경우의 실험 파형을 각각 나타낸다.
- [0077] 본격적인 실험에 앞서 먼저 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터로 구성된 실험 세트의 이득특성 및 정상적인 동작을 확인하기 위해 공진 주파수를 60kHz로 갖는 본 토폴로지에서 도 10의 (a)와 같이 스위칭 주파수를 40kHz 이

상에서 100kHz까지로 설정하고 이를 스위프(Sweep)시켜 이에 따른 출력의 양상을 확인하였다. 실험의 결과 스위칭 주파수가 낮아질수록 출력 이득이 상승하게 되므로 기존의 LLC 공진형 컨버터의 특성에 맞게 정상 동작되는 것을 확인하였다. 이를 통해 스위칭 주파수 제어를 이용하여 설정한 40kHz에서 100kHz까지 주파수 범위에서 디밍이 가능함을 확인하였다.

- [0078] 다음으로 도 10의 (b)는 스위칭 듀티비를 '0.5:0.5'로 주어 대칭형으로 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터를 동작시켰을 때 파형이고, (c)는 스위칭 듀티비를 '0.8:0.2'로 주어 비대칭형으로 동작시켰을 때 파형이다. CH1의 제1 스위칭소자(Q1) 게이트 파형과 CH2의 공진 전류를 찍은 파형을 비교해 보면, 제1 스위칭소자(Q1)의 바디 다이오드를 통해 전류가 역으로 흐를 때 제1 스위칭소자(Q1)가 턴 온되며 ZVS 동작을 한다는 것을 대칭형 동작과 비대칭 동작 모두에서 확인할 수 있다. 또한 CH3의 버스 커패시터 전압과 CH4의 제1 스위칭소자(Q1) 양단 전압을 비교해 보았을 때 대칭형으로 구동시켰을 때보다 비대칭형으로 구동시켰을 때 부스트 동작을 통한 버스 커패시터 양단을 충전시키는 시간이 감소하기 때문에, 버스 커패시터 전압 및 제1 스위칭소자(Q1)에 인가되는 전압의 크기가 줄어든다는 것을 확인할 수 있었다. 전압 스트레스는 곧 버스 커패시터 전압 및 스위칭소자에 인가되는 전압의 크기로 생각할 수 있으므로 비대칭형으로 구동시켰을 때 전압 스트레스가 감소한다고 볼 수 있다.
- [0079] 도 11은 스위칭 듀티비 제어모드에서 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터를 실현한 파형을 나타내는 파형도로서, 도 11의 (a)는 스위칭 듀티비가 '0.8:0.2'인 경우를, (b)는 스위칭 듀티비가 '0.9:0.1'인 경우를 각각 나타낸다.
- [0080] 앞서 도 10의 실험 결과를 통해 설정한 주파수 범위 내에서 스위칭 주파수 제어를 수행할 때 디밍이 가능함을 확인할 수 있었으나, 더 넓은 범위의 디밍을 위해 출력 이득을 계속 낮추게 되면 이에 반해 스위칭 주파수가 계속 상승하게 되므로 손실 및 부가적으로 발생하는 문제점들에 의해 주파수가 제한되게 된다.
- [0081] 따라서 본 발명은 스위칭 주파수가 제한되는 영역에서는 스위칭 주파수를 고정시키고 제1 스위칭소자(Q1) 및 제2 스위칭소자(Q2)의 스위칭 듀티비를 '0.8:0.2'의 시비율로 동작시키는 비대칭 동작에서 스위칭 시비율을 '0.9:0.1'까지 변경시켜 출력 이득을 낮춤으로써 디밍이 가능하도록 하였다.
- [0082] 도 11을 참조하면, 각 파형의 CH1과 2는 각각 제1 스위칭소자(Q1)와 제2 스위칭소자(Q2)의 게이트 신호를 나타내며, CH3과 4는 공진 전류와 출력 전류를 나타낸다. 주파수 제한이 걸리는 영역에서는 스위칭 듀티비 제어를 통해 출력 이득이 점차 줄어들며 조금 더 넓은 범위에서 디밍이 가능하다는 것을 확인할 수 있다.
- [0083] 도 12 및 13은 앞서 한 번 설명한 바와 같이 PFC 동작이 비정상적으로 동작하는 문제를 해결하기 위해 스위칭 듀티비를 제한한 상태에서 제1 스위칭소자(Q1)만을 온/오프 제어하여 PFC 동작은 정상적으로 이루어지며 좀 더 넓은 범위에서 디밍이 가능하다는 것을 확인하는 파형이다. 이때, 제2 스위칭소자(Q2)의 경우 부스트 동작 및 PFC에 기여하게 되므로 도 4에 예시된 온/오프 파형에 관계없이 정상적인 듀티에 의해 턴 온/오프 동작되도록 한다.
- [0084] 도 12는 온/오프 제어모드에서 비대칭 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터의 실험 파형을 나타낸 파형도로서, 도 12의 (a)는 제1 스위칭소자(Q1)에 대한 온/오프 주기의 시비율이 0.8인 경우를, (b)는 온/오프 주기의 시비율이 0.3인 경우를 각각 나타낸다.
- [0085] 각 파형의 CH1과 2는 제1 스위칭소자(Q1) 및 제2 스위칭소자(Q2)의 게이트 신호를 나타내며, CH3과 4는 공진 전류와 출력 전류를 나타낸다. 실험 결과 파형을 통해 제1 스위칭소자(Q1)가 오프 되는 구간이 늘어날수록 출력 전류가 감소함을 확인할 수 있다. 이 결과에 따라 온/오프 주기의 듀티 변화에 따라 기존 범위보다 넓게 디밍이 가능하다는 것을 확인할 수 있다.
- [0086] 도 13은 본 발명에 의해 넓은 디밍 범위를 갖는 LED 조명용 비대칭 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터의 각 제어 영역별 동작 파형을 나타내는 파형도로서, 도 13의 (a)는 스위칭 주파수 제어모드의 동작 파형을, (b)는 스위칭 듀티비 제어모드의 동작 파형을, (c)는 온/오프 제어모드의 동작 파형을 각각 나타낸다.
- [0087] 각 모드별 파형의 CH1과 2의 입력 전압과 전류의 위상이 일치함에 따라 PFC 동작이 정상적으로 이루어지고 있음을 확인할 수 있으며, CH3의 출력 전류의 감소에 따라 LED의 밝기가 감소하고 이를 통해 디밍이 가능함을 확인할 수 있다. 각 제어모드에 따른 디밍의 범위 및 PF, THD 분석 그리고 버스 커패시터의 전압은 다음의 도 14를 통해 확인할 수 있다.
- [0088] 도 14는 본 발명에 의해 넓은 디밍 범위를 갖는 LED 조명용 비대칭 단일 스테이지 LLC 공진형 컨버터의 부하 변동에 따른 동작 특성을 나타내는 도면으로, 도 14의 (a)는 부하 저항이 100옴인 경우를, (b)는 LED 부하인 경우

