(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0146133
(43) 공개일자 2024년10월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B60L 53/24 (2019.01) *H02M 1/00* (2007.01)
H02M 1/42 (2007.01) *H02M 3/335* (2006.01)
(52) CPC특허분류
B60L 53/24 (2019.02)
H02M 1/0067 (2021.05)
(21) 출원번호 10-2023-0039601
(22) 출원일자 2023년03월27일
심사청구일자 2023년03월27일

(71) 출원인
계명대학교 산학협력단
대구광역시 달서구 달구벌대로 1095, 계명대학교 산학협력관 201호(신당동)
(72) 발명자
박영수
대구광역시 달성군 다사읍 매곡로14길 8
(74) 대리인
특허법인아주

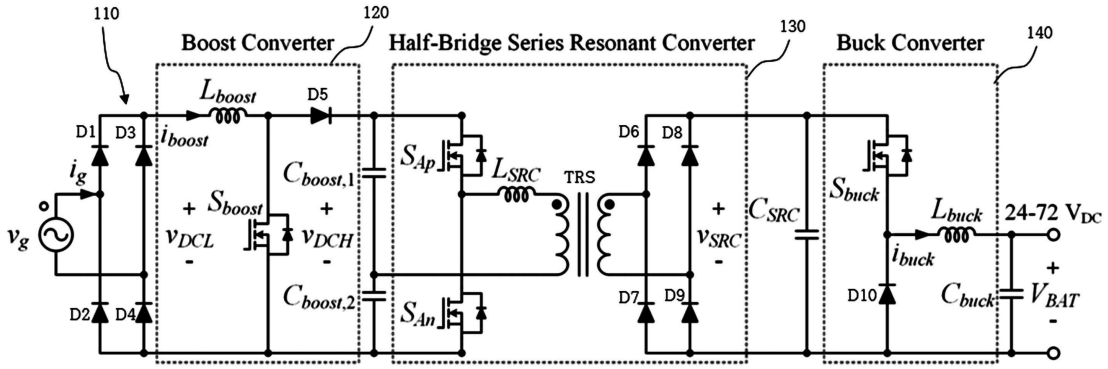
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 **퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 장치**

(57) 요 약

본 발명은 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 장치에 관한 것으로, 단상 계통 전원(vg)을 정류하는 다이오드 정류기; 상기 다이오드 정류기를 통해 정류된 전압(v_{DCL})을 출력 전압(v_{DCH})으로 승압 제어하는 부스트 컨버터; 상기 부스트 컨버터에 의해 승압된 전압(v_{DCH})을 출력 전압(v_{SRC})으로 강압 제어하는 하프 브리지 직렬 공진 컨버터; 및 상기 하프 브리지 직렬 공진 컨버터의 출력 전압(v_{SRC})을 강압 제어하여 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전을 위한 충전 전압(V_{BAT})을 출력하는 벅 컨버터;를 포함하는 특징으로 한다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
H02M 1/4208 (2013.01)
H02M 3/33571 (2023.05)
B60L 2200/12 (2013.01)
B60L 2200/24 (2013.01)
B60L 2200/34 (2013.01)
B60L 2210/12 (2013.01)
B60L 2210/14 (2013.01)
B60Y 2200/12 (2013.01)
B60Y 2200/91 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711175527
과제번호	00165694
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)
연구과제명	다양한 퍼스널 모빌리티에 적용 가능한 배터리 충전기 및 제어 방법 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	(학)계명대학교산학협력단
연구기간	2022.09.01 ~ 2023.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

단상 계통 전원(vg)을 정류하는 다이오드 정류기;

상기 다이오드 정류기를 통해 정류된 전압(v_{DCL})을 출력 전압(v_{DCH})으로 승압 제어하는 부스트 컨버터;

상기 부스트 컨버터에 의해 승압된 전압(v_{DCH})을 출력 전압(v_{SRC})으로 강압 제어하는 하프 브리지 직렬 공진 컨버터; 및

상기 하프 브리지 직렬 공진 컨버터의 출력 전압(v_{SRC})을 강압 제어하여 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전을 위한 충전 전압(V_{BAT})을 출력하는 벅 컨버터;를 포함하는 특징으로 하는 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 장치.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 부스트 컨버터는,

PWM 방식으로 단상 계통 전원(vg)의 역률 보정(PFC)을 수행하며,

입력 전류(ig)의 위상을 입력 전압(vg)의 위상과 동일하게 만들고,

단상 계통 전원(vg) 및 다이오드 정류기를 통해 정류된 전압(v_{DCL})을 출력 전압(v_{DCH})으로 승압 제어하는 것을 특징으로 하는 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 장치.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 부스트 컨버터는,

상기 다이오드 정류기의 일측 출력단에 인덕터(L_{boost})의 입력측이 연결되고,

상기 인덕터(L_{boost})의 출력측에 MOSFET(S_{boost})의 드레인이 연결되며, 상기 MOSFET(S_{boost})의 소오스가 상기 다이오드 정류기의 타측 출력단에 연결되고,

다이오드(D5)의 애노드가 상기 인덕터(L_{boost})의 출력측 및 상기 MOSFET(S_{boost})의 드레인에 공통 연결되는 것을 특징으로 하는 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 장치.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 부스트 컨버터의 출력단에 커패시터($C_{boost,1}$, $C_{boost,2}$)가 직렬 연결되되,

제1 커패시터($C_{boost,1}$)의 일측이 상기 부스트 컨버터의 다이오드(D5)의 캐소드에 연결되고,

제2 커패시터($C_{boost,2}$)의 타측이 상기 다이오드 정류기의 타측 출력단에 연결되는 것을 특징으로 하는 퍼스널 모

빌리티 디바이스용 배터리 충전 장치.

청구항 5

제 1항에 있어서,

하프 브리지 직렬 공진 컨버터는,

제1 MOSFET(S_{Ap})의 드레인이 상기 부스트 컨버터의 다이오드(D5)의 캐소드에 연결되고, 상기 제1 MOSFET(S_{Ap})의 소오스가 변압기의 1차 측 코일의 일측 입력단에 연결된 인덕터(L_{SRC})의 타측에 연결되며, 제2 MOSFET(S_{An})의 드레인이 상기 제1 MOSFET(S_{Ap})의 소오스에 연결되고, 상기 제2 MOSFET(S_{An})의 소오스가 상기 다이오드 정류기의 타측 출력단에 연결되며, 상기 변압기의 1차 측 코일의 타측 입력단이 상기 직렬 연결된 2개의 커패시터($C_{boost,1}$, $C_{boost,2}$)의 사이에 연결되고, 또한

상기 변압기의 2차 측 코일의 일측 입력단은 전파 다이오드 정류기의 제1 다이오드(D6)의 애노드와 제2 다이오드(D7)의 캐소드 사이에 연결되며, 상기 변압기의 2차 측 코일의 타측 입력단은 상기 전파 다이오드 정류기의 제3 다이오드(D8)의 애노드와 제4 다이오드(D9)의 캐소드 사이에 연결되는 것을 특징으로 하는 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 장치.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 부스트 컨버터와 벅 컨버터의 사이에는 커패시터(C_{SRC})가 연결되되,

상기 커패시터(C_{SRC})의 일측이 상기 하프 브리지 직렬 공진 컨버터의 변압기의 2차 측 코일에 연결된 전파 다이오드 정류기의 일측 출력단에 연결되고,

상기 커패시터(C_{SRC})의 타측이 상기 하프 브리지 직렬 공진 컨버터의 변압기의 2차 측 코일에 연결된 전파 다이오드 정류기의 타측 출력단에 연결되는 것을 특징으로 하는 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 장치.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 벅 컨버터는,

