



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0087087
(43) 공개일자 2025년06월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H02J 7/04 (2006.01) B60L 53/62 (2019.01)

H02J 7/00 (2006.01) H02M 3/156 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H02J 7/04 (2013.01)

B60L 53/62 (2019.02)

(21) 출원번호 10-2023-0176499

(22) 출원일자 2023년12월07일

심사청구일자 2023년12월07일

(71) 출원인

계명대학교 산학협력단

대구광역시 달서구 달구벌대로 1095, 계명대학교 산학협력관 201호(신당동)

(72) 발명자

박영수

대구광역시 달성군 다사읍 매곡로14길 8

최준혁

경상북도 포항시 북구 두호로 66(두호동, 두호 SK VIEW 푸르지오) 108동 2102호

(74) 대리인

특허법인아주

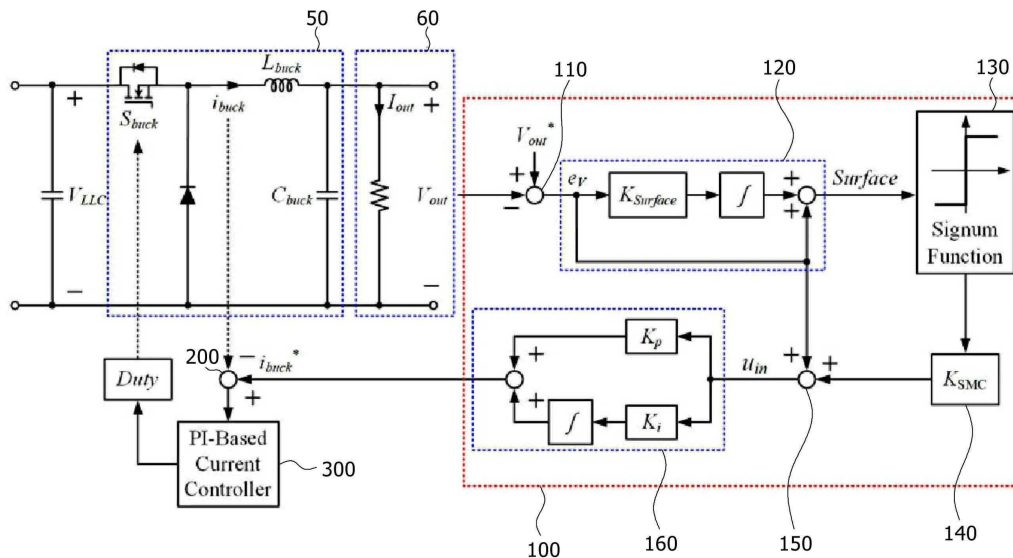
전체 청구항 수 : 총 7 항

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

(57) 요약

본 발명의 일 측면에 따른 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 제어 장치는 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전기로부터 배터리에 인가되는 출력 전압과 기 설정된 기준 출력 전압의 오차 전압으로 슬라이딩 서피스를 생성하여 시그넘 함수를 생성하고, 시그넘 함수와 기 설정된 이득으로 슬라이딩 전압값을 생성한 후, 슬라이딩 전압값과 오차 전압을 이용하여 기준 인덕터 전류를 생성하는 슬라이딩 모드 컨트롤러; 배터리 충전기의 벡 컨버터 내 인덕터에 인가되는 인덕터 전류와 기준 인덕터 전류의 오차 전류를 생성하는 오차 전류 생성부; 및 오차 전류에 따라 벡 컨버터를 제어하는 전류 컨트롤러를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도



(52) CPC특허분류

H02J 7/00712 (2023.08)

H02M 3/156 (2013.01)

B60L 2200/24 (2013.01)

B60L 2210/12 (2013.01)

H02J 2207/20 (2023.08)

Y02T 90/12 (2020.08)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711194180
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	2023.03.01 ~ 2024.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전기로부터 배터리에 인가되는 출력 전압과 기 설정된 기준 출력 전압의 오차 전압으로 슬라이딩 서피스를 생성하여 시그널 함수를 생성하고, 상기 시그널 함수와 기 설정된 이득으로 슬라이딩 전압값을 생성한 후, 상기 슬라이딩 전압값과 상기 오차 전압을 이용하여 기준 인덕터 전류를 생성하는 슬라이딩 모드 컨트롤러;

상기 배터리 충전기의 벅 컨버터 내 인덕터에 인가되는 인덕터 전류와 상기 기준 인덕터 전류의 오차 전류를 생성하는 오차 전류 생성부; 및

상기 오차 전류에 따라 상기 벅 컨버터를 제어하는 전류 컨트롤러를 포함하는 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 제어 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 슬라이딩 모드 컨트롤러는

상기 출력 전압과 상기 기준 출력 전압으로 상기 오차 전압을 산출하는 출력 전압 오차 산출부;

상기 오차 전압을 이용하여 슬라이딩 서피스를 생성하는 슬라이딩 서피스 생성부;

상기 슬라이딩 서피스로 상기 시그널 함수를 생성하는 시그널 함수 생성부;

상기 시그널 함수와 상기 이득으로 상기 슬라이딩 전압값을 생성하는 슬라이딩 전압값 생성부;

상기 슬라이딩 전압값과 상기 출력 전압으로 오차 입력 전압을 생성하는 오차 입력 전압 생성부; 및

상기 오차 입력 전압을 비례 적분 제어하여 상기 기준 인덕터 전류를 생성하는 PI 컨트롤러를 포함하는 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 제어 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 슬라이딩 서피스 생성부는

상기 오차 전압과 기 설정된 슬라이딩 계수를 이용하여 상기 슬라이딩 서피스를 생성하고,

상기 슬라이딩 계수는 상기 오차 전압이 0으로 수렴하는 비율인 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 제어 장치.

청구항 4

제2항에 있어서, 상기 시그널 함수 생성부는

상기 시그널 함수를 1, 0, 및 -1 중 어느 하나로 생성하는 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 제어 장치.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 시그널 함수 생성부는

상기 슬라이딩 서피스가 0보다 크면 상기 시그널 함수를 1로 설정하고, 상기 슬라이딩 서피스가 0보다 작으면 상기 시그널 함수를 -1로 설정하며, 상기 슬라이딩 서피스가 0이면 상기 시그널 함수를 0으로 설정하는 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 제어 장치.