를 각각 나타낸다.

[0089] 도 14를 참조하면, 부하 변동에 따른 PF 및 THD 동작을 분석해본 결과 모든 동작범위에서 역률(PF)은 최소 0.95%에서 최대 0.99%로 국제적인 규격인 90% 이상을 유지하며 THD는 약 6 ~ 11%를 유지하였다. 스위치의 스트레스로 직결되는 버스 커패시터 전압의 총량은 최소 260V에서 최대 480V로 나오는 것을 확인하였다. 그리고 LED 부하에서 디밍의 범위는 다음과 같이 50% 이상일 때는 스위칭 주파수 제어영역, 10% 이상에서는 스위칭 듀티비 제어영역, 10% 미만에서는 온/오프 제어영역으로 동작함을 확인하였다. 이 결과를 통해 기존의 디밍 방식보다 넓은 범위(대략, 전 범위에 걸친) 디밍이 가능함을 검증하였다.

[0090] 본 발명에서는 최근 각광 받고 있는 LED의 장점을 극대화하기 위하여 휘도 조절 기능을 포함하는 고효율의 구동 회로를 제안하고, 시뮬레이션 및 실험을 통해 제안된 발명을 분석하였다. 이에 따라 기존의 2 스테이지(Two-Stage) 컨버터 토폴로지보다 소자의 개수를 줄임으로써, 보다 효율이 높은 단일 스테이지(Single-Stage)의 LLC 공진형 컨버터를 비대칭으로 동작시켜 스위치에 걸리는 전압 스트레스를 줄이고 ZVS 동작이 가능하도록 설계하였다. 그리고 이 토폴로지에서 PFC 동작을 정상범주로 동작하도록 유지하면서 보다 넓은 디밍 범위를 갖도록 스위칭 주파수 제어영역, 스위칭 듀티비 제어영역, 온/오프 제어영역을 결합하여 출력이득을 조절함으로써 LED의 밝기를 조절하는 방법을 제안하였다.

[0091] 기존의 PWM 제어 방식에서는 스위칭 주파수의 제한에 따라 본 실험 세트 기준으로 100% 내지 50% 가량의 범위에서만 디밍이 가능했다면, 스위칭 듀티비 제어영역을 추가하여 50% 내지 10% 범위의 디밍을 가능하게 하였고, 온/오프 제어영역을 추가하여 10% 이하의 디밍을 가능하게 하였다는 것을 확인하였다. 결국 기존의 2 스테이지 컨버터보다 높은 효율 조건을 가지며 넓은 범위의 디밍이 가능한 LED 조명용 구동회로를 제공할 수 있으며, 향후 세밀한 휘도조절이 필요한 분야 및 기타 추가적인 분야에서도 폭 넓게 이용 가능할 것으로 예상된다.

