



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0098171
(43) 공개일자 2018년09월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02M 3/335 (2006.01) H02J 7/00 (2006.01)
H02M 1/00 (2007.01) H02M 1/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02M 3/335 (2013.01)
H02J 7/0052 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0022174
(22) 출원일자 2018년02월23일
심사청구일자 2018년04월04일
(30) 우선권주장
1020170024576 2017년02월24일 대한민국(KR)

(71) 출원인
단국대학교 산학협력단
경기 용인시 수지구 죽전로 152, 내 (죽전동, 단국대학교)
(72) 발명자
강정원
경기도 성남시 분당구 중앙공원로 53 시범단지한신아파트 123동 801호
이준영
경기도 용인시 기흥구 죽현로 12 동원로알듀크 312동 602호
(74) 대리인
특허법인이상

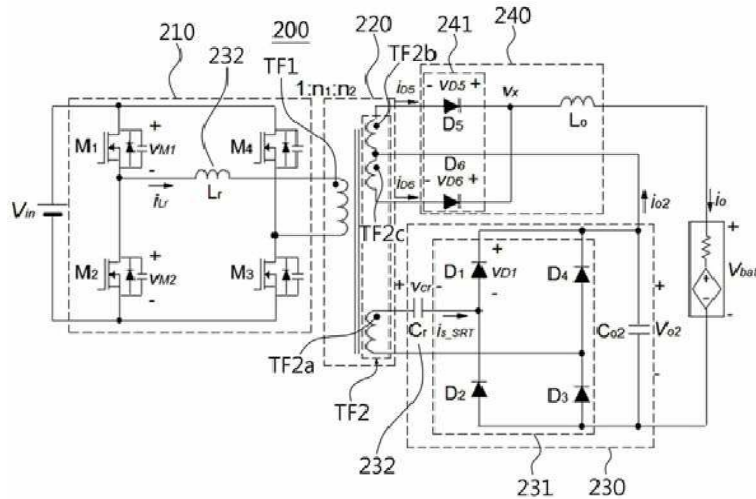
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 작은 출력전류 리플을 갖는 고효율 충전기

(57) 요약

작은 출력전류 리플을 갖는 고효율 충전기가 개시된다. 이는 공진 컨버터부와 풀브리지 컨버터부를 하이브리드 방식으로 구성하여 스위칭 동작시 출력인덕터에 인가되는 전압을 감소시킴으로써 작은 인덕턴스를 갖는 인덕터를 사용하여 리플전류를 감소시킬 수 있다. 또한, 정류기의 내압도 낮은 값으로 유지할 수 있으며, 공진 컨버터부와 풀브리지 컨버터부를 단일 변압기를 사용하여 하이브리드 방식으로 구성함으로써 부하에 따른 전력분배의 문제점을 해결 할 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H02M 1/083 (2013.01)

H02J 2007/0059 (2013.01)

H02M 2001/0058 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415146423

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국산업기술진흥원

연구사업명 지역연고산업육성사업

연구과제명 광응용기기 핵심전력부품 및 제품화 지원 사업

기 여 율 1/1

주관기관 단국대학교

연구기간 2016.03.01 ~ 2017.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

입력전원;

서로 직렬 접속된 제1스위치 및 제2스위치와, 제3스위치 및 제4스위치가 각각 상기 입력전원의 양단에 병렬로 접속되어, 스위칭 제어신호에 따라 스위칭하는 스위칭부;

상기 스위칭부의 스위칭 동작에 따라 1차측 권선에 의한 에너지를 2차측 권선으로 유도하기 위한 변압부;

상기 2차측 권선에 연결된 공진 컨버터부; 및

상기 2차측 권선에 연결되고, 상기 공진 컨버터부와 직렬로 연결된 폴브리지 컨버터부를 포함하는 작은 출력전류 리플을 갖는 고효율 충전기.

청구항 2

제1항에 있어서, 2차측 권선은,

상기 공진 컨버터부와 연결된 제1권선;

상기 폴브리지 컨버터부와 연결된 제2권선; 및

상기 폴브리지 컨버터부와 연결되고, 상기 제2권선과 일측이 연결된 제3권선을 포함하는 작은 출력전류 리플을 갖는 고효율 충전기.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 공진 컨버터부와 상기 폴브리지 컨버터부는 하나의 변압기를 갖는 것인 작은 출력전류 리플을 갖는 고효율 충전기.

청구항 4

제2항에 있어서, 상기 공진 컨버터부는,

상기 제1권선에서 출력되는 전압을 정류하는 제1정류부;

상기 스위칭부의 스위칭 동작에 따라 공진을 수행을 공진탱크부; 및

상기 제1정류부에 의해 정류된 전압을 평활하여 출력하는 평활 커패시터를 포함하는 작은 출력전류 리플을 갖는 고효율 충전기.