청구항 6

제2항에 있어서, 상기 오차 입력 전압 생성부는

상기 슬라이딩 전압과 상기 오차 전압을 합산하여 상기 오차 입력 전압을 생성하는 퍼스널 모빌리티 디바이스

배터리 충전 제어 장치.

청구항 7

제2항에 있어서, 상기 전류 컨트롤러는

상기 오차 전류에 따라 상기 벡 컨버터 내 벡 스위치를 제어하기 위한 듀티비를 생성하여 상기 듀티비에 따라 상기 벡 스위치를 제어하는 퍼스널 모빌리티 디바이스 배터리 충전 제어 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 제어 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 퍼스널 모빌리티 디바이스(Personal Mobility Devices; PMD)는 전기 자전거, 전기 스쿠터, 전동 세그웨이 등 다양한 유형으로 분류될 수 있다. 이러한 다양한 퍼스널 모빌리티 디바이스에는 각기 다른 전압의 배터리가 장착될 수 있다.

[0003] 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전기의 경우 출력 전압은 비례 적분 컨트롤러로 제어할 수 있다.

[0004] 비례 적분 컨트롤러는 구조가 간단하고 구현하기 쉽다. 그러나 출력 전압의 동적 특성을 향상시키기 위해서는 PI 컨트롤러 이득을 증가시켜야 하는데, 출력 전압이 안정된 상태로 돌아오기 전에 출력 전압이 원하는 값을 초과하는 오버슈트가 발생하고, 이러한 오버슈트는 배터리 충전기의 안정성에 악영향을 미칠 수 있다.

[0005] 따라서 배터리 충전기의 안정성을 고려하여 오버 슈트없이 출력 전압의 동적 특성을 향상시키고 오버슈트 없이 출력 전압을 제어할 것이 필요성이 있었다.

[0006] 본 발명의 배경기술은 대한민국 등록특허공보 10-2369196호(2022.02.24)의 '배터리의 충방전 특성을 사용하여 배터리에 전기 에너지를 저장하기 위한 에너지 저장 방법이 적용된 ESS 시스템'에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 전술한 문제점을 개선하기 위해 창안된 것으로서, 본 발명의 일 측면에 따른 목적은 슬라이딩 모드 제어(Sliding Mode Control; SMC)를 사용하여 오버슈트가 발생하지 않고 출력 전압의 동적 특성을 개선한 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 제어 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일 측면에 따른 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 제어 장치는 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전기로부터 배터리에 인가되는 출력 전압과 기 설정된 기준 출력 전압의 오차 전압으로 슬라이딩 서피스를 생성하여 시그널 함수를 생성하고, 상기 시그널 함수와 기 설정된 이득으로 슬라이딩 전압값을 생성한 후, 상기 슬라이딩 전압값과 상기 오차 전압을 이용하여 기준 인덕터 전류를 생성하는 슬라이딩 모드 컨트롤러; 상기 배터리 충전기의 벡 컨버터 내 인덕터에 인가되는 인덕터 전류와 상기 기준 인덕터 전류의 오차 전류를 생성하는 오차 전류 생성부; 및 상기 오차 전류에 따라 상기 벡 컨버터를 제어하는 전류 컨트롤러를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0009] 본 발명의 상기 슬라이딩 모드 컨트롤러는 상기 출력 전압과 상기 기준 출력 전압으로 상기 오차 전압을 산출하는 출력 전압 오차 산출부; 상기 오차 전압을 이용하여 슬라이딩 서피스를 생성하는 슬라이딩 서피스 생성부; 상기 슬라이딩 서피스로 상기 시그널 함수를 생성하는 시그널 함수 생성부; 상기 시그널 함수와 상기 이득으로 상기 슬라이딩 전압값을 생성하는 슬라이딩 전압값 생성부; 상기 슬라이딩 전압값과 상기 출력 전압으로 오차 입력 전압을 생성하는 오차 입력 전압 생성부; 및 상기 오차 입력 전압을 비례 적분 제어하여 상기 기준 인덕터 전류를 생성하는 PI 컨트롤러를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0010] 본 발명의상기 슬라이딩 서피스 생성부는 상기 오차 전압과 기 설정된 슬라이딩 계수를 이용하여 상기 슬라이딩

서피스를 생성하고, 상기 슬라이딩 계수는 상기 오차 전압이 0으로 수렴하는 비율인 것을 특징으로 한다.

- [0011] 본 발명의상기 시그넘 함수 생성부는 상기 시그넘 함수를 1, 0, 및 -1 중 어느 하나로 생성하는 것을 특징으로 한다.
- [0012] 본 발명의상기 시그넘 함수 생성부는 상기 슬라이딩 서피스가 0보다 크면 상기 시그넘 함수를 1로 설정하고, 상기 슬라이딩 서피스가 0보다 작으면 상기 시그넘 함수를 -1로 설정하며, 상기 슬라이딩 서피스가 0이면 상기 시그넘 함수를 0으로 설정하는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 본 발명의상기 오차 입력 전압 생성부는 상기 슬라이딩 전압과 상기 오차 전압을 합산하여 상기 오차 입력 전압을 생성하는 것을 특징으로 한다.
- [0014] 본 발명의상기 전류 컨트롤러는 상기 오차 전류에 따라 상기 벡 컨버터 내 벡 스위치를 제어하기 위한 듀티비를 생성하여 상기 듀티비에 따라 상기 벡 스위치를 제어하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0015] 본 발명의 일 측면에 따른 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 제어 장치는 슬라이딩 모드 제어(Sliding Mode Control; SMC)를 사용하여 오버슈트가 발생하지 않고 출력 전압의 동적 특성을 개선한다.

도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1은 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전기의 회로도이다.
- 도 2는 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 제어 장치의 구성도이다.
- 도 3은 슬라이딩 모드 제어를 사용한 출력 전압 제어 시뮬레이션 결과를 나타낸 도면이다.
- 도 4는 슬라이딩 모드 제어를 사용한 출력 전압 제어에 대한 시뮬레이션 결과를 나타낸 도면이다.
- 도 5는 PI 컨트롤러와 슬라이딩 모드 제어에 따른 출력 전압 제어 시뮬레이션 결과를 나타낸 도면이다.
- 도 6은 AC 전원 공급 장치와 전원 보드를 나타낸 도면이다.
- 도 7은 슬라이딩 모드 제어에 따른 출력 전압 제어 시뮬레이션 결과를 나타낸 도면이다.
- 도 8은 이득(K_{SMC})에 따라 슬라이딩 모드 제어 방법을 사용한 출력 전압 제어의 실험 결과를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 이하에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 장치를 첨부된 도면들을 참조하여 상세하게 설명한다. 이러한 과정에서 도면에 도시된 선들의 두께나 구성요소의 크기 등은 설명의 명료성과 편의상 과장되게 도시되어 있을 수 있다. 또한 후술되는 용어들은 본 명세서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서, 이는 이용자, 운용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 이러한 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0018] 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고, 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면부호를 붙였다.
- [0019] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성 요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0020] 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 프로그래밍 가능한 로직 디바이스 등을 포함하는 프로세싱 디바이스를 일반적으로 지칭하는 프로세서 등과 같은 장치에서 구현될 수 있다.
- [0021] 도 1은 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전기의 회로도이다.