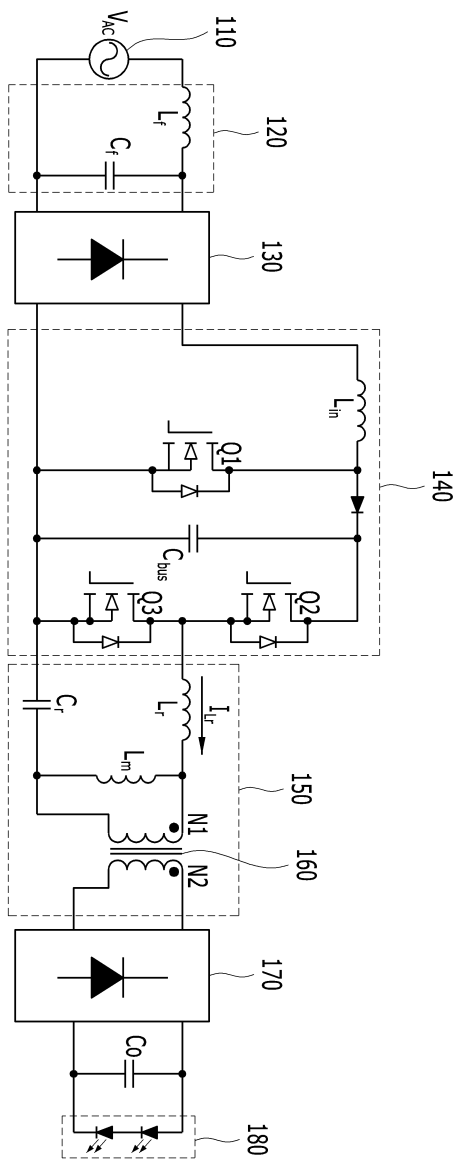
[0092] 위에서 개시된 발명은 기본적인 사상을 훼손하지 않는 범위 내에서 다양한 변형예가 가능하다. 즉, 위의 실시예들은 모두 예시적으로 해석되어야 하며, 한정적으로 해석되지 않는다. 따라서 본 발명의 보호범위는 상술한 실시예가 아니라 첨부된 청구항에 따라 정해져야 하며, 첨부된 청구항에 한정된 구성요소를 균등물로 치환한 경우는 본 발명의 보호범위에 속하는 것으로 보아야 한다.

**부호의 설명**

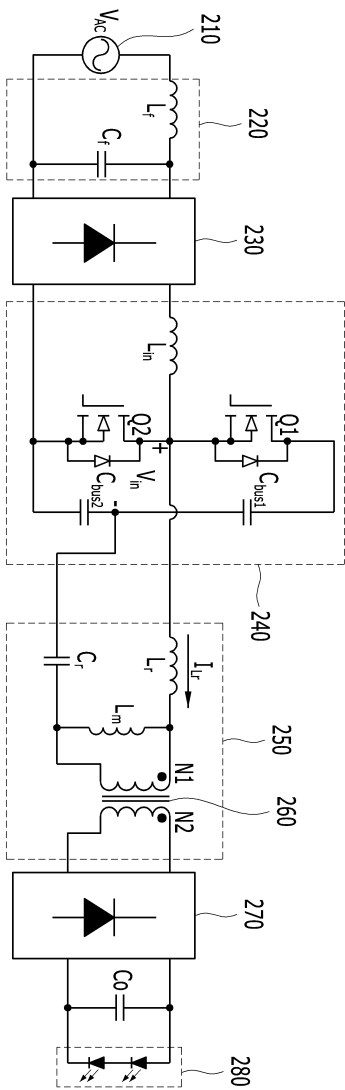
- |        |                  |                 |
|--------|------------------|-----------------|
| [0093] | 110 : 상용전원       | 120 : 필터 회로부    |
|        | 130 : 입력단 정류 회로부 | 140 : 역률 개선 회로부 |
|        | 150 : LLC 공진 회로부 | 160 : 변압기       |
|        | 170 : 출력단 정류 회로부 | 180 : LED 어레이   |
|        | 210 : 상용전원       | 220 : 필터 회로부    |
|        | 230 : 입력단 정류 회로부 | 240 : 역률 개선 회로부 |
|        | 250 : LLC 공진 회로부 | 260 : 변압기       |
|        | 270 : 출력단 정류 회로부 | 280 : LED 어레이   |