청구항 5

제2항에 있어서, 상기 폴브리지 컨버터부는,

상기 제2권선 또는 상기 제3권선에서 출력되는 전압을 정류하는 제2정류부; 및

상기 제2정류부와 연결된 출력인덕터를 포함하는 작은 출력전류 리플을 갖는 고효율 충전기.

청구항 6

제4항에 있어서, 상기 공진탱크부는,

상기 스위칭부와 상기 1차측 권선에 연결된 공진 인덕터; 및

상기 제1정류부와 상기 2차측 제1권선에 연결된 공진 커패시터를 포함하는 작은 출력전류 리플을 갖는 고효율 충전기.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 제2권선 및 제3권선의 접속 노드는 상기 제1정류부 및 상기 평활 커패시터의 접속 노드와 연결되는 것인 작은 출력전류 리플을 갖는 고효율 충전기.

청구항 8

제2항에 있어서,

상기 제1스위치 및 상기 제3스위치가 턴온됨에 따라, 상기 1차측 권선의 에너지가 상기 2차측 제1권선 및 제2권선으로 전달되는 것인 작은 출력전류 리플을 갖는 고효율 충전기.

청구항 9

제2항에 있어서, 상기 공진 컨버터부는,

상기 2차측 제1권선의 자화인덕턴스를 이용하여 낮은 부하에서 상기 제1스위치 및 상기 제2스위치의 소프트 스위칭을 수행하는 것인 작은 출력전류 리플을 갖는 고효율 충전기.

청구항 10

제5항에 있어서,

상기 출력인덕터는 프리휠링(Freewheeling)시 상기 출력인덕터에 흐르는 전류의 하강기울기가 감소됨에 따라 낮은 인덕턴스를 갖는 것인 작은 출력전류 리플을 갖는 고효율 충전기.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 충전기에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 작은 출력전류 리플을 갖는 고효율 EV 충전기에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적인 대용량 LED 전원장치의 경우, 상용 전원을 입력으로 사용하므로 90Vrms~265Vrms의 입력전압 범위에서 사용이 가능하여야 하며, 역률 개선이 가능해야 한다. 또한, 발광 다이오드의 사양에 따라 넓은 범위의 출력전압에 대한 대응이 가능해야 한다.

[0003] 이러한 요구조건을 만족하기 위해 역률개선 기능을 담당하는 PFC(Power Factor Correction) 단과 DC/DC 단의 2단 구성의 전력변환기가 일반적으로 사용된다. 이 중에서 DC/DC 단은 절연을 위해 절연형 변압기를 사용하고, 효율에 많은 영향을 미친다.

[0004] 도 1은 종래의 위상 천이 폴 브리지 전원장치를 도시한 회로도이다.

[0005] 도 1을 참조하면, 종래의 위상 천이 폴 브리지 전원장치(100)는 입력전원(Vin), 스위칭부(110), 변압부(120), 정류부(130)를 포함한다.

[0006] 입력전원(Vin)으로 동작상태로 되는 스위칭부(110)는 제1 내지 제4 스위치(M1, M2, M3, M4)를 포함하고, 제어부(미도시)의 제1 내지 제4 스위칭 신호에 따라 스위칭 동작하여 직류 전압은 펄스성 직류 전압으로 변환된다. 이후, 펄스성 직류 전압은 변압부(120)의 1차 코일(TF1) 및 2차 코일(TF2)의 권선비율에 따라 2차 교류 전압으로 변환된 후, 정류부(130)에 의해 직류 전압으로 정류된다.

[0007] 이러한 종래 기술에 따른 폴 브리지 전원장치(100)는 누설인덕턴스에 흐르는 전류를 이용하여 소프트 스위칭 동작이 수행되는데, 저부하에서는 누설 인덕턴스에 흐르는 전류가 작으므로 소프트 스위칭이 어려워지고, 이에 따라 저부하 효율 저하가 발생된다. 또한, 정류부(130)의 다이오드(D1, D2, D3, D4)에 전류가 흐를 때, 전압강하가 발생하므로 변압기의 누설과 다이오드 접합 커패시턴스와의 공진으로 인해 과도한 서지 전압이 발생하여 이를 억제하기 위한 추가적인 스너버 회로가 요구된다.

[0008] 또한, 일반적으로 고압의 다이오드의 경우, 큰 전압강하를 보이므로 도통 손실이 증가하고, 전압 제한을 위한 스너버 손실도 존재하므로 고효율의 DC/DC 컨버터 설계에 불리하며, 비용 상승의 일 요인이 된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 한국특허 공개 10-2011-0029782

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 작은 리플 전류를 구현하며, 부하에 따른 전력분배의 문제점을 해결할 수 있는 풀브리지 컨버터와 공진컨버터를 이용한 하이브리드 방식의 고효율 충전기를 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명은 입력전원, 서로 직렬 접속된 제1스위치 및 제2스위치와, 제3스위치 및 제4스위치가 각각 상기 입력전원의 양단에 병렬로 접속되어, 스위칭 제어신호에 따라 스위칭하는 스위칭부, 상기 스위칭부의 스위칭 동작에 따라 1차측 권선에 의한 에너지를 2차측 권선으로 유도하기 위한 변압부, 상기 2차측 권선에 연결된 공진 컨버터부 및 상기 2차측 권선에 연결되고, 상기 공진 컨버터부와 직렬로 연결된 풀브리지 컨버터부를 포함한다.