MOSFET(S_{buck})의 드레인이 상기 하프 브리지 직렬 공진 컨버터의 변압기의 2차 측 코일에 연결된 전파 다이오드 정류기의 일측 출력단에 연결되고, 다이오드(D10)의 캐소드가 상기 MOSFET(S_{buck})의 소오스에 연결되며,

상기 다이오드(D10)의 애노드가 상기 하프 브리지 직렬 공진 컨버터의 변압기의 2차 측 코일에 연결된 전파 다이오드 정류기의 타측 출력단에 연결되고,

상기 MOSFET(S_{buck})과 상기 다이오드(D10)의 공통 접속점에 인덕터(L_{buck})의 일측이 연결되고, 커패시터(C_{buck})의 일측이 상기 인덕터(L_{buck})의 타측에 연결되며,

상기 커패시터(C_{buck})의 타측이 상기 다이오드(D10)의 애노드에 연결되고,

상기 인덕터(L_{buck})와 상기 커패시터(C_{buck})의 공통 접속점 및 상기 커패시터(C_{buck})의 타측에 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리가 연결되고, 배터리를 충전하기 위한 배터리 충전 전압(V_{BAT})이 출력되는 것을 특징으로 하는 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 장치.

청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 벅 컨버터는,

비례-적분 제어 기반 전압 및 전류 제어를 통해 입력 전압(v_{SRC})을 강압 제어하여, 배터리를 충전하기 위한 배터리 충전 전압(V_{BAT})으로 출력하는 것을 특징으로 하는 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 퍼스널 모빌리티 디바이스(PMD)의 다양한 배터리 전압에 대응할 수 있는, 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근에는 전기오토바이, 전기자전거, 전기스쿠터, 전동휠체어 등 퍼스널 모빌리티 디바이스(PMD : Personal Mobility Device)에 대한 연구가 세계적으로 진행되고 있다.

[0003] 그러나 퍼스널 모빌리티 디바이스(PMD)는 디바이스의 종류에 따라 필요한 배터리 전압이 각기 다르다는 단점이 있다.

[0004] 따라서 퍼스널 모빌리티 디바이스(PMD)의 배터리를 충전하기 위해서는 디바이스의 종류에 따라 별도의 배터리 충전기를 사용해야 하므로 퍼스널 모빌리티 디바이스(PMD)의 산업적 사용성과 가용성이 저하되는 문제점이 있다.

[0005] 이에 따라 퍼스널 모빌리티 디바이스(PMD)의 다양한 배터리 전압에 대응할 수 있는 배터리 충전 장치가 필요한 상황이다.

[0006] 본 발명의 배경기술은 대한민국 등록특허 제10-1286509호(2013.07.10.)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 일 측면에 따르면, 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 창작된 것으로서, 퍼스널 모빌리티 디바이스(PMD)의 다양한 배터리 전압에 대응할 수 있는, 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 장치를 제공하는 데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일 측면에 따른 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 장치는, 단상 계통 전원(vg)을 정류하는 다이오드 정류기; 상기 다이오드 정류기를 통해 정류된 전압(v_{DCL})을 출력 전압(v_{DCH})으로 승압 제어하는 부스트 컨버터; 상기 부스트 컨버터에 의해 승압된 전압(v_{DCH})을 출력 전압(v_{SRC})으로 강압 제어하는 하프 브리지 직렬 공진 컨버터; 및 상기 하프 브리지 직렬 공진 컨버터의 출력 전압(v_{SRC})을 강압 제어하여 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전을 위한 충전 전압(V_{BAT})을 출력하는 벅 컨버터;를 포함하는 특징으로 한다.

[0009] 본 발명에 있어서, 상기 부스트 컨버터는, PWM 방식으로 단상 계통 전원(vg)의 역률 보정(PFC)을 수행하며, 입력 전류(ig)의 위상을 입력 전압(vg)의 위상과 동일하게 만들고, 단상 계통 전원(vg) 및 다이오드 정류기를 통해 정류된 전압(v_{DCL})을 출력 전압(v_{DCH})으로 승압 제어하는 것을 특징으로 한다.

[0010] 본 발명에 있어서, 상기 부스트 컨버터는, 상기 다이오드 정류기의 일측 출력단에 인덕터(L_{boost})의 입력측이 연

결되고, 상기 인덕터(L_{boost})의 출력측에 MOSFET(S_{boost})의 드레인이 연결되며, 상기 MOSFET(S_{boost})의 소오스가 상기 다이오드 정류기의 타측 출력단에 연결되고, 다이오드(D5)의 애노드가 상기 인덕터(L_{boost})의 출력측 및 상기 MOSFET(S_{boost})의 드레인에 공통 연결되는 것을 특징으로 한다.

[0011] 본 발명에 있어서, 상기 부스트 컨버터의 출력단에 커패시터($C_{boost,1}$, $C_{boost,2}$)가 직렬 연결되되, 제1 커패시터($C_{boost,1}$)의 일측이 상기 부스트 컨버터의 다이오드(D5)의 캐소드에 연결되고, 제2 커패시터($C_{boost,2}$)의 타측이 상기 다이오드 정류기의 타측 출력단에 연결되는 것을 특징으로 한다.

[0012] 본 발명에 있어서, 하프 브리지 직렬 공진 컨버터는, 제1 MOSFET(S_{Ap})의 드레인이 상기 부스트 컨버터의 다이오드(D5)의 캐소드에 연결되고, 상기 제1 MOSFET(S_{Ap})의 소오스가 변압기의 1차 측 코일의 일측 입력단에 연결된 인덕터(L_{SRC})의 타측에 연결되며, 제2 MOSFET(S_{An})의 드레인이 상기 제1 MOSFET(S_{Ap})의 소오스에 연결되고, 상기 제2 MOSFET(S_{An})의 소오스가 상기 다이오드 정류기의 타측 출력단에 연결되며, 상기 변압기의 1차 측 코일의 타측 입력단이 상기 직렬 연결된 2개의 커패시터($C_{boost,1}$, $C_{boost,2}$)의 사이에 연결되고, 또한 상기 변압기의 2차 측 코일의 일측 입력단은 전파 다이오드 정류기의 제1 다이오드(D6)의 애노드와 제2 다이오드(D7)의 캐소드 사이에 연결되며, 상기 변압기의 2차 측 코일의 타측 입력단은 상기 전파 다이오드 정류기의 제3 다이오드(D8)의 애노드와 제4 다이오드(D9)의 캐소드 사이에 연결되는 것을 특징으로 한다.

[0013] 본 발명에 있어서, 상기 부스트 컨버터와 벅 컨버터의 사이에는 커패시터(C_{SRC})가 연결되되, 상기 커패시터(C_{SRC})의 일측이 상기 하프 브리지 직렬 공진 컨버터의 변압기의 2차 측 코일에 연결된 전파 다이오드 정류기의 일측 출력단에 연결되고, 상기 커패시터(C_{SRC})의 타측이 상기 하프 브리지 직렬 공진 컨버터의 변압기의 2차 측 코일에 연결된 전파 다이오드 정류기의 타측 출력단에 연결되는 것을 특징으로 한다.