- [0022] 도 1의 배터리 충전기는 본 발명의 일 실시예에 따른 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 제어 장치가 적용될 수 있는 것으로서, 다이오드 정류기(20), PFC(power factor correction) 부스트 컨버터(30), LLC 공진 컨버터(40), 벅 컨버터(50) 및 배터리(60)를 포함할 수 있다.
- [0023] 다이오드 정류기(20)는 풀 브릿지 다이오드를 포함할 수 있다.
- [0024] 다이오드 정류기(20)는 전압원(10)의 단일 위상 그리드 전압(V_{Grid})을 정류하여 $220V_{rms}/60Hz$ 의 단상 계통 전압을 생성할 수 있다. 다이오드 정류기(20)는 정류 과정에서 입력단의 전압과 전류 사이의 위상 불일치로 인해 전력 손실이 발생할 수 있다.
- [0025] PFC 부스트 컨버터(30)는 다이오드 정류기(20)에 의해 정류된 전압을 증가시키고 역률 제어를 통해 전력 손실을 보상할 수 있다.
- [0026] PFC 부스트 컨버터(30)의 출력 전압은 LLC 공진 컨버터(40)에 입력될 수 있다.
- [0027] LLC 공진 컨버터(40)의 입력 및 출력 스테이지는 변압기에 의해 전기적으로 절연되어 과전류와 같은 사고를 방지할 수 있다.
- [0028] LLC 공진 컨버터(40)의 입력 스테이지에 있는 커패시터(C_{boost1} , C_{boost2})는 68nF로 설계될 수 있다. 또한 LLC 공진 컨버터(40)에서 변압기의 누설 인덕턴스와 권선비는 각각 $10.8\mu H$ 및 14:7일 수 있다. LLC 공진 컨버터(40)의 출력은 벅 컨버터(50)의 입력으로 사용될 수 있다.
- [0029] 벅 컨버터(50)는 전압과 전류를 제어하여 배터리(60)를 충전시킬 수 있다. 벅 컨버터(50)는 전압이 다른 다양한 유형의 배터리(60)를 충전시킬 수 있다. 벅 컨버터(50)의 인버터(L_{buck})는 에너지를 저장하고, 벅 스위치(S_{buck})는 스위칭되어 인버터(L_{buck})에 인가되는 인덕터 전류(i_{buck})를 조절할 수 있다.
- [0030] 여기서, 상기한 충전기는 당업자에게 자명한 사항으로써 여기서는 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0031] 도 2는 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 장치의 구성도이다.
- [0032] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 제어 장치는 전류 컨트롤러(300), 오차 전류 생성부(200), 및 슬라이딩 모드 컨트롤러(100)를 포함할 수 있다.
- [0033] 전류 컨트롤러(300)는 PI 기반의 전류 컨트롤러(300)일 수 있다.
- [0034] 전류 컨트롤러(300)는 슬라이딩 모드 컨트롤러(100)로부터 기준 인덕터 전류(i_{buck}^*)를 입력받을 수 있다.
- [0035] 전류 컨트롤러(300)는 벅 컨버터(50)로부터 인덕터 전류(i_{buck})를 입력받을 수 있다.
- [0036] 전류 컨트롤러(300)는 슬라이딩 모드 컨트롤러(100)로부터 기준 인덕터 전류(i_{buck}^*)와 벅 컨버터(50)로부터 인덕터 전류(i_{buck})의 오차 전류를 PI 제어하여 듀티비를 생성할 수 있다.
- [0037] 전류 컨트롤러(300)는 생성된 듀티비에 따라 벅 컨버터(50)의 벅 스위치(S_{buck})를 PWM 제어하여 벅 컨버터(50)의 출력을 제어할 수 있다.
- [0038] 이에 따라, 슬라이딩 모드 컨트롤러(100)는 슬라이딩 모드 제어(Sliding Mode Control; SMC)를 통해 오버슈트가 발생을 줄이고, 출력 전압의 동적 특성을 개선할 수 있도록 한다.
- [0039] 슬라이딩 모드 컨트롤러(100)는 배터리 충전기의 출력 전압(V_{out})을 제어하는 데 사용될 수 있다.
- [0040] 슬라이딩 모드 컨트롤러(100)는 외란에 강한 특성을 가진 비선형 제어 방식을 사용할 수 있다.
- [0041] 슬라이딩 모드 컨트롤러(100)는 출력 전압 오차 산출부(110), 슬라이딩 서피스 생성부(120), 시그넘 함수 생성부(130), 이득 곱셈부(140), 오차 입력 전압 생성부(150), 및 PI 컨트롤러(160)를 포함할 수 있다.
- [0042] 슬라이딩 모드 컨트롤러(100)의 입력으로 사용되는 제어 변수가 0에 수렴하여 기준 출력 전압(V_{out}^*)을 추적할 수 있도록 한다.

[0043] 출력 전압 오차 산출부(110)는 기준 출력 전압(V_{out}^*)과 출력 전압(V_{out})을 입력받을 수 있다.

[0044] 출력 전압 오차 산출부(110)는 기준 출력 전압(V_{out}^*)과 출력 전압(V_{out})을 비교하여 아래의 수학적식을 통해 제어변수인 기준 출력 전압(V_{out}^*)과 출력 전압(V_{out})의 오차 전압(e_v)을 산출할 수 있다.

[0045]
$$e_v = V_{out}^* - V_{out}.$$

[0046] 슬라이딩 서피스 생성부(120)는 출력 전압 오차 산출부(110)로부터 기준 출력 전압(V_{out}^*)과 출력 전압(V_{out})의 오차 전압(e_v)을 입력받을 수 있다.