[0012] 2차측 권선은, 상기 공진 컨버터부와 연결된 제1권선, 상기 풀브리지 컨버터부와 연결된 제2권선 및 상기 풀브리지 컨버터부와 연결되고, 상기 제2권선과 일측이 연결된 제3권선을 포함할 수 있다.

[0013] 상기 공진 컨버터부와 상기 풀브리지 컨버터부는 하나의 변압기를 갖을 수 있다.

[0014] 상기 공진 컨버터부는, 상기 제1권선에서 출력되는 전압을 정류하는 제1정류부, 상기 스위칭부의 스위칭 동작에 따라 공진을 수행을 공진탱크부 및 상기 제1정류부에 의해 정류된 전압을 평활하여 출력하는 평활 커패시터를 포함할 수 있다.

[0015] 상기 풀브리지 컨버터부는, 상기 제2권선 또는 상기 제3권선에서 출력되는 전압을 정류하는 제2정류부 및 상기 제2정류부와 연결된 출력인덕터를 포함할 수 있다.

[0016] 상기 공진탱크부는, 상기 스위칭부와 상기 1차측 권선에 연결된 공진 인덕터 및 상기 제1정류부와 상기 2차측 제1권선에 연결된 공진 커패시터를 포함할 수 있다.

[0017] 상기 제2권선 및 제3권선의 접속 노드는 상기 제1정류부 및 상기 평활 커패시터의 접속 노드와 연결될 수 있다.

[0018] 상기 제1스위치 및 상기 제3스위치가 턴온됨에 따라, 상기 1차측 권선의 에너지가 상기 2차측 제1권선 및 제2권선으로 전달될 수 있다.

[0019] 상기 공진 컨버터부는, 상기 2차측 제1권선의 자화인덕턴스를 이용하여 낮은 부하에서 상기 제1스위치 및 상기 제2스위치의 소프트 스위칭을 수행할 수 있다.

[0020] 상기 출력인덕터는 프리휠링(Freewheeling)시 상기 출력인덕터에 흐르는 전류의 하강기울기가 감소됨에 따라 낮은 인덕턴스를 갖을 수 있다.

발명의 효과

[0021] 본 발명에 따른 하이브리드 방식의 고효율 충전기는 풀브리지 컨버터부와 공진 컨버터부를 하이브리드로 구성한 충전기로써, 스위칭 동작시 출력인덕터에 인가되는 전압을 감소시킴으로써 작은 인덕턴스를 갖는 인덕터를 사용하여 리플전류를 감소시킬 수 있다.

[0022] 또한, 풀브리지 컨버터부와 공진 컨버터부를 단일 변압기를 사용하여 하이브리드로 구성함으로써 부하에 따른 전력분배의 문제점을 해결 할 수 있다.

[0023] 본 발명의 기술적 효과들은 이상에서 언급한 것들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 효과들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 종래의 위상 전이 폴 브리지 전원장치를 도시한 회로도이다.

도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 폴 브리지 컨버터와 공진컨버터를 사용한 하이브리드 방식의 충전기를 도시한 회로도이다.

도 3은 도 2에 도시된 회로의 동작파형을 도시한 타이밍도이다.

도 4 내지 도 6은 도 2에 도시된 회로의 동작모드를 도시한 회로도들이다.

도 7은 실험예에 따른 각 부의 파형을 측정한 그래프이다.

도 8은 본 발명의 실험예에 따른 스위칭부의 전류, 전압 파형을 측정한 그래프이다.

도 9는 본 발명의 충전기에서 배터리 전압에 따른 효율을 측정한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 본 발명은 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다.

[0026] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0027] 이하, 본 발명에 따른 실시 예들을 첨부도면을 참조하여 상세히 설명하기로 하며, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 동일하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 도면번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0029] 실시예

[0030] 도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 폴 브리지 컨버터와 공진컨버터를 사용한 하이브리드 방식의 충전기를 도시한 회로도이다.

[0031] 도 2를 참조하면, 본 발명에 따른 하이브리드 방식의 충전기(200)는 입력전원(Vin), 스위칭부(210), 변압부(220), 공진 컨버터부(230) 및 폴브리지 컨버터부(240)를 포함한다.

[0032] 입력전원(Vin)은 상기 공진 컨버터부(230) 및 폴브리지 컨버터부(240)에 직류 전압을 공급한다.