[0014] 본 발명에 있어서, 상기 벅 컨버터는, MOSFET(S_{buck})의 드레인이 상기 하프 브리지 직렬 공진 컨버터의 변압기의 2차 측 코일에 연결된 전파 다이오드 정류기의 일측 출력단에 연결되고, 다이오드(D10)의 캐소드가 상기 MOSFET(S_{buck})의 소오스에 연결되며, 상기 다이오드(D10)의 애노드가 상기 하프 브리지 직렬 공진 컨버터의 변압기의 2차 측 코일에 연결된 전파 다이오드 정류기의 타측 출력단에 연결되고, 상기 MOSFET(S_{buck})과 상기 다이오드(D10)의 공통 접속점에 인덕터(L_{buck})의 일측이 연결되고, 커패시터(C_{buck})의 일측이 상기 인덕터(L_{buck})의 타측에 연결되며, 상기 커패시터(C_{buck})의 타측이 상기 다이오드(D10)의 애노드에 연결되고, 상기 인덕터(L_{buck})와 상기 커패시터(C_{buck})의 공통 접속점 및 상기 커패시터(C_{buck})의 타측에 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리가 연결되고, 배터리를 충전하기 위한 배터리 충전 전압(V_{BAT})이 출력되는 것을 특징으로 한다.

[0015] 본 발명에 있어서, 상기 벅 컨버터는, 비례-적분 제어 기반 전압 및 전류 제어를 통해 입력 전압(v_{SRC})을 강압 제어하여, 배터리를 충전하기 위한 배터리 충전 전압(V_{BAT})으로 출력하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0016] 본 발명의 일 측면에 따르면, 본 발명은 퍼스널 모빌리티 디바이스(PMD)의 다양한 배터리 전압에 대응할 수 있도록 한다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 장치의 개략적인 구성을 보인 예시도이다.

도 2는 도 1에 있어서, 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 장치의 전원 보드를 보인 예시도이다.

도 3은 도 2에 있어서, 보드 A와 보드 B를 확대한 사진을 보인 예시도이다.

도 4는 도 2에 있어서, 보드 A와 보드 B의 개략적인 구성도이다.

도 5는 도 1에 있어서, 부스트 컨버터, HBSR 컨버터, 및 벅 컨버터의 제어 방법을 설명하기 위하여 보인 예시도

이다.

도 6은 단상 계통 전원을 적용했을 때 본 실시예에 따른 PMD용 배터리 충전 장치의 실험 결과를 보인 예시도이다.

도 7, 8, 9, 10은 본 실시예에 따른 PMD용 배터리 충전 장치의 출력 전압을 각각 24V, 48V, 60V, 72V로 제어할 때 실험 결과를 보인 예시도이다.

도 11은 도 8과 동일한 시나리오에서 PMD용 배터리 충전 장치의 역률 및 효율 분석하는 방법을 보인 예시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 장치의 일 실시예를 설명한다.

[0019] 이 과정에서 도면에 도시된 선들의 두께나 구성요소의 크기 등은 설명의 명료성과 편의상 과장되게 도시되어 있을 수 있다. 또한, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 이러한 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0020] 일반적으로 퍼스널 모빌리티 디바이스(PMD)용 배터리 충전 장치는 절연 SEPIC(Single Ended Primary Inductor Converter) 컨버터를 사용하여 1단 구성으로 간단히 사용할 수 있으나, 넓은 입력 전압 범위에서 절연된 SEPIC 컨버터로 구성된 자기 소자를 설계하는 것은 어렵다. 또한 PMD용 배터리 충전 장치는 LLC 공진형 컨버터를 부스트 컨버터 또는 SEPIC 컨버터와 결합하여 2단 구성으로 사용할 수도 있으나, LLC 공진형 컨버터는 주파수 제어를 통해 출력 전압을 제어하기 때문에 넓은 범위에서 출력 전압을 제어하기 어려운 문제점이 있다.

[0021] 이에 따라 본 발명은 절연형 SEPIC 컨버터와 LLC 공진형 컨버터의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 3단 컨버터(즉, 부스트 컨버터, 하프 브리지 직렬 공진 컨버터(HBSR), 및 벅 컨버터)로 구성된 PMD용 배터리 충전 장치에 관한 것이다.

[0022] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 장치의 개략적인 구성을 보인 예시도이다.

[0023] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 실시예에 따른 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 장치는, 넓은 출력 전압 범위에 적합한 전력 변환 방식의 배터리 충전 장치로서, 다이오드 정류기(110), 부스트 컨버터(120), 하프 브리지 직렬 공진 컨버터(HBSR)(130), 및 벅 컨버터(140)를 포함한다.

[0024] 부스트 컨버터(120)의 입력단에는 다이오드 정류기(110)를 통해 단상 계통 전원(vg)(또는 단상 그리드 소스)이 연결되고, 벅 컨버터(140)의 출력단에는 PMD용 배터리(미도시)가 연결되며, PMD용 배터리(미도시)를 충전하기 위한 배터리 충전 전압(V_{BAT})이 출력된다.

[0025] 부스트 컨버터(120)는 단상 계통 전원(vg)에서 입력 단계의 역률 보정(PFC : Power Factor Correction)을 수행하며, 입력 전류(ig)의 위상을 입력 전압(vg)의 위상과 동일하게 만들고(도 7 내지 도 10 참조), 단상 계통 전원(vg) 및 다이오드 정류기(110)를 통해 정류된 전압(v_{DCL})을 출력 전압(v_{DCH})으로 승압 제어한다.

[0026] 부스트 컨버터(120)의 출력 전압(v_{DCH})은 단상 계통 전원(vg)(또는 단상 그리드 소스)과 다이오드 정류기(110)에서 인가되는 전압(v_{DCL})을 이용하여 일정하게 제어된다.

[0027] 하프 브리지 직렬 공진 컨버터(HBSR)(130)는 변압기(트랜스포머)를 이용하여 1차 측(즉, 입력측인 단상 계통 전원(vg)(또는 단상 그리드 소스))과 2차 측(즉, 배터리)을 절연하며, 변압기(또는 트랜스포머)(TRS)의 권선비에 따라 부스트 컨버터(120)에 의해 승압된 전압(v_{DCH})(즉, 1차 전압)을 출력 전압(v_{SRC})(즉, 2차 전압)으로 강압 제어한다. 이 때 하프 브리지 직렬 공진 컨버터(HBSR)(130)는 개방 루프 제어를 통해 주파수를 지속적으로 제어하기 때문에 높은 효율을 유지할 수 있다.

[0028] 벅 컨버터(140)는 강압 DC-DC 컨버터의 가장 간단한 형태로서, 하프 브리지 직렬 공진 컨버터(HBSR)(130)의 출력 전압(v_{SRC})을 이용하여 배터리 충전 장치의 출력 전압(V_{BAT})을 제어한다.

[0029] 결과적으로 벅 컨버터(140)의 출력단에 연결된 PMD 배터리의 전압에 따라 배터리 충전 장치의 출력 전압(V_{BAT})이 변경될 수 있다.

[0030] 도 2는 도 1에 있어서, 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 장치의 전원 보드를 보인 예시도이고, 도 3은 도 2에 있어서, 보드(Board) A와 보드(Board) B를 확대한 사진을 보인 예시도이며, 도 4는 도 2에 있어서, 보드(Board) A와 보드(Board) B의 개략적인 구성도이다.

[0031] 도 2를 참조하면, 입력 스테이지에는 단상 계통 전원이 연결되고, 출력 스테이지에는 PMD용 배터리가 연결된다.

[0032] 도 4 및 도 3의 (a)를 참조하면, 보드 A는 라인 필터(Line Filter)(도 1에는 도시되지 않았으나, 실제 PMD용 배터리 충전 장치의 제작시에는 포함될 수 있음), 다이오드 정류기(Diode Rectifier)(110), HBSR 컨버터(130) 및 스위치 모드 전원 공급 장치(SMPS)를 포함한다.

[0033] 도 4 및 도 3의 (b)를 참조하면, 보드 B는 부스트 컨버터(120), 벅 컨버터(140) 및 제어 부품(예 : 프로세서, DSP, ADC 등)(도 1에는 도시하지 않음)을 포함한다.