도면

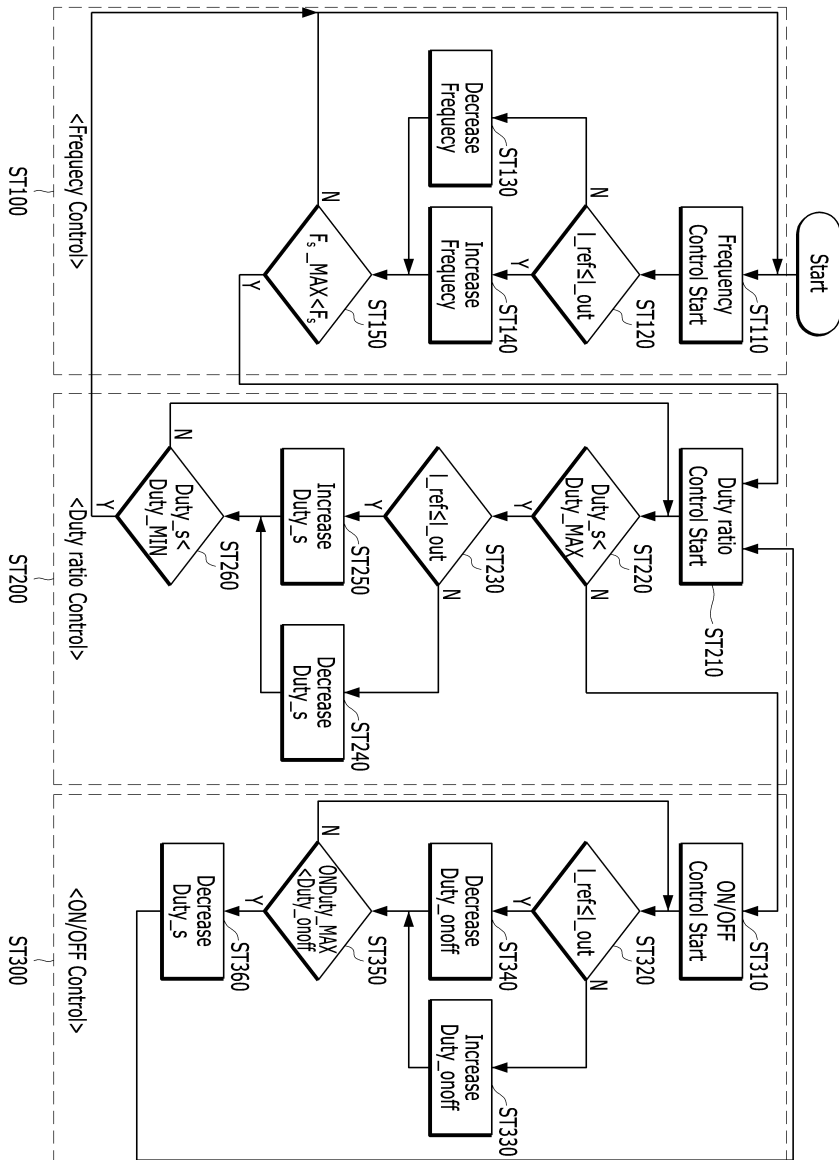
도면1



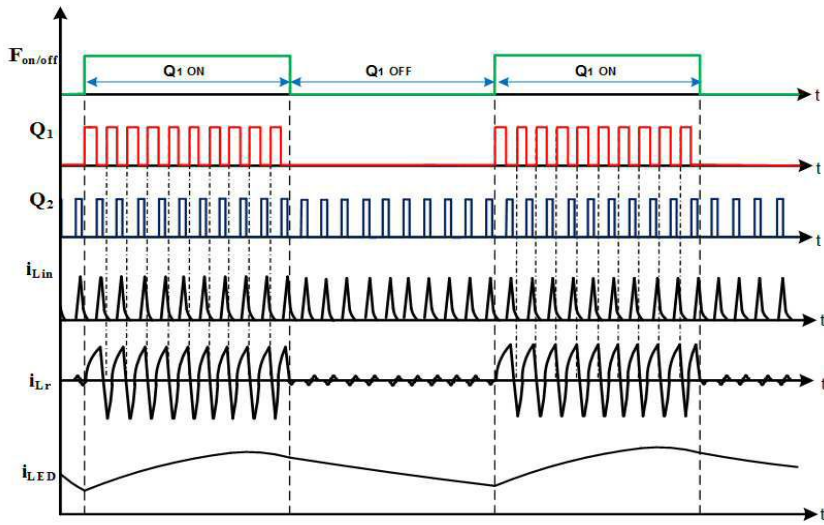
도면2



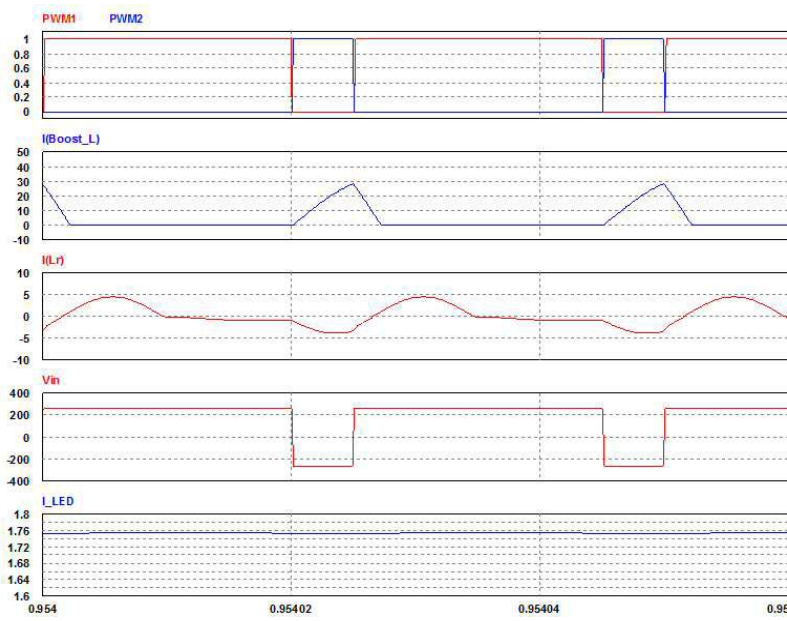
도면3



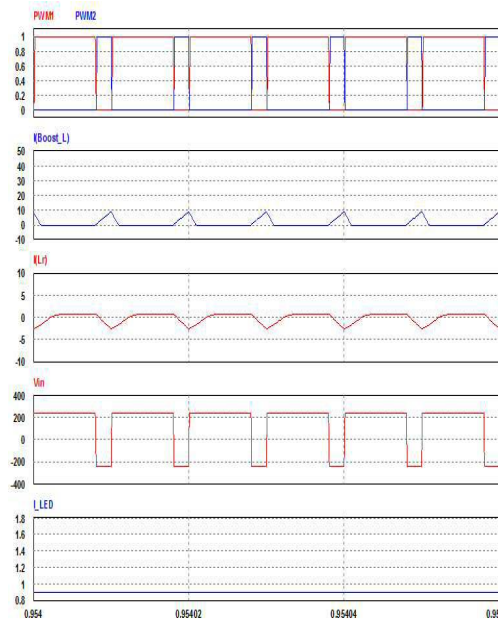
도면4