[0047] 슬라이딩 서피스 생성부(120)는 기준 출력 전압(V_{out}^*)과 출력 전압(V_{out})의 오차 전압(e_v)을 사용하여 슬라이딩 서피스를 생성할 수 있다. 이는 아래의 수학적식과 같다.

[0048]
$$Surface = e_v + K_{Surface} \int e_v dt$$

[0049] 여기서, $K_{surface}$ 는 슬라이딩 계수로서, 양수인 상수로서 선택될 수 있다.

[0050] 슬라이딩 계수($K_{surface}$)는 슬라이딩 서피스의 기울기를 나타내며, 기준 출력 전압(V_{out}^*)과 출력 전압(V_{out})의 오차 전압(e_v)이 0으로 수렴하는 비율일 수 있다.

[0051] 본 실시예에서는 슬라이딩 계수($K_{surface}$)가 1로 설정될 수 있다.

[0052] 이러한 슬라이딩 서피스(surface)는 다음의 2가지 프로세서에 사용될 수 있다.

[0053] 첫째, 기준 출력 전압(V_{out}^*)과 출력 전압(V_{out})의 오차 전압(e_v)이 유한한 시간 내에서 0으로 수렴하는 포인트에 도달하는 데 사용될 수 있다.

[0054] 둘째, 기준 출력 전압(V_{out}^*)과 출력 전압(V_{out})의 오차 전압(e_v)이 모델 불확실성, 교란 또는 기타 외부 요인으로 인해 슬라이딩 서피스(surface)에서 벗어날 때 슬라이딩 서피스(surface)가 0이 되는 지점에서 강제로 작동하는데 사용될 수 있다.

[0055] 기준 출력 전압(V_{out}^*)과 출력 전압(V_{out})의 오차 전압(e_v)에서 슬라이딩 서피스를 추적할 경우 채터링 현상이 발생할 수 있다.

[0056] 채터링 현상은 전압 및 전류 리플, 효율 저하, 스위치의 발열과 같은 문제를 일으킬 수 있다. 따라서 채터링 현상을 줄이기 위해 시그넘 함수(surface)가 사용될 수 있다.

[0057] 시그넘 함수 생성부(130)는 슬라이딩 서피스($\text{sgn}(\text{surface})$)로 시그넘 함수(surface)를 생성할 수 있다. 이는 아래의 수학적식 3과 같다.

[0058]
$$\text{sgn}(\text{Surface}) = \begin{cases} 1, & \text{Surface} > 0 \\ 0, & \text{Surface} = 0 \\ -1, & \text{Surface} < 0 \end{cases}$$

[0059] 즉, 시그넘 함수 생성부(130)는 슬라이딩 서피스(surface)가 0보다 크면 시그넘 함수($\text{sgn}(\text{surface})$)를 1로 설정하고, 슬라이딩 서피스(surface)가 0보다 작으면 시그넘 함수($\text{sgn}(\text{surface})$)를 -1로 설정하고, 슬라이딩 서피스(surface)가 0이면 시그넘 함수($\text{sgn}(\text{surface})$)를 0으로 설정할 수 있다.

[0060] 이득 곱셈부(140)는 시그넘 함수($\text{sgn}(\text{surface})$)에 이득($K_{surface}$)을 곱하여 슬라이딩 전압($K_{SMC}\text{sgn}(\text{Surface})$)을 생

성할 수 있다. 이득 곱셈부(140)는 생성된 슬라이딩 전압($K_{SMC} \text{sgn}(\text{Surface})$)을 오차 입력 전압 생성부(150)에 입력할 수 있다.

[0061] 오차 입력 전압 생성부(150)는 기준 출력 전압(V_{out}^*)과 출력 전압(V_{out})의 오차 전압(e_v)에 슬라이딩 전압($K_{SMC} \text{sgn}(\text{Surface})$)을 합산하여 오차 입력 전압(u_{in})을 생성할 수 있다. 오차 입력 전압 생성부(150)에서 생성된 오차 입력 전압(u_{in})은 PI 컨트롤러(160)에 입력될 수 있다.

[0062] PI 컨트롤러(160)는 오차 입력 전압(u_{in})을 비례 적분 제어하여 기준 인덕터 전류(i_{buck}^*)를 생성할 수 있다.

[0063] 기준 인덕터 전류(i_{buck}^*)는 아래의 수학적식과 같다.

[0064]
$$i_{buck}^* = K_p \cdot u_{in} + K_i \cdot \int u_{in} dt$$

[0065] 여기서, K_p 와 K_i 는 PI 컨트롤러(160)의 비례 및 적분 이득일 수 있다.

[0066] 오차 전류 생성부(200)는 벡 컨버터(50)로부터 인덕터 전류(i_{buck})를 입력받고, 슬라이딩 모드 컨트롤러(100)로부터 기준 인덕터 전류(i_{buck}^*)를 입력받을 수 있다.

[0067] 오차 전류 생성부(200)는 슬라이딩 모드 컨트롤러(100)로부터 입력된 기준 인덕터 전류(i_{buck}^*)와 벡 컨버터(50)로부터 인덕터 전류(i_{buck})의 오차 전류를 생성할 수 있다.

[0068] 전류 컨트롤러(300)는 슬라이딩 모드 컨트롤러(100)로부터 기준 인덕터 전류(i_{buck}^*)를 입력받을 수 있다.

[0069] 전류 컨트롤러(300)는 벡 컨버터(50)로부터 인덕터 전류(i_{buck})를 입력받을 수 있다.

[0070] 전류 컨트롤러(300)는 슬라이딩 모드 컨트롤러(100)로부터 기준 인덕터 전류(i_{buck}^*)와 벡 컨버터(50)로부터 인덕터 전류(i_{buck})의 오차 전류를 PI 전류 제어하여 듀티비를 생성할 수 있다.

[0071] 전류 컨트롤러(300)는 PI 기반의 전류 컨트롤러(300)일 수 있다.

[0072] 전류 컨트롤러(300)는 생성된 듀티비에 따라 벡 컨버터(50)의 스위치를 제어할 수 있다. 이에 따라, 오버슈트 발생과 출력 전압의 동적 특성이 개선될 수 있다.

[0073] 즉, 전류 컨트롤러(300)의 출력은 벡 컨버터(50)에서 벡 컨버터(50)의 스위치(S_{buck})를 작동하는 데 필요한 듀티비이다.

[0074] 본 실시예에 따른 슬라이딩 모드 방법이 배터리 충전기의 동적 특성을 개선하는 데 효과적인지 검증하기 위해 PSIM(power simulation) 툴을 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 표 1은 시뮬레이션에 사용된 파라미터이다.