[0033] 스위칭부(210)는 폴브리지 타입의 제1 내지 제4스위치(M1, M2, M3, M4)를 포함하고, 서로 직렬 접속된 제1스위치(M1) 및 제2스위치(M2), 제3스위치(M3) 및 제4스위치(M4)는 상기 입력전원(Vin)의 양단에 각각 병렬로 접속된다. 또한, 스위칭부(210)는 회로내에 구비된 제어부(미도시)의 스위칭 제어에 따라 스위칭되도록 이루어지며, 스위칭부(210)의 제1 내지 제4스위치(M4)는 제어부의 제어 동작에 따라 각각의 스위치가 후술할 변압부(220)의 1차측 권선(TF1)과 교번적으로 페루프를 형성하도록 형성될 수 있다.

[0034] 변압부(220)는 상기 스위칭부(210)의 제1 및 제2스위치(M1, M2)의 접속노드와 상기 제3 및 제4스위치(M3, M4)의 접속노드 사이에 연결된 1차측 권선(TF1), 공진 컨버터부(230)와 폴브리지 컨버터부(240)에 접속된 2차측 권선(TF2)을 포함한다. 또한, 2차측 권선(TF2)은 공진 컨버터부(230)에 연결된 2차측 제1권선(TF2a)과 폴브리지 컨버터부(240)에 연결된 2차측 제2권선(TF2b) 및 제3권선(TF2c)을 포함할 수 있다. 여기서 2차측 제2권선(TF2b)은 제3권선(TF2c)과 일측이 연결되도록 형성될 수 있다. 이러한 변압부(220)는 1차측 권선(TF1), 2차측의 제1 내지 제3권선(TF2a, TF2b, TF2c)의 권선비율에 따라 1차측 권선(TF1)에 의한 에너지를 2차측 권선(TF2)의 제1권선

(TF2a), 제2권선(TF2b) 또는 제3권선(TF2c)으로 전달한다.

- [0035] 또한, 본 발명의 충전기는 공진 컨버터부(230)와 풀브리지 컨버터부(240)를 하이브리드 방식으로 구성되나, 변압부(220)에서 사용되는 변압기는 단일 변압기를 사용함으로써 부하에 따른 전력분배의 문제점을 해결할 수 있다.
- [0036] 공진 컨버터부(230)는 상기 2차측 권선(TF2)에 연결된 제1정류부(231), 공진탱크부(232) 및 평활 커패시터(Co2)를 포함할 수 있다.
- [0037] 제1정류부(231)는 상기 변압부(220)의 2차측 제1권선(TF2a)에서 출력되는 전압을 정류하도록 제1다이오드 내지 제4다이오드(D1,D2,D3,D4)를 포함하는 브리지 다이오드로 이루어질 수 있다. 즉, 2차측 제1권선(TF2a)의 일단은 제1다이오드(D1) 및 제2다이오드(D2)의 접속노드에 연결되며, 타단은 제3다이오드(D3) 및 제4다이오드(D4)의 접속노드에 연결될 수 있다. 따라서, 상기 스위칭부(210)의 스위칭 동작에 따라 1차측 권선(TF1)에 의한 에너지를 2차측 제1권선(TF2a)으로 유도한다.
- [0038] 공진탱크부(232)는 공진 인덕터(Lr)와 공진 커패시터(Cr)를 포함할 수 있다. 공진탱크부(232)는 공진 인덕터(Lr)와 공진 커패시터(Cr)를 이용하여 공진을 수행한다. 공진 인덕터(Lr)의 일단은 상기 스위칭부(210)의 제1스위치(M1) 및 제2스위치(M2)의 접속노드에 연결되며, 타단은 1차측 권선(TF1)의 일측에 연결될 수 있다. 또한, 공진 커패시터(Cr)는 제1다이오드(D1)와 제2다이오드(D2)의 접속노드에 연결된 2차측 제1권선(TF2a)의 일측 사이에 연결될 수 있다. 즉, 공진 인덕터(Lr)를 1차측 권선(TF1)에 연결하고, 공진 커패시터(Cr)를 2차측 권선(TF2)에 분리하여 연결함으로써, 공진 인덕터(Lr)는 1차측에서 공진으로써 기능하고 공진 커패시터(Cr)는 PWM제어로 기능하는 분리 형태를 취할 수 있다.
- [0039] 평활 커패시터(Co2)는 제1정류부(231)와 연결되고, 상기 제1정류부(231)에 의해 정류된 전압을 평활하여 출력한다.
- [0040] 풀브리지 컨버터부(240)는 상기 2차측 권선(TF2)에 연결된 제2정류부(241) 및 출력인덕터(Lo)를 포함할 수 있다.
- [0041] 제2정류부(241)는 2차측 제2권선(TF2b)에 연결된 제5다이오드(D5) 및 2차측 제3권선(TF2c)에 연결된 제6다이오드(D6)를 포함할 수 있다. 제5다이오드(D5)는 애노드(anode)가 2차측 제2권선(TF2b)의 일측에 연결되고, 캐소드(cathode)가 제6다이오드(D6)의 캐소드와 연결된다. 제6다이오드(D6)의 애노드는 2차측 제3권선(TF2c)의 일측에 연결될 수 있다. 따라서, 제2정류부(241)는 상기 변압부(220)의 2차측 제2권선(TF2b) 및 제3권선(TF2c)에서 출력되는 전압을 정류하도록 기능할 수 있다.
- [0042] 출력인덕터(Lo)는 일단이 상기 제2정류부(241)와 연결되고, 타단이 배터리(Vbatt)에 연결된다. 본 발명에 따른 충전기(200)는 스위칭부(210)의 스위칭 동작시 출력인덕터(Lo)에 인가되는 전압을 감소시킴으로써, 작은 인덕턴스를 갖는 인덕터를 이용하여 리플전류를 감소시킬 수 있다. 즉, 도 1에서와 같이 종래의 풀브리지 컨버터(100)의 경우 프리휠링(Freewheeling)시 출력인덕터(Lo)에 $-V_{batt}$ 의 전압이 인가되어 출력인덕터(Lo)에 인가되는 전압의 기울기가 커지기 때문에 동일한 리플을 얻기 위해서는 큰 인덕턴스를 갖는 인덕터가 필요하다. 하지만 본 발명에 따른 충전기(200)는 프리휠링시 출력인덕터(Lo)에 $V_{o2}-V_{batt}$ 의 전압이 인가되기 때문에, 출력인덕터(Lo)에 흐르는 전류의 하강기울기가 감소됨에 따라, 작은 인덕턴스를 갖는 인덕터로도 종래의 풀브리지 컨버터와 동일한 리플전류를 얻을 수 있다.
- [0043] 상기과 같이, 2차측 권선(TF2)중 제1권선(TF2a)은 공진 컨버터부(230)와 연결되고, 제2권선(TF2b) 및 제3권선(TF2c)은 풀브리지 컨버터부(240)와 연결되며, 제2권선(TF2b) 및 제3권선(TF2c)의 접속 노드가 제1정류부(231) 및 평활 커패시터(Co2)의 접속 노드와 연결되는 구조를 취함으로써, 본 발명의 충전기(200)는 공진 컨버터부(230)와 풀브리지 컨버터부(240)를 단일 변압기를 이용하여 하이브리드 구조를 취할 수 있다.
- [0045] 동작모드
- [0046] 도 3은 도 2에 도시된 회로의 동작파형을 도시한 타이밍도이고, 도 4 내지 도 6은 도 2에 도시된 회로의 동작모드를 도시한 회로도들이다.
- [0047] 도 3내지 도 6을 참조하여 본 발명의 충전기에 따른 동작모드를 아래에 상세히 설명한다.
- [0048] 도 4는 모드 1에 대한 전류흐름도이다. 도 3과 도 4를 참조하면, 제3스위치(M3)가 도통되어 있는 상태에서 제2