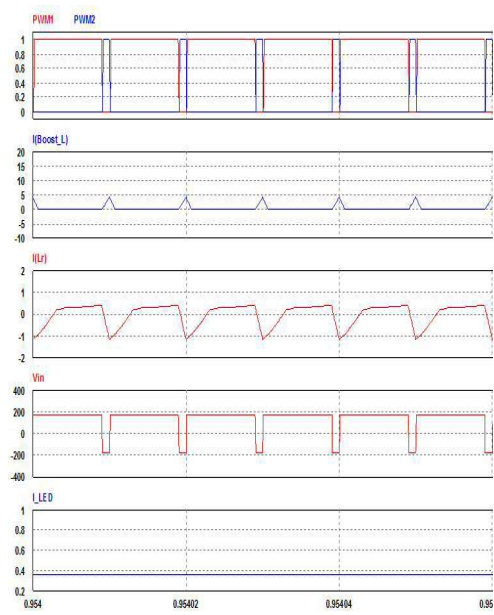
도면5a



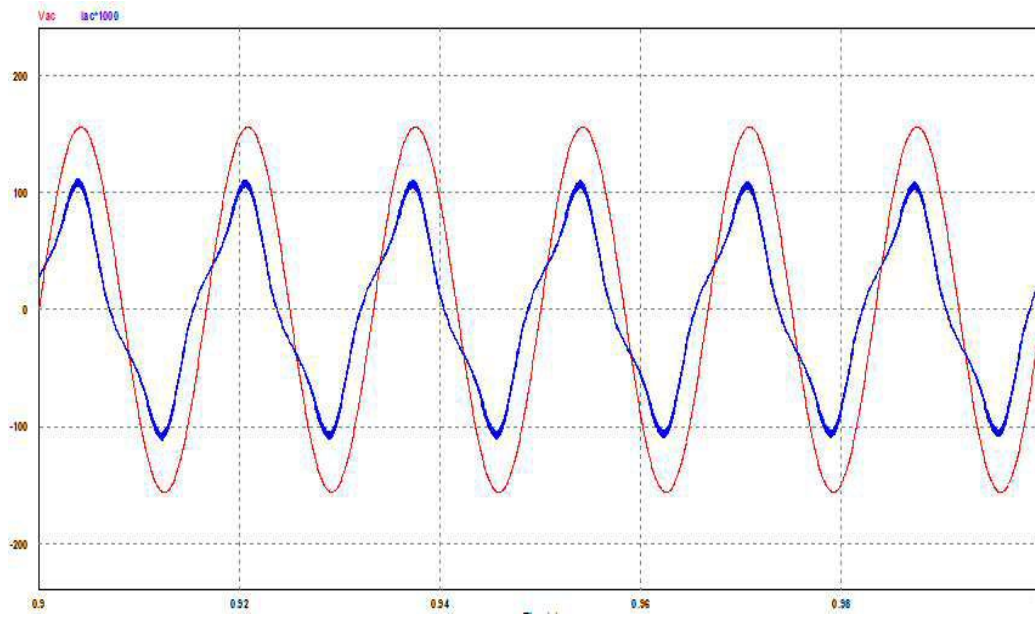
도면5b



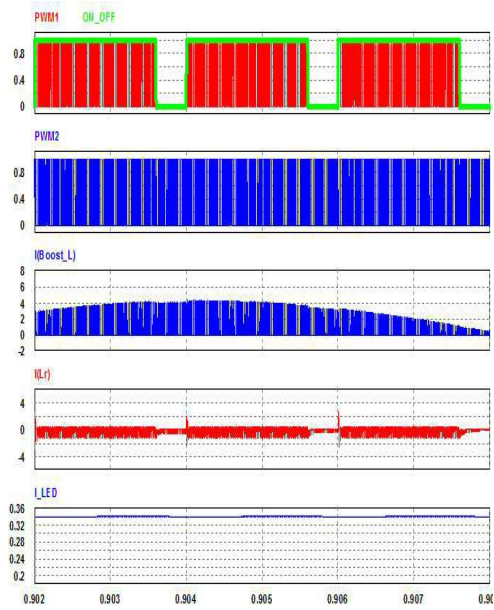
도면6a



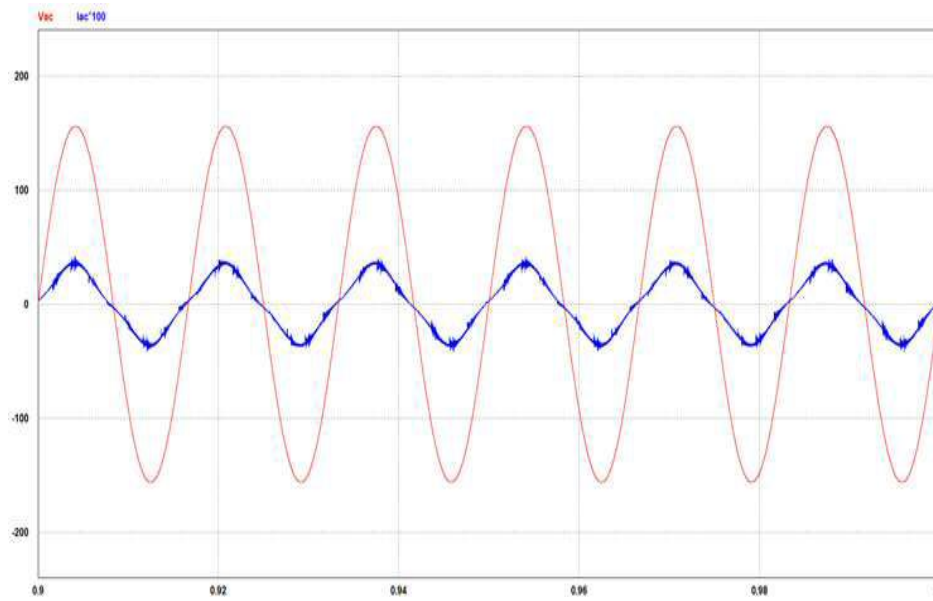
도면6b



도면7a