[0034] 라인 필터(미도시)는 단상 계통 전원(vg)(또는 단상 그리드 소스)에서 입력되는 과도한 노이즈, 및 스위치 모드 전원 공급 장치(SMPS)에서 생성되는 전자기 간섭(EMI) 노이즈가 단상 계통 전원(vg)에 입력되는 것을 방지한다.

[0035] 다이오드 정류기(110)는 AC-DC 변환에 사용되며, 단상 계통 전원(vg)을 전파 정류하여 부스트 컨버터(120)의 입력 전압(v_{DCL})로 변환한다.

[0036] 부스트 컨버터(120)는 인덕터(L_{boost}), MOSFET(S_{boost}), 및 다이오드(D5)를 포함하고, 부스터 컨버터(120)의 양측 출력단에는 2개의 커패시터($C_{boost,1}$, $C_{boost,2}$)가 직렬 연결된다.

[0037] 즉, 부스트 컨버터(120)의 인덕터(L_{boost})의 입력측은 다이오드 정류기(110)의 일측 출력단(D1와 D3의 캐소드의 공통 접속단)에 연결되고, MOSFET(S_{boost})의 드레인이 인덕터(L_{boost})의 출력측에 연결되며 소오스가 다이오드 정류기(110)의 타측 출력단(D2와 D4의 애노드의 공통 접속단)에 연결되고, 다이오드(D5)의 애노드가 인덕터(L_{boost})의 출력측 및 MOSFET(S_{boost})의 드레인에 공통 연결된다. 또한 직렬 연결된 2개의 커패시터($C_{boost,1}$, $C_{boost,2}$) 중 제1 커패시터($C_{boost,1}$)의 일측이 다이오드(D5)의 캐소드에 연결되고, 제2 커패시터($C_{boost,2}$)의 타측이 다이오드 정류기(110)의 타측 출력단에 연결된다.

[0038] 하프 브리지 직렬 공진 컨버터(HBSR)(130)는 변압기(트랜스포머)(TRS)의 1차 측에 각각 연결되는 MOSFET(S_{Ap}, S_{An}), 인덕터(L_{SRC}), 변압기(트랜스포머)(TRS)의 2차 측에 연결되는 다이오드(D6, D7, D8, D9)를 포함하며, 부스트 컨버터(120)의 출력 전압(v_{DCH})을 변압기(TRS)의 1차 측에 입력받아 강압한 전압(v_{SRC})을 변압기(TRS)의 2차 측으로 출력한다.

[0039] 즉, 하프 브리지 직렬 공진 컨버터(HBSR)(130)는 제1 MOSFET(S_{Ap})의 드레인이 부스트 컨버터(120)의 다이오드(D5)의 캐소드에 연결되고, 제1 MOSFET(S_{Ap})의 소오스가 변압기(TRS)의 1차 측 코일의 일측 입력단에 연결된 인덕터(L_{SRC})의 타측에 연결되며, 제2 MOSFET(S_{An})의 드레인이 제1 MOSFET(S_{Ap})의 소오스에 연결되고, 제2 MOSFET(S_{An})의 소오스가 다이오드 정류기(110)의 타측 출력단(D2와 D4의 애노드의 공통 접속단)에 연결되며, 변압기(TRS)의 1차 측 코일의 타측 입력단이 직렬 연결된 2개의 커패시터($C_{boost,1}$, $C_{boost,2}$)의 사이에 연결된다. 또한 하프 브리지 직렬 공진 컨버터(HBSR)(130)의 변압기(TRS)의 2차 측 코일의 일측 입력단은 전파 다이오드 정류기의 제1 다이오드(D6)의 애노드와 제2 다이오드(D7)의 캐소드 사이에 연결되며, 변압기(TRS)의 2차 측 코일의 타측 입력단은 전파 다이오드 정류기의 제3 다이오드(D8)의 애노드와 제4 다이오드(D9)의 캐소드 사이에 연결된다.

[0040] 이 때 하프 브리지 직렬 공진 컨버터(HBSR)(130)의 2개의 MOSFET(S_{Ap}, S_{An})는 부스터 컨버터(120)의 양단 출력단(즉, 다이오드 정류기(110)의 일측 출력단과 타측 출력단)에 직렬 연결된다.

[0041] 인덕터(L_{SRC})와 변압기(TRS)의 턴 비는, 변압기(TRS)의 1차 측 입력 전압(v_{DCH}), 스위칭 주파수, 및 변압기(TRS)의 2차 측 출력 전압(v_{SRC})(즉, 벅 컨버터의 입력 전압)을 고려하여 설계된다.

[0042] 스위치 모드 전원 공급 장치(SMPS)는 부스트 컨버터(120)의 출력 전압(v_{DCH})을 이용하여 12V 및 5V 등의 직류 전압을 생성하며, 보드(Board)에 형성된 복수의 집적 회로(IC)(예 : 프로세서 및 MOSFET 등)의 구동을 위한 전원을 공급한다.

[0043] 프로세서(미도시)(도 4의 Control Part 참조)는, 부스트 컨버터(120)의 출력 전압(v_{DCH})과 인덕터 전류(i_{boost})를 사용하여 MOSFET(S_{boost})을 위한 게이트 신호를 생성한다.

[0044] 부스트 컨버터(120)의 MOSFET(S_{boost}), 다이오드(D5), 및 인덕터(L_{boost})는 단상 계통 전원(vg)과 다이오드 정류기(110)로부터 생성된 전압(v_{DCL}) 스위칭 주파수를 고려하여 선정된다.

[0045] 부스트 컨버터(120)와 벅 컨버터(140)의 사이에는 커패시터(C_{SRC})가 연결된다. 즉, 커패시터(C_{SRC})의 일측이 하프 브리지 직렬 공진 컨버터(HBSR)(130)의 변압기(TRS)의 2차 측 코일에 연결된 전파 다이오드 정류기의 일측 출력단(D6와 D8의 캐소드의 공통 접속단)에 연결되고, 커패시터(C_{SRC})의 타측이 하프 브리지 직렬 공진 컨버터(HBSR)(130)의 변압기(TRS)의 2차 측 코일에 연결된 전파 다이오드 정류기의 타측 출력단(D7와 D9의 애노드의 공통 접속단)에 연결된다.

[0046] 벅 컨버터(140)의 MOSFET(S_{buck}), 다이오드(D10), 및 인덕터(L_{buck})는 입력 전압(v_{SRC}) 및 스위칭 주파수를 고려하여 선정된다.

[0047] 즉, 벅 컨버터(140)는 MOSFET(S_{buck})의 드레인이 하프 브리지 직렬 공진 컨버터(HBSR)(130)의 변압기(TRS)의 2차 측 코일에 연결된 전파 다이오드 정류기의 일측 출력단(D6와 D8의 캐소드의 공통 접속단)에 연결되고, 다이오드(D10)의 캐소드가 MOSFET(S_{buck})의 소오스에 연결되며, 다이오드(D10)의 애노드가 하프 브리지 직렬 공진 컨버터(HBSR)(130)의 변압기(TRS)의 2차 측 코일에 연결된 전파 다이오드 정류기의 타측 출력단(D7와 D9의 애노드의 공통 접속단)에 연결되고, MOSFET(S_{buck})과 다이오드(D10)의 공통 접속점에 인덕터(L_{buck})의 일측이 연결되고, 커패시터(C_{buck})의 일측이 인덕터(L_{buck})의 타측에 연결되며 커패시터(C_{buck})의 타측이 다이오드(D10)의 애노드에 연결되고, 인덕터(L_{buck})와 커패시터(C_{buck})의 공통 접속점 및 커패시터(C_{buck})의 타측에 PMD용 배터리(미도시)가 연결되고, PMD용 배터리(미도시)를 충전하기 위한 배터리 충전 전압(V_{BAT})이 출력된다.