스위치(M2)가 차단되고 제1스위치(M1)가 도통된다. 제3스위치(M3)와 제1스위치(M1)가 도통됨으로써, 전류경로는 도 4에서와 같이 1차측에서는 입력전원(Vin), 제1스위치(M1), 공진 인덕터(Lr), 1차측 권선(TF1) 및 제3스위치(M3)로 전류경로가 형성되고, 공진 컨버터부(230)의 전류경로는 2차측 제1권선(TF2a)에 의해 2차측 제1권선(TF2a), 공진 커패시터(Cr), 제1다이오드(D1), 평활 커패시터(Co2) 및 제3다이오드(D3)의 전류경로가 형성된다. 또한, 풀브리지 컨버터부(240)의 전류경로는 2차측 제2권선(TF2b)에 의해 2차측 제2권선(TF2b), 제5다이오드(D5), 출력인덕터(Lo), 배터리 및 평활 커패시터(Co2)로 전류경로가 형성된다.

[0049] 즉, 공진 컨버터부(230)의 제1정류부(241)에서 제1다이오드(D1)와 제3다이오드(D3)의 전류경로가 형성되기 때문에 평활 커패시터(Co2)를 충전하며, 풀브리지 컨버터부(240)의 제2정류부(241)에서는 제5다이오드(D5), 출력인덕터(Lo), 배터리 및 평활 커패시터(Co2)의 경로로 충전전류가 흐른다.

[0050] 도 3에서와 같이 모드 1에서는 공진 인덕터(Lr)와 공진 커패시터(Cr)에 의한 공진 전류와 배터리 전류의 1차측 환원전류의 합이 변압부(220)의 1차측으로 흐르며, 제1스위치(M1)는 자화전류를 이용하여 소프트 스위칭이 달성되고 있음을 확인할 수 있다.