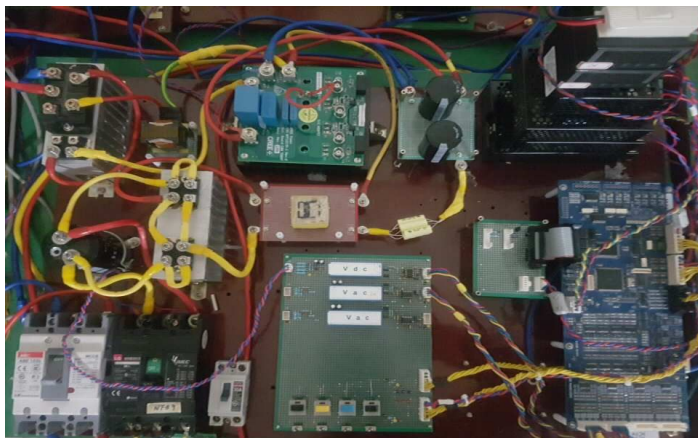
도면7b



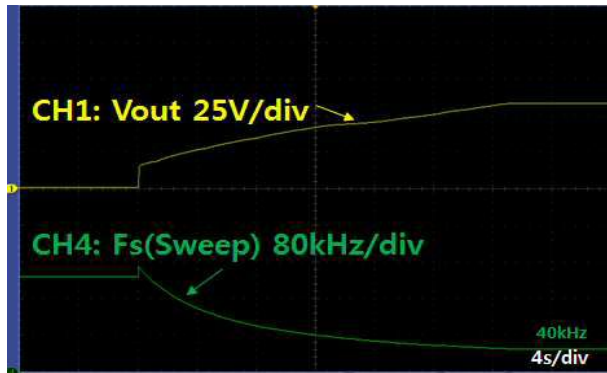
도면8



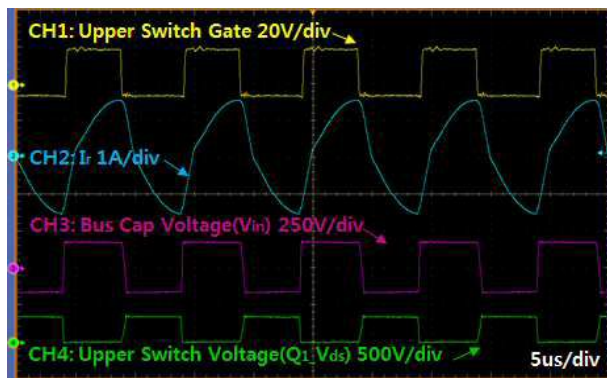
도면9



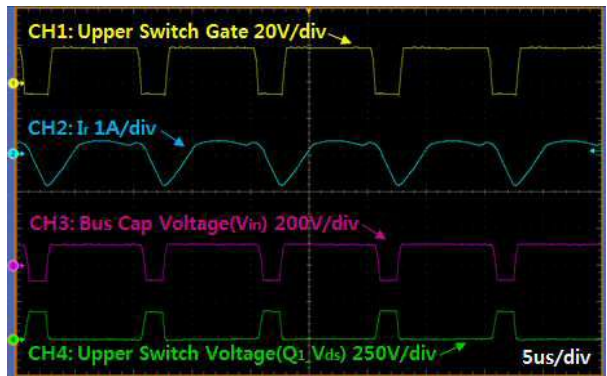
도면10a