[0048] 벅 컨버터(140)의 인덕터(L_{buck})는 벅 컨버터(140)에 적용되는 스위칭 주파수와 입력 전압(v_{SRC})을 고려하여 설계된다.

[0049] HBSR 컨버터(130)는 입력 전압(v_{DCH})을 출력 전압(v_{SCR})으로 강압하여 벅 컨버터(140)에 인가하고, 벅 컨버터(140)는 비례-적분 제어 기반 전압 및 전류 제어를 통해 입력 전압(v_{SRC})을 강압 제어하여 출력 전압(V_{BAT})으로 출력한다.

[0050] 한편 보드 B의 제어 부품(예 : 프로세서, DSP, ADC 등)은 디지털 신호 프로세서(DSP), 공동 테스트 작업 그룹(JTAG) 및 기타 주변 회로를 포함한다. JTAG은 제어용 컴퓨터에 연결하여 과전류(OC) 및 과전압(OV)으로부터 보호하기 위한 제어에 사용된다.

[0051] 상기 프로세서(DSP 포함)(미도시)는 센서로부터 전압과 전류를 측정하고, 이를 바탕으로 각 MOSFET의 스위칭 주파수를 제어한다.

[0052] 도 5는 도 1에 있어서, 부스트 컨버터, HBSR 컨버터, 및 벅 컨버터의 제어 방법을 설명하기 위하여 보인 예시도이다.

[0053] 도 5를 참조하면, 220 Vrms/60Hz의 AC 전압인 단상 계통 전원(단상 그리드 소스)(vg)는 다이오드 정류기(110)에 인가되고, 단상 계통 전원(vg)은 다이오드 정류기(110)를 통해 전파 정류되어 DC 전압인 출력 전압(v_{DCL})으로 변환되어 부스트 컨버터(120)에 인가된다.

[0054] 다이오드 정류기(110)의 출력 전압(v_{DCL})은 부스트 컨버터(120)에 의해 부스팅된 출력 전압(v_{DCH})으로 출력되며, 또한 부스트 컨버터(120)는 PWM 방식으로 단상 계통 전원(단상 그리드 소스)(vg)의 역률 보정(PFC)을 수행한다.

[0055] 보다 구체적으로, 프로세서(미도시)는 부스트 컨버터(120)의 출력 전압(v_{DCH})과 인덕터 전류(i_{boost}) 및 400V의 기

준 전압(v^*_{DCH})을 바탕으로 PFC를 수행하며, 또한 게이트 신호를 PWM 신호로 생성하여 부스트 컨버터(120)의 MOSFET(S_{boost})를 동작시킨다. 결과적으로 부스트 컨버터(120)의 출력 전압(v_{DCH})은 400V의 기준 전압(v^*_{DCH})에 의해 제어되고, HBSR 컨버터(130)에 의해 강압된 전압(v_{SRC})이 출력된다.

[0056] HBSR 컨버터(130)의 MOSFET(S_{Ap}, S_{An})는 지정된 듀티비(예 : Duty Ratio 0.5)의 PWM 방식으로 입력 전압(v_{DCH})을 출력 전압(v_{SCR})으로 강압하여 벅 컨버터(140)에 인가한다.

[0057] 벅 컨버터(140)는 비례-적분 제어 기반 전압 및 전류 제어를 통해 입력 전압(v_{SRC})을 강압 제어하여 출력 전압(V_{BAT})으로 출력한다.

[0058] 예컨대 벅 컨버터(140)는 출력단에 연결된 PMD 배터리의 전압에 따라 출력 전압(V_{BAT})이 변경되어, 가령, 24V, 48V, 60V, 72V 등의 출력 전압(V_{BAT})을 출력한다.

[0059] 보다 구체적으로 벅 컨버터(140)는, 정전압(CV) 모드에서 출력 전압(V_{BAT}) 및 출력 전류(i_{buck})는 비례 적분(PI) 제어기를 사용하여 기준 전압 및 기준 전류(V^*_{BAT} 및 i^*_{buck})로 제어된다. 반면 벅 컨버터(140)는, 정전류(CC) 모드에서는 전류 제어기만 사용한다.

[0060] 이 때 전압 및 전류 제어기의 각 출력은 아래의 수학식 1과 같이 표현된다.

수학식 1

[0061]
$$i^*_{buck} = K_{pvc}\left(V^*_{BAT} - V_{BAT}\right) + \frac{K_{ivc}}{s}\left(V^*_{BAT} - V_{BAT}\right),$$
$$V^*_{buck} = K_{pcc}\left(i^*_{buck} - i_{buck}\right) + \frac{K_{icc}}{s}\left(i^*_{buck} - i_{buck}\right),$$

[0062] 여기서 K_{pvc}, K_{ivc}, K_{pcc} 및 K_{icc}는 전압 및 전류 제어기의 비례 및 적분 이득이고, V^*_{buck}은 기준 전압, i^*_{buck}은 기준 전류, V_{BAT}는 출력 전압, i_{buck}는 출력 전류이다.

[0063] 결과적으로 벅 컨버터(140)의 MOSFET(S_{buck})에 대한 듀티비는 전류 제어기의 출력인 기준 전압(V^*_{buck})에 의해 결정된다.

[0064] 도 6은 단상 계통 전원을 적용했을 때 본 실시예에 따른 PMD용 배터리 충전 장치의 실험 결과를 보인 예시도이다.

[0065] 도 6의 (a)와 (b)에 도시된 바와 같이, AC 전원인 입력 전압(vg)과 입력 전류(ig)가 입력됨에 따라, 부스트 컨버터(120)의 출력 전압(v_{DCH})이 증가하고, 부스트 컨버터(120)의 작동에 따라 출력 전압(v_{DCH})은 400V의 기준 전압(v^*_{DCH})에 의해 제어된다.

[0066] 도 7, 8, 9, 10은 본 실시예에 따른 PMD용 배터리 충전 장치의 출력 전압을 각각 24V, 48V, 60V, 72V로 제어할 때 실험 결과를 보인 예시도로서, 본 실시예에서는 다양한 PMD의 요구사항에 따른 배터리의 정격전류를 고려하여, 부하저항을 각각 1.6Ω, 3.2Ω, 5.0Ω, 7.2Ω으로 설정하였다.

[0067] 이 때 입력 전압(vg)은 220Vrms/60Hz에서 단상 계통 전원에 의해 생성되고, 도 7 내지 도 10에 도시된 바와 같이, 입력 전류(ig)의 위상은 부스트 컨버터(120)를 사용하는 입력 스테이지의 PFC를 통해 입력 전압(vg)의 위상과 동일하게 되며(도 7 내지 도 10의 (a),(b) 참조), 벅 컨버터(140)의 출력 전압(V_{BAT})을 각각 24V, 48V, 60V, 및 72V로 제어하였을 경우, 해당하는 전압과 전류가 도 7내지 도 10의 (c),(d)의 파형과 같이 직류로 출력된다.

[0068] 도 11은 도 8과 동일한 시나리오에서 PMD용 배터리 충전 장치의 역률 및 효율 분석하는 방법을 보인 예시도로서, 단상 계통 전원의 역률은 입력 전압(vg)와 입력 전류(ig) 사이의 위상차를 나타내며, 본 실시예에서 부스트 컨버터(120)는 PFC를 수행하므로, 도 11의 역률(λ1)을 단위 역률로 제어한다. 또한 본 실시예에서

PMD용 배터리 충전 장치의 효율(η1)은 약 91.1%로 PMD용 배터리 충전 장치의 적용 측면에서 수용 가능함을 알 수 있다.