[0051] 도 5는 모드 2에 대한 전류흐름도이다. 도 3과 도 5를 참조하면, 제3스위치(M3)가 도통되어 있는 상태에서 제1스위치(M1)가 차단되고, 제2스위치(M2)가 도통된다. 제2스위치(M2)와 제3스위치(M3)가 도통됨으로써, 전류경로는 도 5에서와 같이 1차측에서는 공진 인덕터(Lr), 1차측 권선(TF1), 제3스위치(M3) 및 제2스위치(M2)의 바디다이오드의 경로로 전류경로가 형성된다. 또한, 공진 컨버터부(230)와 풀브리지 컨버터부(240)는 모드 1의 경로를 그대로 유지한다. 이때, 공진 인덕터(Lr)에는 모드 1과 반대방향의 전압이 인가되기 때문에 변압기 1차측 전류는 0까지 감소하게 된다.

[0052] 도 6은 모드 3에 대한 전류흐름도이다. 도 3과 도 6을 참조하면, 1차측 전류경로는 모드 2의 전류 경로를 그대로 유지하며, 공진전류는 없고, 출력인덕터(Lo) 전류의 1차측 환원전류와 자화전류만 흐르므로 일정한 전류가 흐른다.

[0053] 모드 3 이후에는 제2스위치(M2)가 도통되어 있는 상태에서 제3스위치(M3)가 차단되고, 제4스위치(M4)가 도통되면서 다음 반주기가 시작되며, 이에 따른 동작은 모드 1 내지 모드 3과 동일하게 동작된다.

[0054] 상술한 도 3의 타이밍도와 도 4 내지 도 6의 동작모드에서와 같이, 도 1과 같은 종래의 풀브리지 컨버터의 경우 프리휠링(Freewheeling)시 출력인덕터(Lo)에 -Vbatt의 전압이 인가되어 출력인덕터(Lo)에 인가되는 전압의 기울기가 커지기 때문에 동일한 리플을 얻기 위해서는 큰 인덕턴스를 갖는 인덕터가 필요하지만, 본 발명에 따른 하이브리드 방식의 충전기(200)는 프리휠링시 출력인덕터(Lo)에 Vo2-Vbatt의 전압이 인가되기 때문에, 출력인덕터(Lo)에 흐르는 전류의 하강기울기가 감소됨에 따라, 작은 인덕턴스를 갖는 인덕터로도 종래의 풀브리지 컨버터와 동일한 리플전류를 얻을 수 있다. 또한, 도 3에 도시된 제5다이오드(D5) 및 제6다이오드(D6)에 인가되는 전압 파형과 같이 정류기의 내압도 매우 낮은 값으로 유지되고 있음을 확인할 수 있다.

[0056] 입출력 이득 및 인덕터 전류 리플

[0057] 도 3의 파형을 참조하여 입출력 이득과 인덕터 전류리플에 대해 상세히 설명한다.

[0058] 본 실시예의 컨버터의 입력과 출력전압의 이득은 출력인덕터(Lo) 양단 전압의 전압시간 평형값으로 도출할 수 있으며, 하기의 수학식 1로 표현된다.

수학식 1

$$V_{batt} = \frac{n_1}{n_2} V_{o2} \left(D + \frac{t_x}{T_s} \right) + V_{o2}$$

[0059]

[0060] 여기서, n1은 1차측 권선(TF1)의 권선수, n2는 2차측 권선(TF2)의 권선수, Vo2는 공진 컨버터부(230)의 출력전압, D는 시비율(Duty Ratio), tx는 모드 2의 지속시간(duration)이며, Ts는 스위칭 주기를 나타낸다.

[0061] 또한, tx는 하기의 수학식으로 표현된다.

수학식 2

$$t_x = \sqrt{L_r(n_2^2 C_r)} \tan^{-1} \left(\frac{b}{-a} \right)$$

[0062]

[0063] a와 b는 아래와 같이 수학식 3과 4와 같이 각각 나타낼 수 있다.

수학식 3

$$a \equiv -V_{in} + \left(V_{in} + \frac{V_{cro}}{n_2} - \frac{V_{o2}}{n_2} \right) \cos \frac{1}{\sqrt{L_r(n_2^2 C_r)}} DT_s$$

[0064]

수학식 4

$$b \equiv \left(V_{in} + \frac{V_{cro}}{n_2} - \frac{V_{o2}}{n_2} \right) \sin \frac{1}{\sqrt{L_r(n_2^2 C_r)}} DT_s$$

[0065]

[0066] 여기서, Vin는 입력전원, Lr은 공진 인덕터의 L값, Cr은 공진 커패시터의 C값을 나타내고, Vcro는 공진 커패시터의 첨두값으로 하기의 수학식 5로 표현된다.

수학식 5

$$V_{cro} = \frac{n_2 V_{in} (n_2 V_{in} - V_{o2}) \left(1 - \cos \frac{1}{\sqrt{L_r(n_2^2 C_r)}} DT_s \right)}{2V_{o2} - n_2 V_{in} \left(1 - \cos \frac{1}{\sqrt{L_r(n_2^2 C_r)}} DT_s \right)}$$

[0067]

[0068] 수학식 5에서 공진 컨버터부(230)의 출력전압인 Vo2는 하기의 수학식 6으로 표현된다.