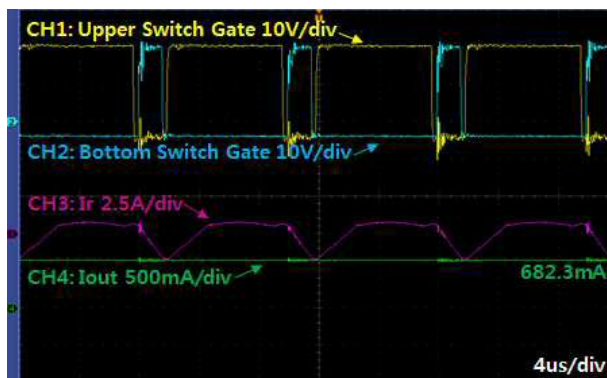
도면10b



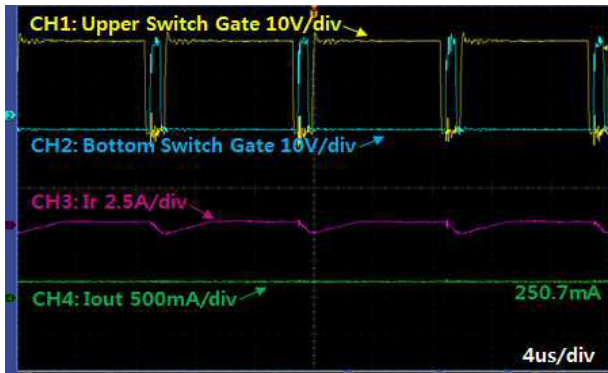
도면10c



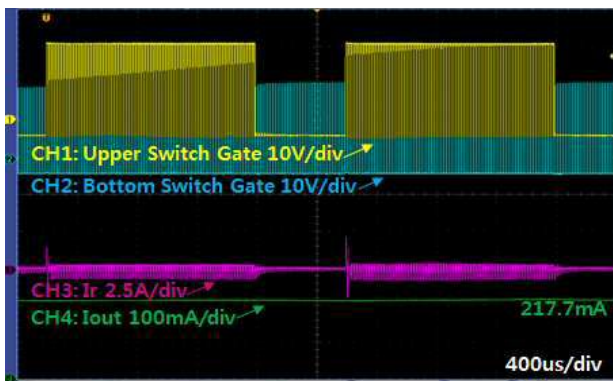
도면11a



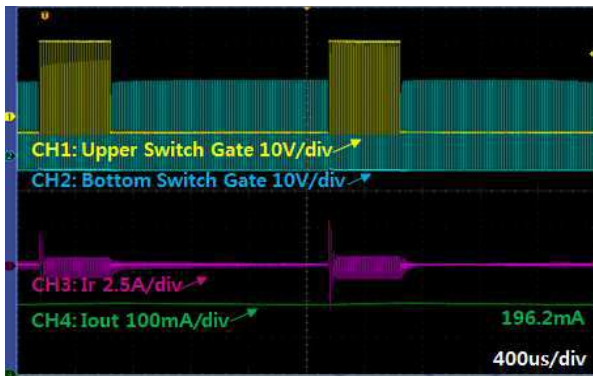
도면11b



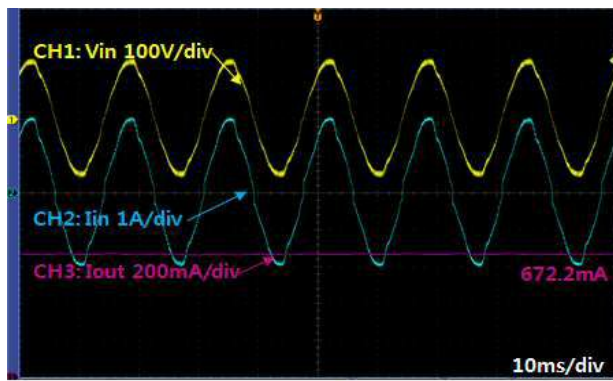