[0069] 이상으로 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 하여 설명되었으나, 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 기술적 보호범위는 아래의 특허청구범위에 의해서 정하여져야 할 것이다. 또한 본 명세서에서 설명된 구현은, 예컨대, 방법 또는 프로세스, 장치, 소프트웨어 프로그램, 데이터 스트림 또는 신호로 구현될 수 있다. 단일 형태의 구현의 맥락에서만 논의(예컨대, 방법으로서만 논의)되었더라도, 논의된 특징의 구현은 또한 다른 형태(예컨대, 장치 또는 프로그램)로도 구현될 수 있다. 장치는 적절한 하드웨어, 소프트웨어 및 펌웨어 등으로 구현될 수 있다. 방법은, 예컨대, 컴퓨터, 마이크로프로세서, 집적 회로 또는 프로그래밍가능한 로직 디바이스 등을 포함하는 프로세싱 디바이스를 일반적으로 지칭하는 프로세서 등과 같은 장치에서 구현될 수 있다. 프로세서는 또한 최종-사용자 사이에 정보의 통신을 용이하게 하는 컴퓨터, 셀 폰, 휴대용/개인용 정보 단말기(personal digital assistant: "PDA") 및 다른 디바이스 등과 같은 통신 디바이스를 포함한다.

부호의 설명

[0070] 110 : 다이오드 정류기

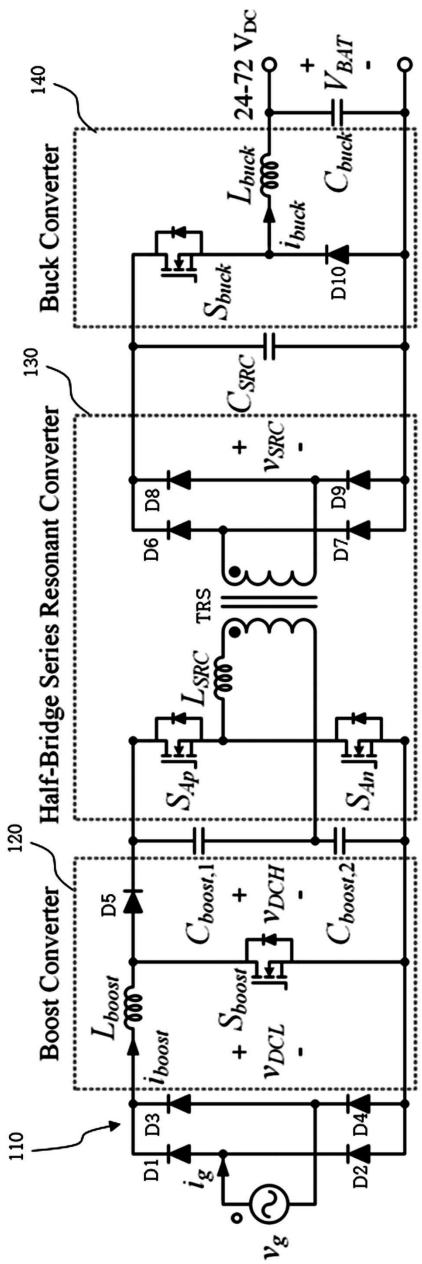
120 : 부스트 컨버터

130 : 하프 브리지 직렬 공진 컨버터(HBSR)

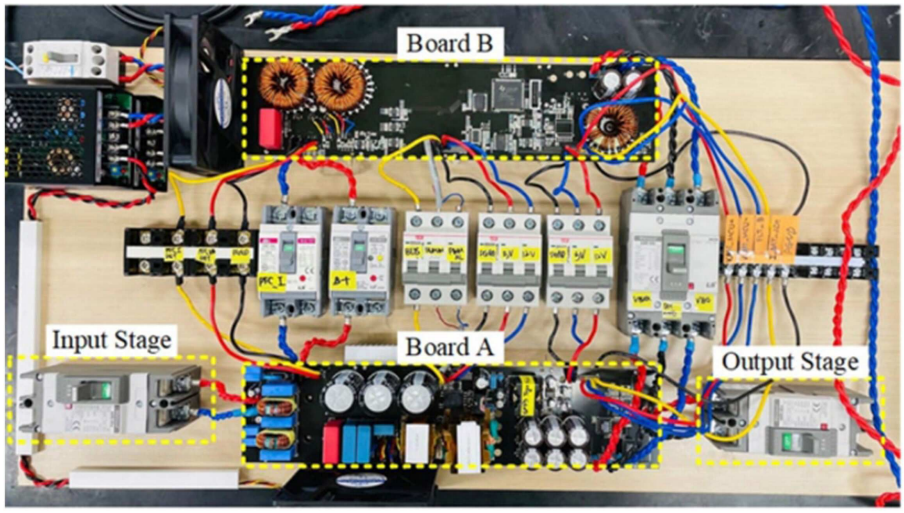
140 : 벅 컨버터

도면

도면1


140
Buck Converter
130
Half-Bridge Series Resonant Converter
120
Boost Converter
110
24-72 VDC
VBAT
Lbuck
ibuck
Cbuck
Sbuck
D10
CSRC
vSRC
D8
D9
D6
D7
TRS
LSRC
SAp
SAn
Cboost,1
Cboost,2
vDCH
D5
Lboost
iboost
Sboost
vDCL
D3
D4
D1
D2
ig
vg

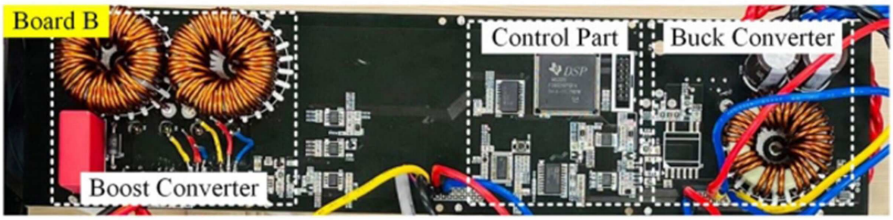
도면2



도면3

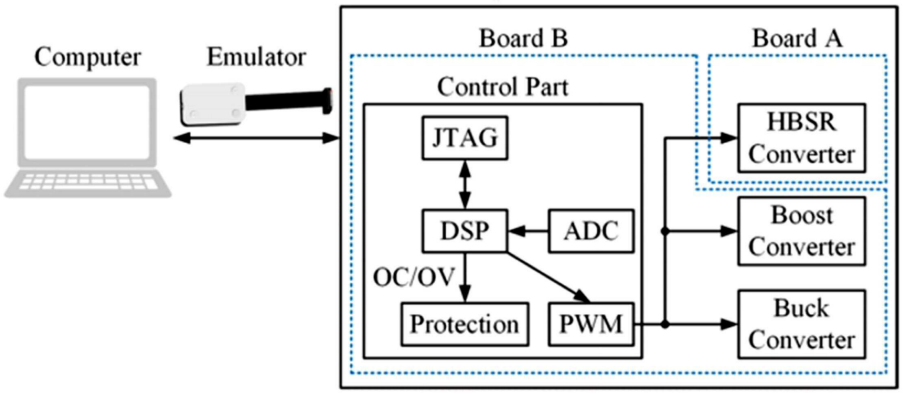


(a)