수학식 6

$$V_{o2} = n_2 \times \frac{4V_{in}^2 n_2^2 C_r Q + V_{in} I_{batt} T_s Q}{2I_{batt} T_s + 4V_{in} n_2^2 C_r Q}$$

[0069]

[0070] 여기서, Q는 하기의 수학식 7과 같다.

수학식 7

$$Q = 1 - \cos \frac{1}{\sqrt{L_r(n_2^2 C_r)}} DT_s$$

[0071]

[0072] 또한, 전류 리플은 하기의 수학식 8과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 8

$$\Delta I = \frac{(V_{batt} - V_{o2})}{L_o} \left(\frac{T_2}{2} - DT_s - t_x \right)$$

[0073]

[0074] 따라서, 종래의 풀브리지 컨버터에 비해 같은 인덕터를 사용하더라도 작은 전류 리플이 발생함을 확인할 수 있다.

[0076] 실험예

[0077] 본 발명의 하이브리드 방식으로 형성된 충전기의 성능을 평가하기 위하여, 본 발명의 충전기에 따른 회로를 구성하고 실험을 실시하였다.

[0078] 도 7은 실험예에 따른 각 부의 파형을 측정한 그래프이다.

[0079] 도 7을 참조하면, 실험 조건은 6.6kW(Vin=400V, Vbatt=413V), n1=0.1, n2=1.2로 설정하여 Vo2가 400V가 되도록 하였으며, 스위칭 주파수는 50kHz, Lo=50μ로 설정하였다. 도 7의 측정 파형에서 알 수 있듯이, 출력인덕터(Lo) 전류의 리플이 매우 작은 것을 확인할 수 있으며, 정류기의 내압도 매우 낮은 값으로 유지하고 있음을 확인할 수 있다.

[0080] 도 8은 본 발명의 실험예에 따른 스위칭부의 전류, 전압 파형을 측정한 그래프이다.

[0081] 도 8은 제1스위치와 제2스위치의 전류 파형과 전압 파형을 각각 측정한 그래프를 나타낸다. 도 8에 도시한 바와 같이, 스위칭부(210)의 스위치 동작시 영전압-영전류 스위칭(ZV-ZCS)이 달성됨을 확인할 수 있다.

[0082] 도 9는 본 발명의 충전기에서 배터리 전압에 따른 효율을 측정한 그래프이다.

[0083] 도 9에 도시한 바와 같이, 배터리 전압을 250V, 330V, 360V, 420V에 따라 효율을 측정한 결과, 360V/6.6kW에서 97.2%의 효율을 확인할 수 있으며, 413V/6.6kW에서 최대효율인 97.4%로 고효율을 달성함을 확인할 수 있다.

[0085] 상술한 바와 같이 본 발명에 따른 하이브리드 방식의 충전기(200)는 공진 컨버터부(230)와 풀브리지 컨버터부(240)를 하이브리드로 구성한 충전기로서, 스위칭 동작시 출력인덕터(Lo)에 인가되는 전압을 감소시킴으로써 작은 인덕턴스를 갖는 인덕터를 사용하여 리플전류를 감소시킬 수 있으며, 정류기의 내압도 낮은 값으로 유지할 수 있다. 또한, 공진 컨버터부(230)와 풀브리지 컨버터부를 단일 변압기를 사용하여 하이브리드 방식으로 구성함으로써 부하에 따른 전력분배의 문제점을 해결 할 수 있으며, 실험 결과에서와 같이 고효율을 달성할 수 있다.

[0086] 한편, 본 명세서와 도면에 개시된 본 발명의 실시 예들은 이해를 돕기 위해 특정 예를 제시한 것에 지나지 않으며, 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 여기에 개시된 실시 예들 이외에도 본 발명의 기술적 사상에 바탕을 둔 다른 변형 예들이 실시 가능하다는 것은, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것이다.

부호의 설명

[0087]