표 1

[0075]

매개변수	가치	단위
단상 그리드 전압	220	V _{rms}
단상 그리드 주파수	60	Hz
스위칭 주파수	80	kHz
PFC 부스트 컨버터(30)	80	kHz
스위칭 주파수	80	kHz
LLC 공진 컨버터(40)	80	kHz
스위칭 주파수	80	kHz
벡 변화기	80	kHz
제어기	12.5	μs
부하 저항기	5	Ω

- [0076] 도 3은 슬라이딩 모드 제어를 사용한 출력 전압 제어 시뮬레이션 결과이다.
- [0077] 도 3을 참조하면, 슬라이딩 모드 제어를 사용한 충전기는 배터리 충전기의 입력 단상 계통 전압(V_{grid})은 $220V_{rms}/60Hz$ 이며, 다이오드 정류기(20)에 의해 정류된다.
- [0078] 정류된 전압은 PFC 부스트 컨버터(30)에 의해 증가되고, 도 3의 (b)와 같이 PFC 부스트 컨버터(30)의 출력 전압(V_{High})은 400V의 기준 출력 전압(V_{High}^*)으로 제어된다. 마지막으로 도 3의 (c)와 같이 배터리 충전기의 출력 전압(V_{out})은 36V로 조절된다.
- [0079] 도 4는 슬라이딩 모드 제어를 사용한 출력 전압 제어에 대한 시뮬레이션 결과를 나타낸 도면이다.
- [0080] 도 4는 PI 컨트롤러(160)와 제안한 슬라이딩 모드 제어 방식에 따른 출력 전압 제어 시뮬레이션 결과로서, 도 4의 (a)와 (b)에서는 배터리 충전기의 기준 출력 전압(V_{out}^*)이 0.5초 동안 24V에서 36V로 변경되고, PI 컨트롤러(160)와 제안한 슬라이딩 모드 방법을 사용하여 출력 전압(V_{out})이 기준 출력 전압(V_{out}^*)으로 제어되는 것을 확인할 수 있다.
- [0081] 그러나 도 4의 (a)에 표시된 과도 상태에서 출력 전압(V_{out})이 36V에 근접하는 데 걸리는 시간은 약 22ms이다. 출력 전압(V_{out})에서 동적 특성을 향상시키려면 PI 컨트롤러(160)의 이득을 증가시켜야 한다. 그러나 이는 출력 전압(V_{out})의 오버슈트를 초래할 수 있다. PI 컨트롤러(160)와 비교할 때 도 4의 (b)에 표시된 제안된 슬라이딩 모드 제어 방법에서 출력 전압(V_{out})이 36V에 근접하는 데 걸리는 정착 시간은 약 12ms이다. 따라서 본 실시예에 따른 슬라이딩 모드 제어 방법을 사용하면 오버슈트 없이 배터리 충전기의 동적 특성이 개선될 수 있다.
- [0082] 도 5는 PI 컨트롤러(160)와 슬라이딩 모드 제어에 따른 출력 전압 제어 시뮬레이션 결과를 나타낸 도면이다.
- [0083] 도 5는 (K_{SMC})에 따라 본 실시예의 슬라이딩 모드 방법을 사용한 출력 전압 제어의 시뮬레이션 결과로서, 도 4와 동일한 시나리오가 적용된다.
- [0084] 이득(K_{SMC})이 증가하면 오버슈트 없이 출력 전압(V_{out})의 정착시간이 감소할 수 있다. 하지만 채터링 현상이 발생할 수 있으므로, 전압 및 전류 리플을 고려하여 이득(K_{SMC})이 설정될 수 있다.
- [0085] 도 6은 AC 전원 공급 장치와 전원 보드를 나타낸 도면이다.
- [0086] 도 5에 표시된 실험 설정을 사용하여 본 실시예의 효과를 검증하기 위해 실험을 수행하였다.
- [0087] 도 6의 (a) $220V_{rms}/60Hz$ 의 단상 그리드 전압(V_{Grid})에 사용되는 AC 전원 공급 장치이다.
- [0088] 도 5의 (b)는 다이오드 정류기(20), PFC 부스트 컨버터(30), LLC 공진 컨버터(40), 벽 컨버터(50) 및 부하 레지스터를 포함하는 배터리 충전기의 전원 보드이다.
- [0089] 실험 파라미터는 표 1에 나열된 시뮬레이션 파라미터와 동일하다.
- [0090] 도 7은 슬라이딩 모드 제어에 따른 출력 전압 제어 시뮬레이션 결과를 나타낸 도면이다.
- [0091] 도 7은 PI 컨트롤러(160)와 본 실시예의 슬라이딩 모드 제어 방식에 따른 출력 전압 제어의 실험 결과로서, 도 4와 동일한 시나리오가 적용될 수 있다.
- [0092] LLC 공진형 컨버터의 출력전압(V_{LLC})은 200V로 제어될 수 있다. 도 7의 (a)와 (b)에서 출력 전압(V_{out})은 기준 출력 전압(V_{out}^*)으로 제어되고, 이는 PI 컨트롤러(160)와 슬라이딩 모드 제어를 이용하여 24V에서 36V로 변경된다. 그러나 도 7의 (a)에 표시된 과도 상태에서 출력 전압(V_{out})이 36V에 도달하는 데 걸리는 시간은 대략 45ms입니다. PI 컨트롤러(160)와 비교하면, 도 8의 (b)에서 제안한 슬라이딩 모드 제어 방법에서 출력 전압(V_{out})이 36V에 가까워지는 데 걸리는 시간은 대략 25ms이다. 결과적으로 배터리 충전기의 동적 특성이 오버슈트 없이 향상될 수 있다.
- [0093] 도 8은 이득(K_{SMC})에 따라 슬라이딩 모드 제어 방법을 사용한 출력 전압 제어의 실험 결과를 나타낸 도면이다.

[0094] 도 8은 슬라이딩 모드 제어 방식을 이득(K_{SMC})에 따른 출력전압 제어에 대한 실험 결과를 보여준다. 도 5와 같은 시나리오이다.