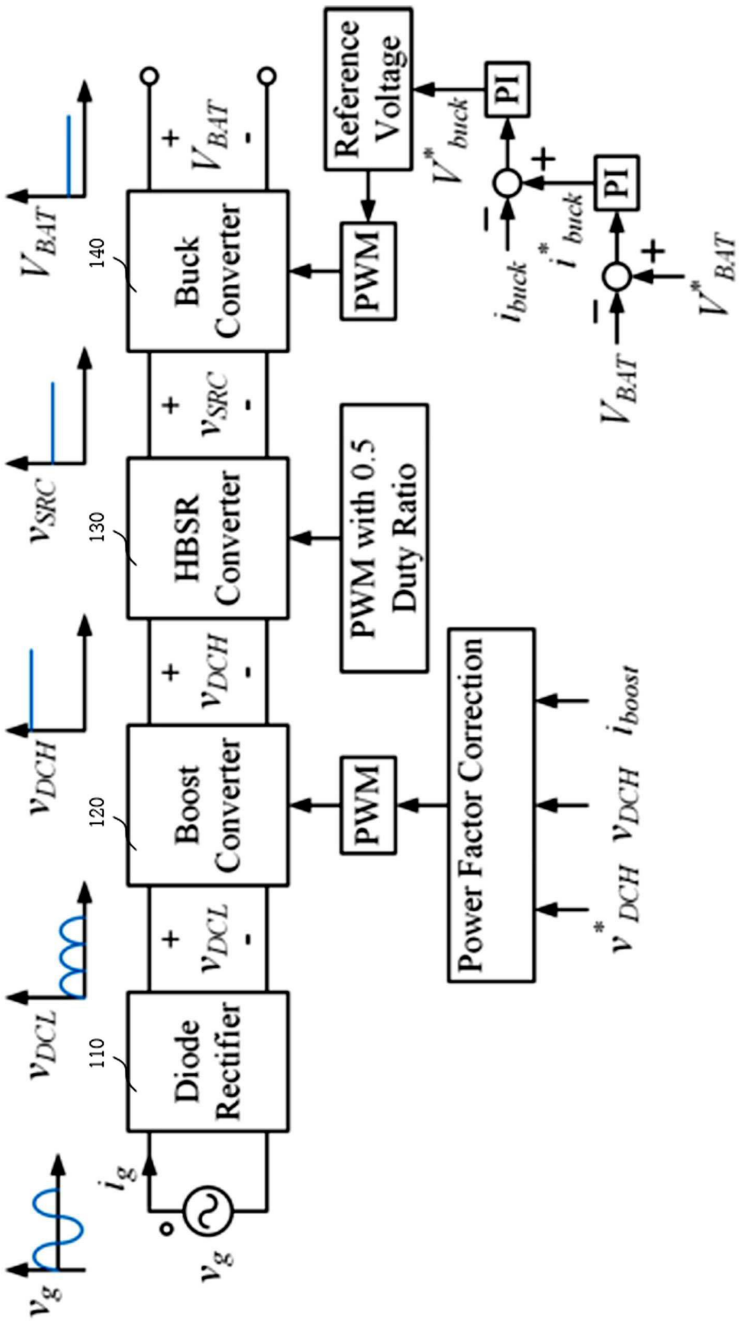


(b)

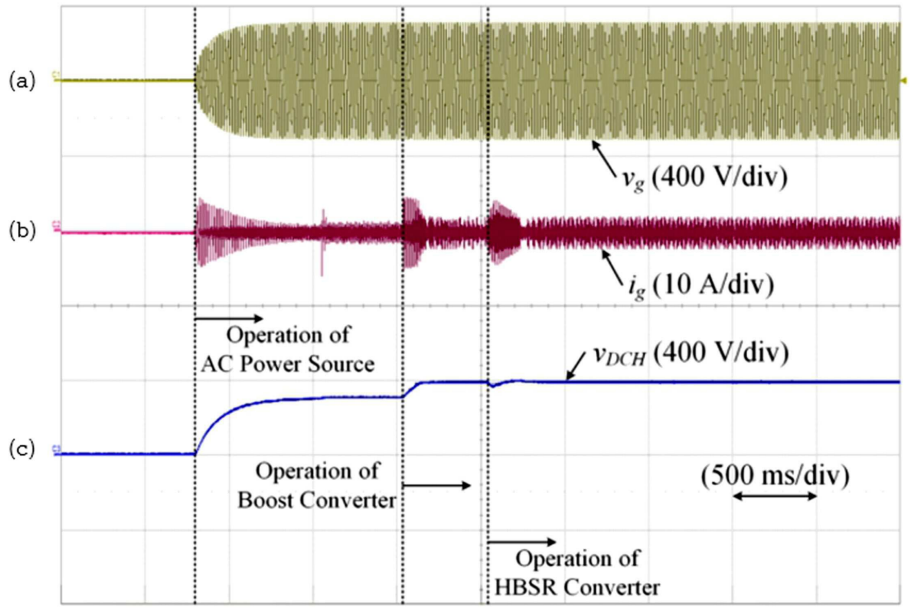
도면4



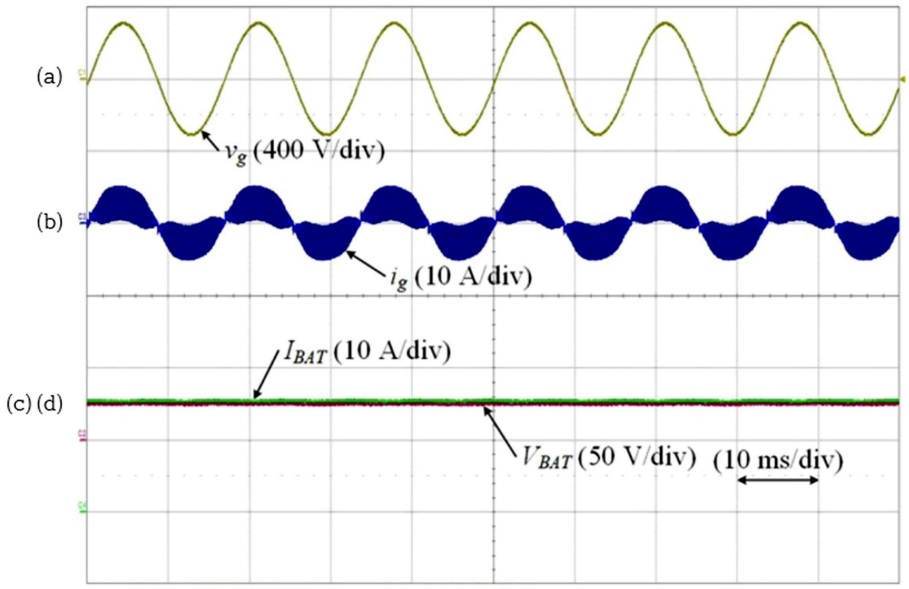
도면5


Diode Rectifier
110
Boost Converter
120
HBSR Converter
130
Buck Converter
140
PWM
PWM
PWM with 0.5 Duty Ratio
Power Factor Correction
Reference Voltage
PI
PI
v_g
i_g
v_{DCL}
v_{DCH}
v_{SRC}
V_{BAT}
i_{boost}
i_{buck}
i^*_{buck}
V^*_{buck}
V^*_{BAT}