도면12a



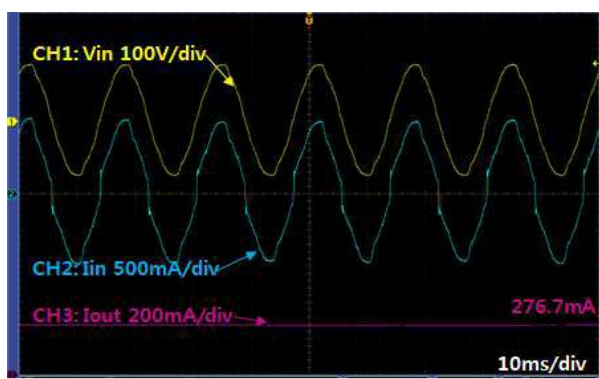
도면12b



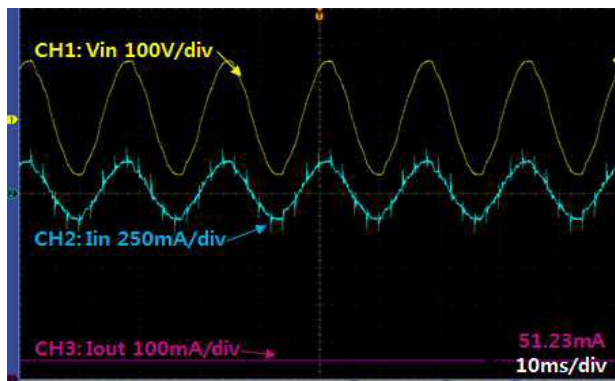
도면13a



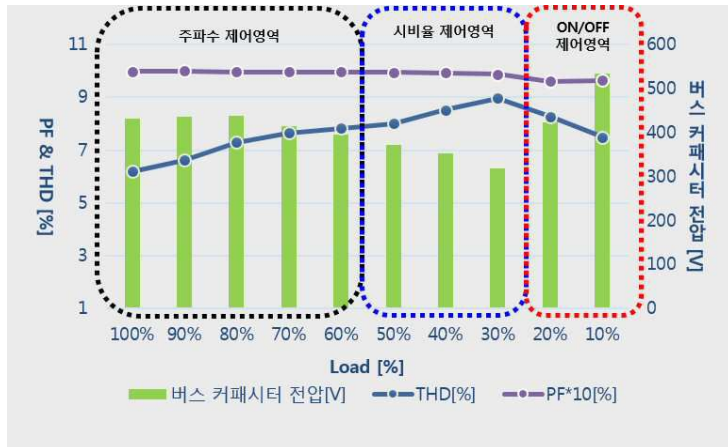
도면13b



도면13c



도면14a



도면14b