[0095] 이득(K_{SMC})이 증가하면 출력 전압(V_{out})의 정착 시간은 오버슈트 없이 감소한다. 다만, 채터링 현상이 발생할 수 있다. 따라서 이득(K_{SMC})은 전압과 전류 리플을 고려하여 설정될 수 있다. 그 결과, 본 실시예의 슬라이딩 모드 제어 기법은 PI 컨트롤러(160)에 비해 출력전압(V_{out})의 정착 시간을 44% 단축시켰다. 따라서 본 실시예에서 제안하는 슬라이딩 모드 제어 방법을 통해 배터리 충전기의 출력 전압(V_{out})의 동적 특성이 개선됨을 알 수 있다.

[0096] 이와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 퍼스널 모빌리티 디바이스용 배터리 충전 제어 장치는 슬라이딩 모드 제어를 사용하여 오버슈트가 발생하지 않고 출력 전압의 동적 특성을 개선한다.

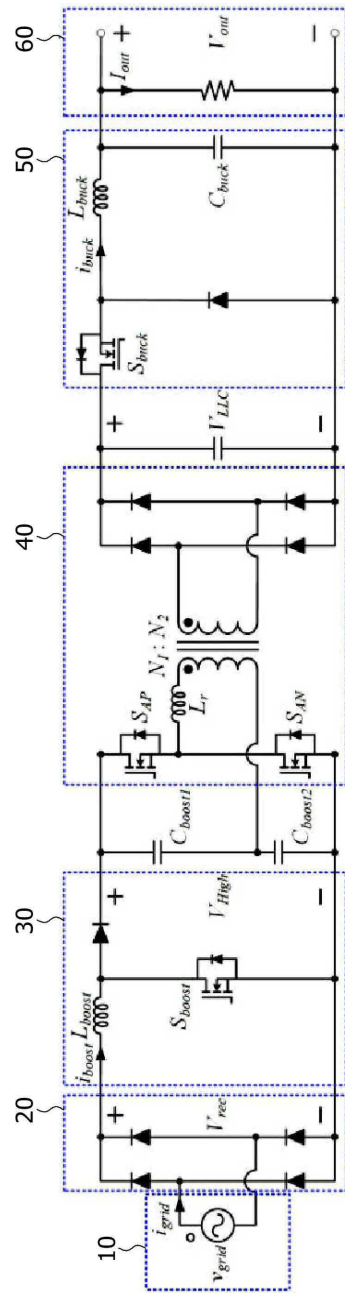
[0097] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 하여 설명되었으나, 이는 예시적인 것에 불과하며 당해 기술이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 아래의 특허청구범위에 의하여 정해져야할 것이다.

부호의 설명

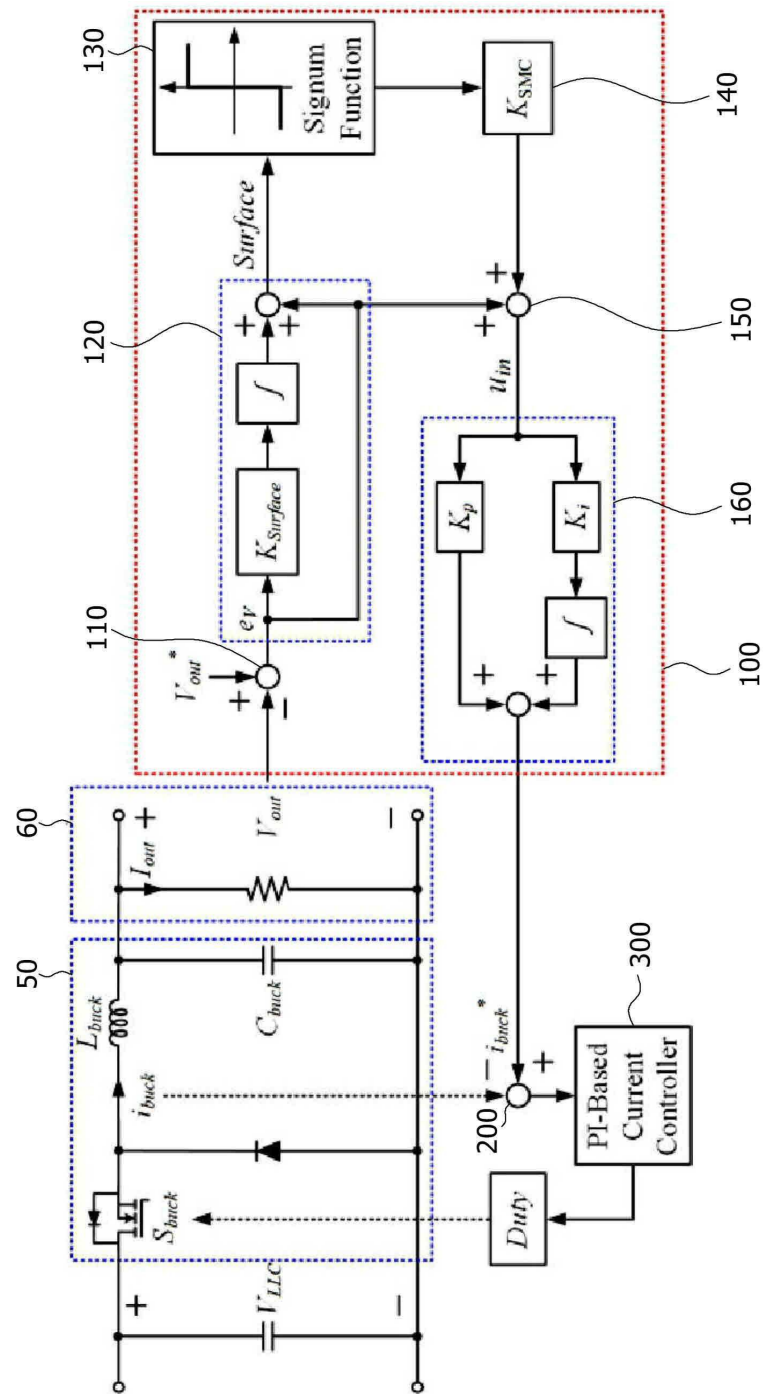
- [0098]
- 100: 슬라이딩 모드 컨트롤러
 - 110: 출력 전압 오차 산출부
 - 120: 슬라이딩 서피스 생성부
 - 130: 시그넘 함수 생성부
 - 140: 이득 곱셈부
 - 150: 오차 입력 전압 생성부
 - 160: PI 컨트롤러
 - 200: 오차 전류 생성부
 - 300: 전류 컨트롤러