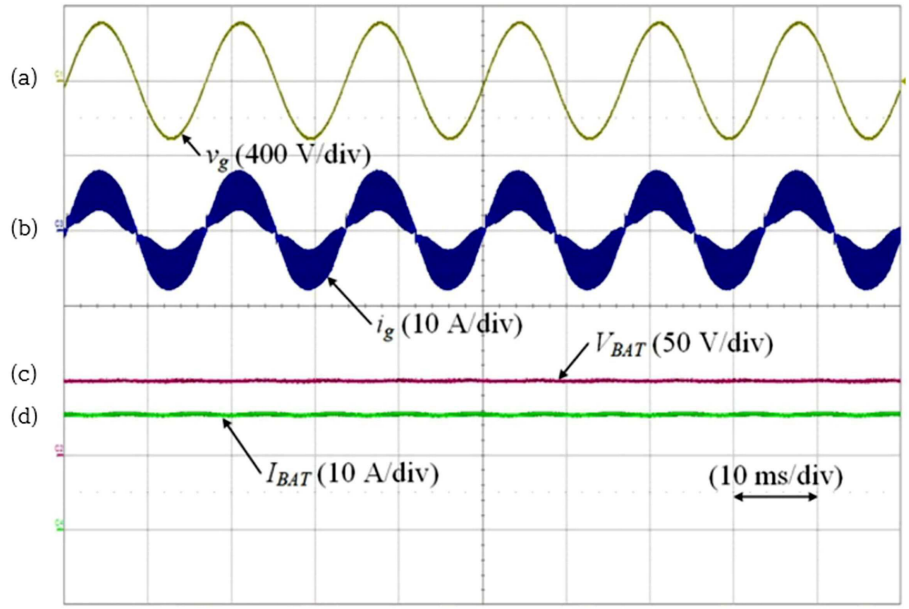
도면6


(a)
(b)
(c)
v_g (400 V/div)
i_g (10 A/div)
Operation of
AC Power Source
v_{DCH} (400 V/div)
Operation of
Boost Converter
(500 ms/div)
Operation of
HBSR Converter

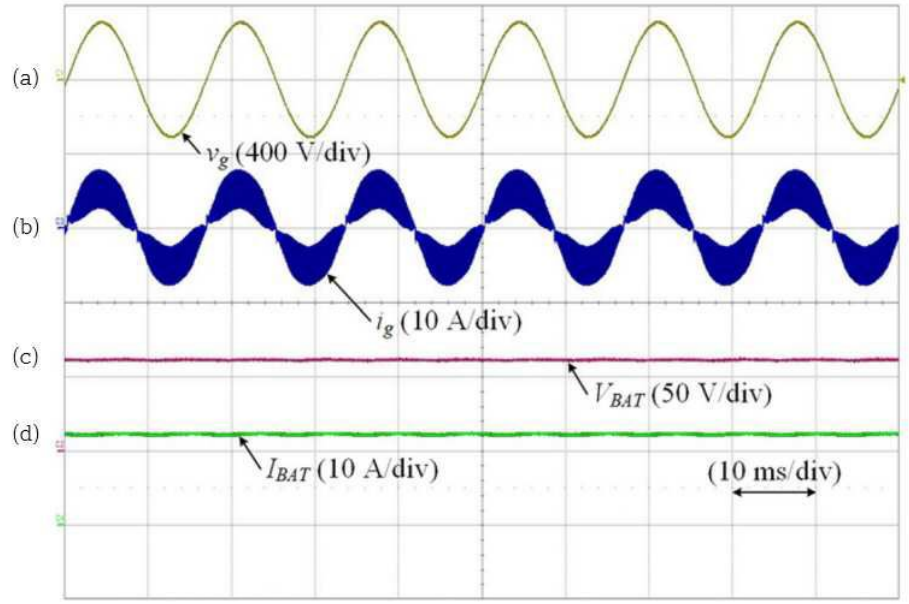
도면7


(a)
(b)
(c) (d)
v_g (400 V/div)
i_g (10 A/div)
I_{BAT} (10 A/div)
V_{BAT} (50 V/div)
(10 ms/div)

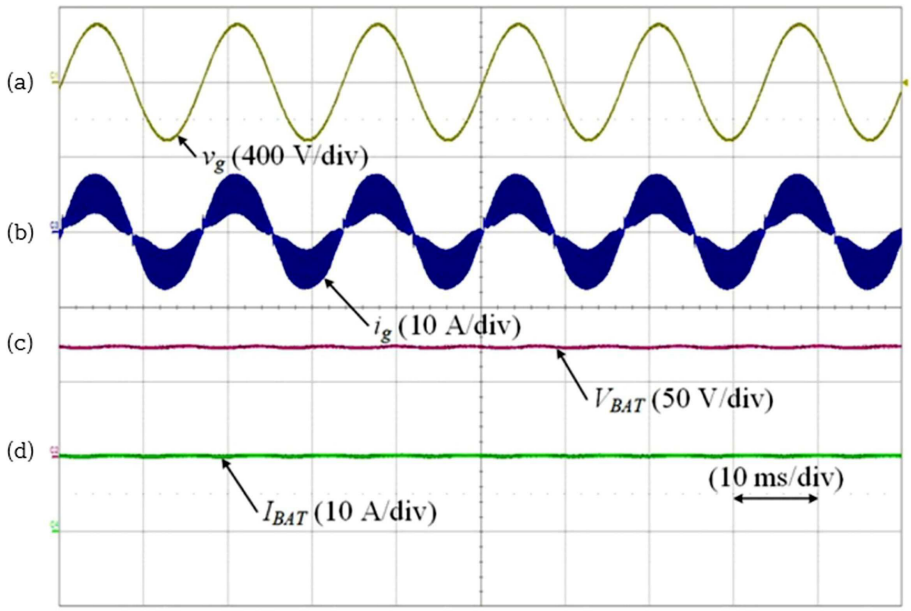
도면8


(a)
(b)
(c)
(d)
v_g (400 V/div)
i_g (10 A/div)
V_{BAT} (50 V/div)
I_{BAT} (10 A/div)
(10 ms/div)

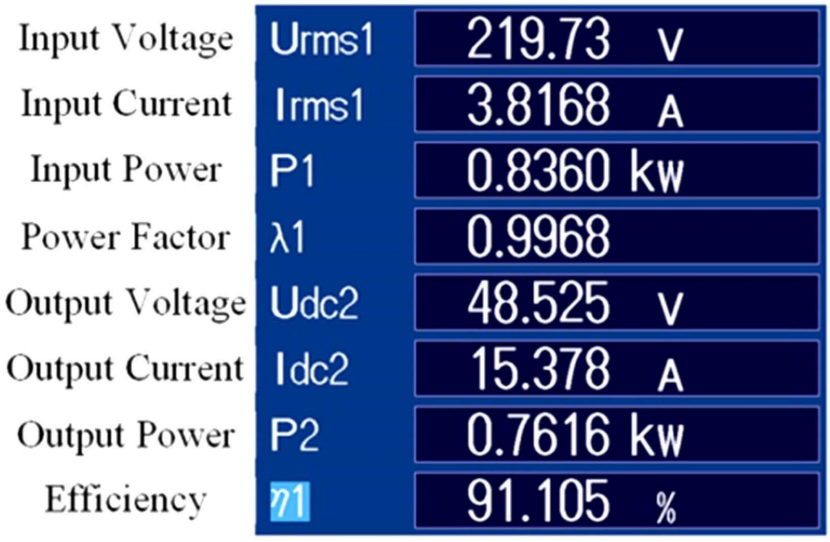
도면9


(a)
(b)
(c)
(d)
v_g (400 V/div)
i_g (10 A/div)
V_{BAT} (50 V/div)
I_{BAT} (10 A/div)
(10 ms/div)

도면10


(a)
v_g (400 V/div)
(b)
i_g (10 A/div)
(c)
V_{BAT} (50 V/div)
(d)
(10 ms/div)
I_{BAT} (10 A/div)

도면11


Input Voltage
Urms1
219.73 V
Input Current
Irms1
3.8168 A
Input Power
P1
0.8360 kw
Power Factor
λ1
0.9968
Output Voltage
Udc2
48.525 V
Output Current
Idc2
15.378 A
Output Power
P2
0.7616 kw
Efficiency
η1
91.105 %