도면

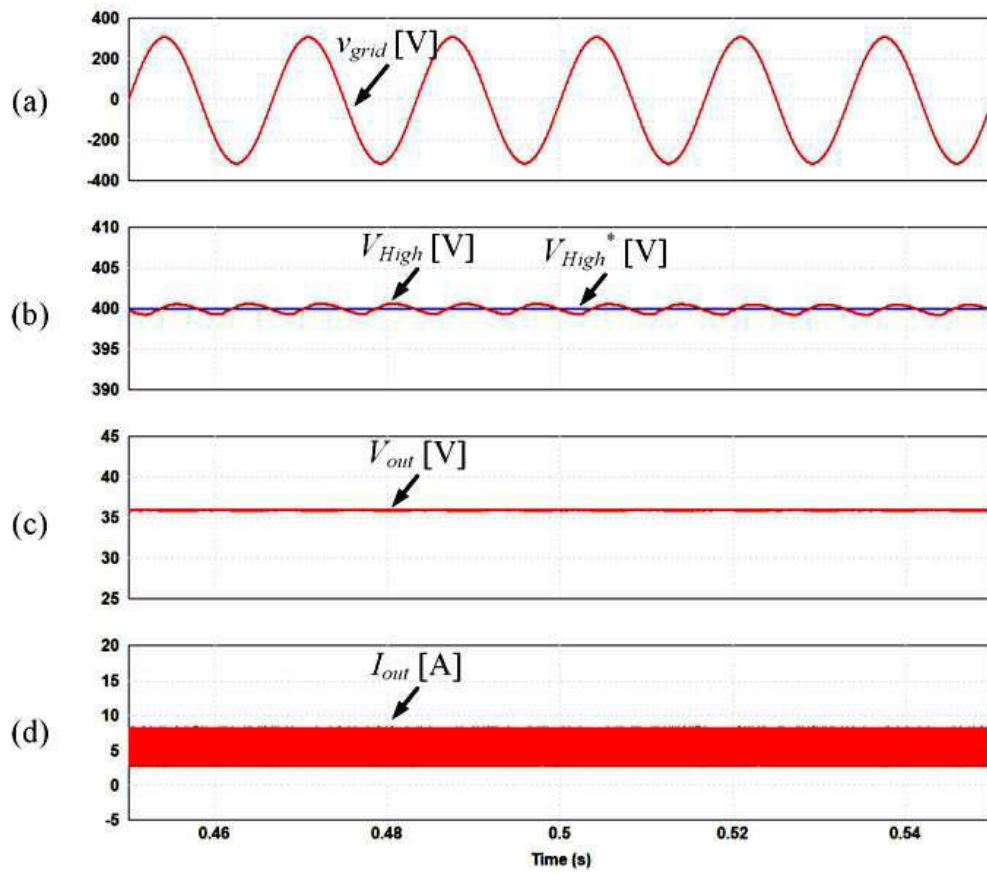
도면1



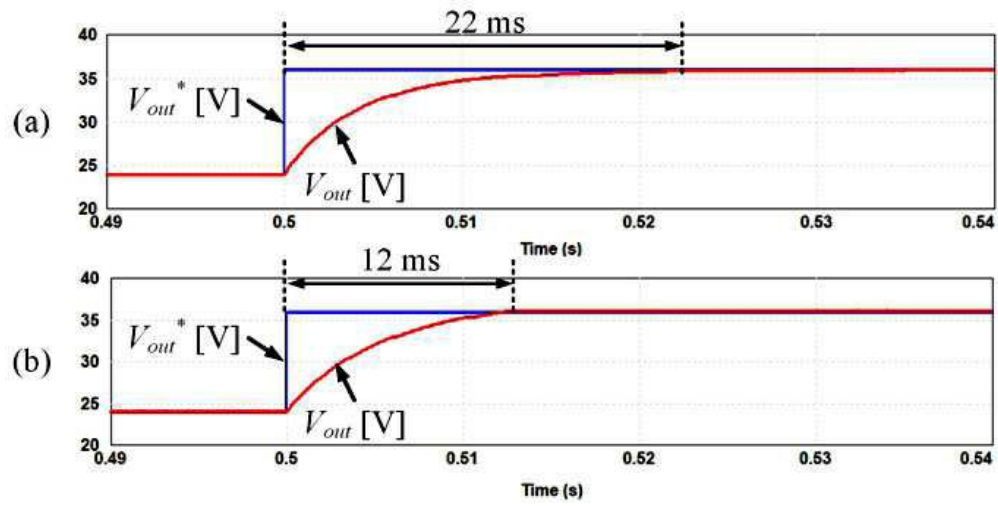
도면2



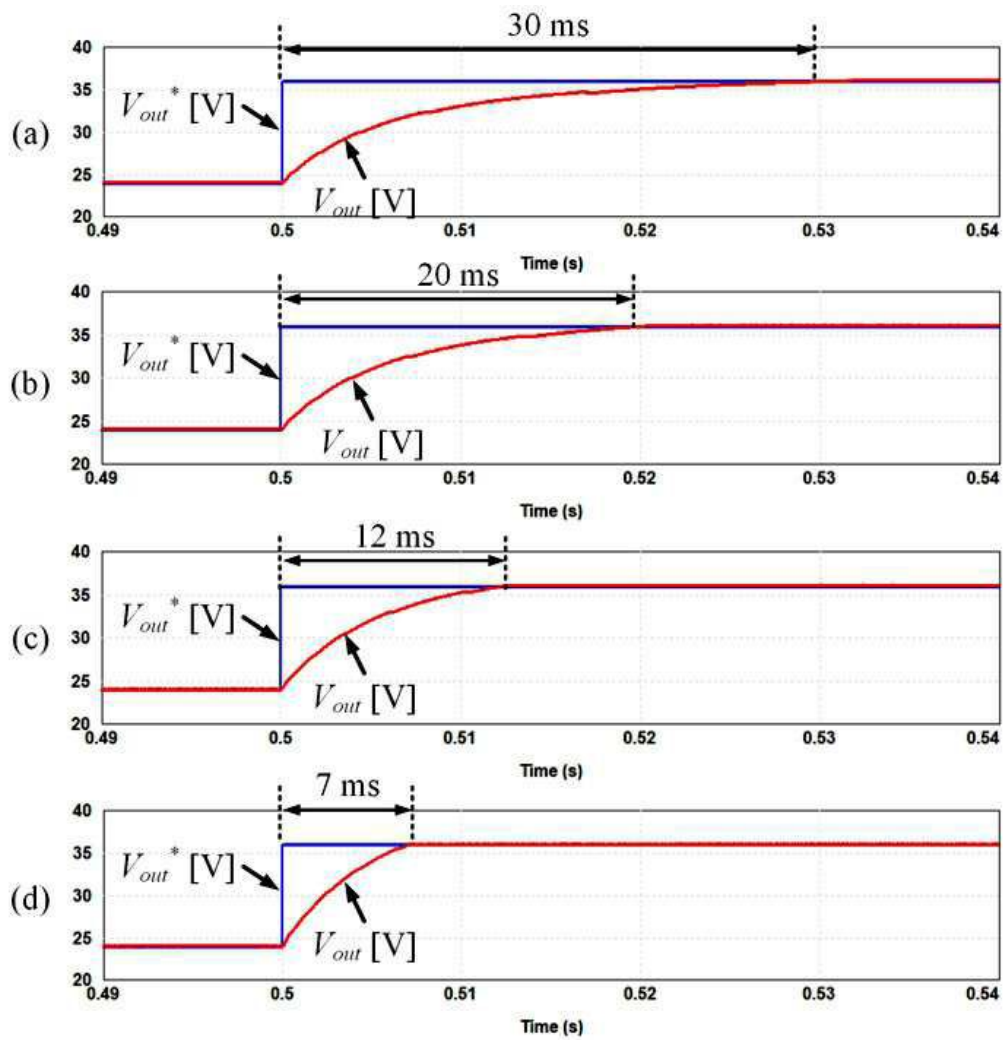
도면3



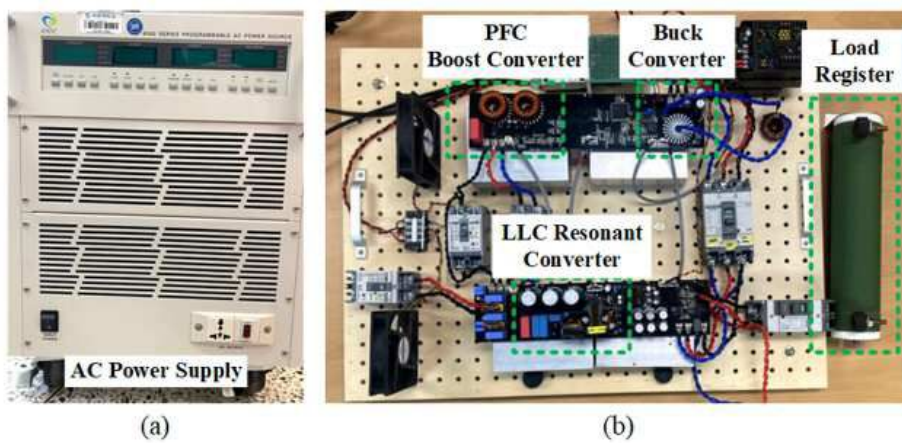
도면4



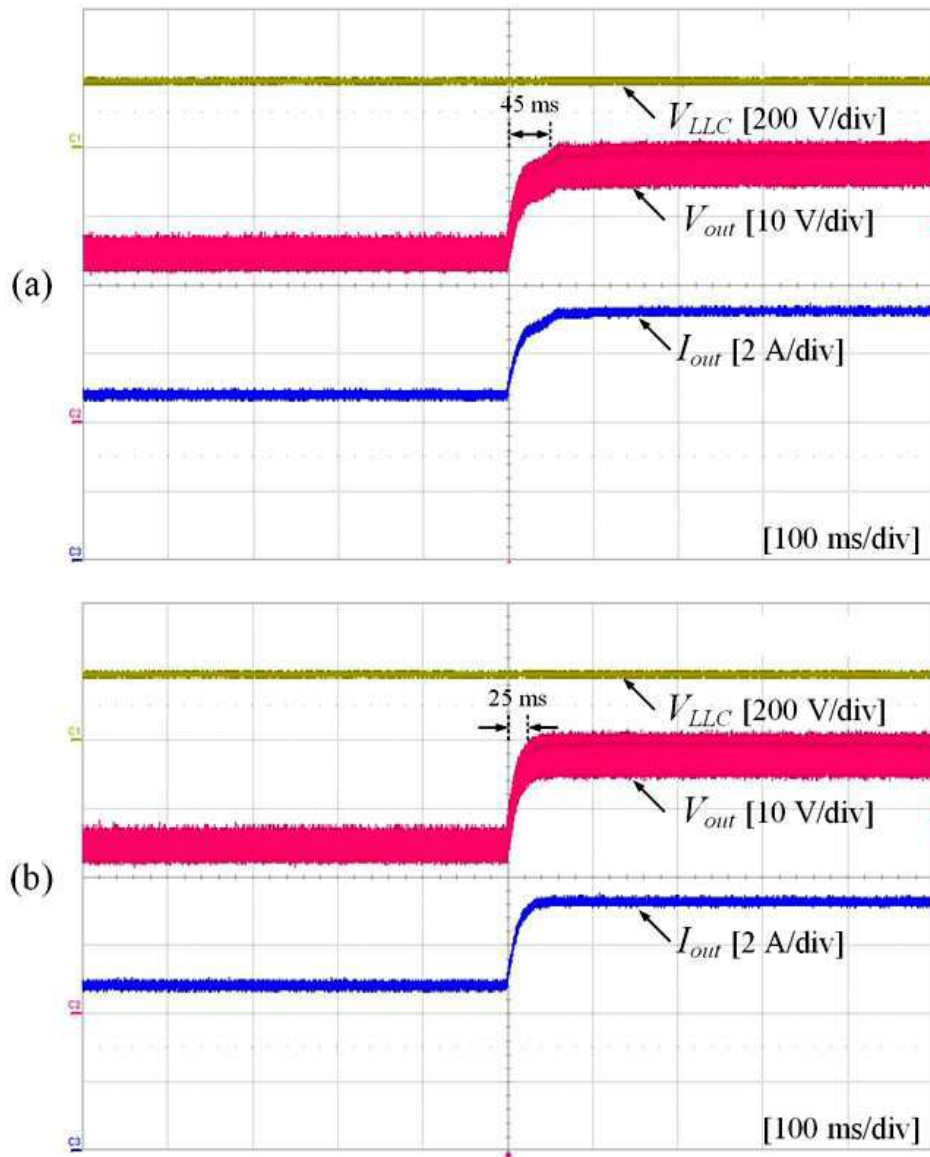
도면5



도면6



도면7



도면8