210 : 스위칭부 220 : 변압부

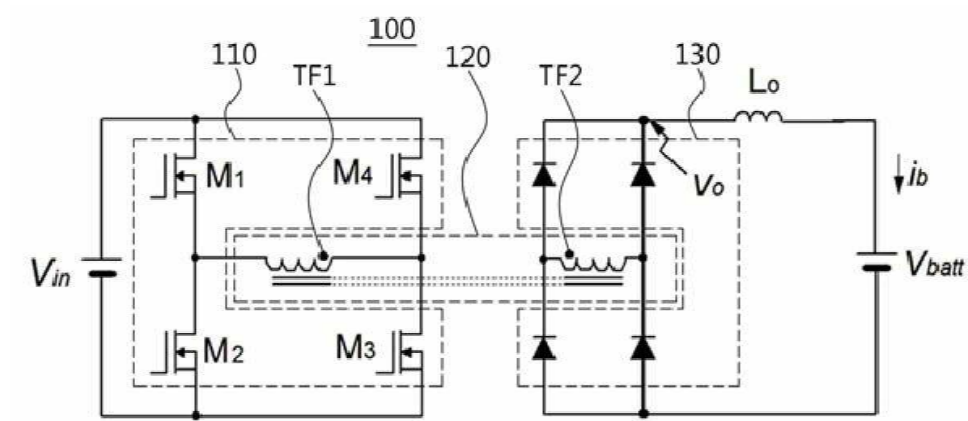
230 : 공진 컨버터부 231 : 제1정류부

232 : 공진탱크부 240 : 풀브리지 컨버터부

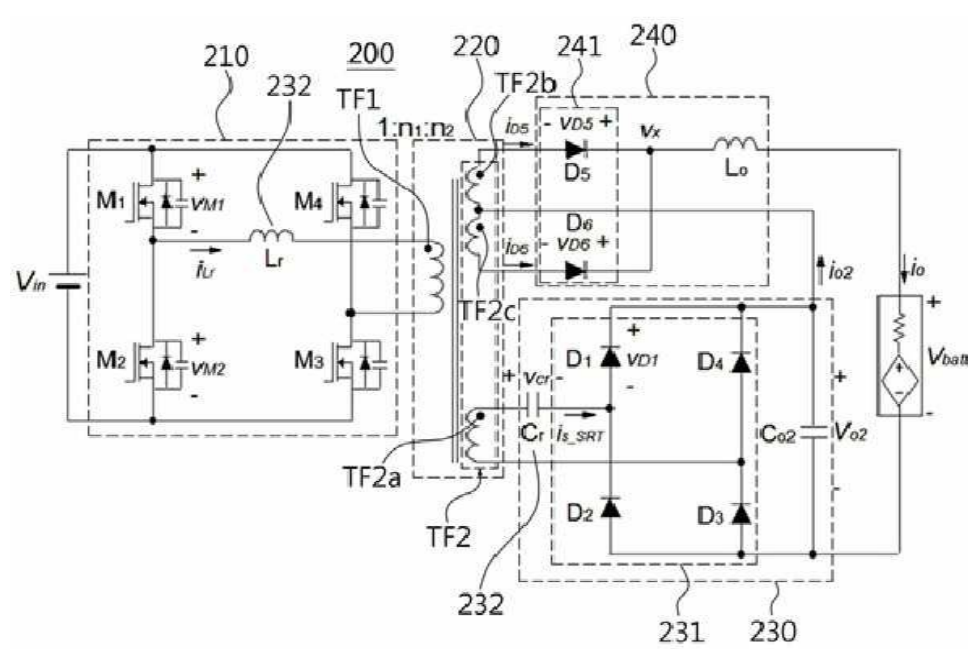
241 : 제2정류부

도면

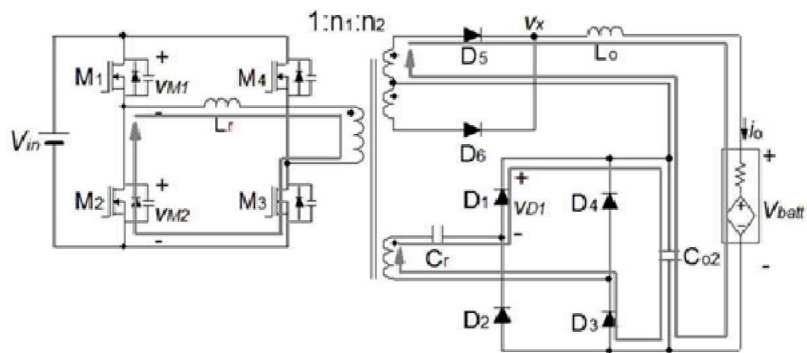
도면1



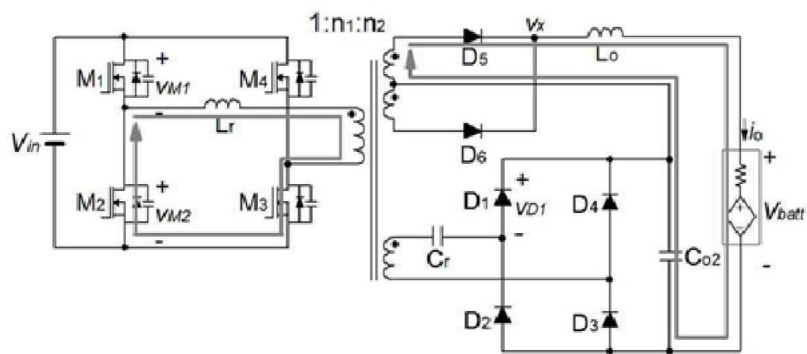
도면2



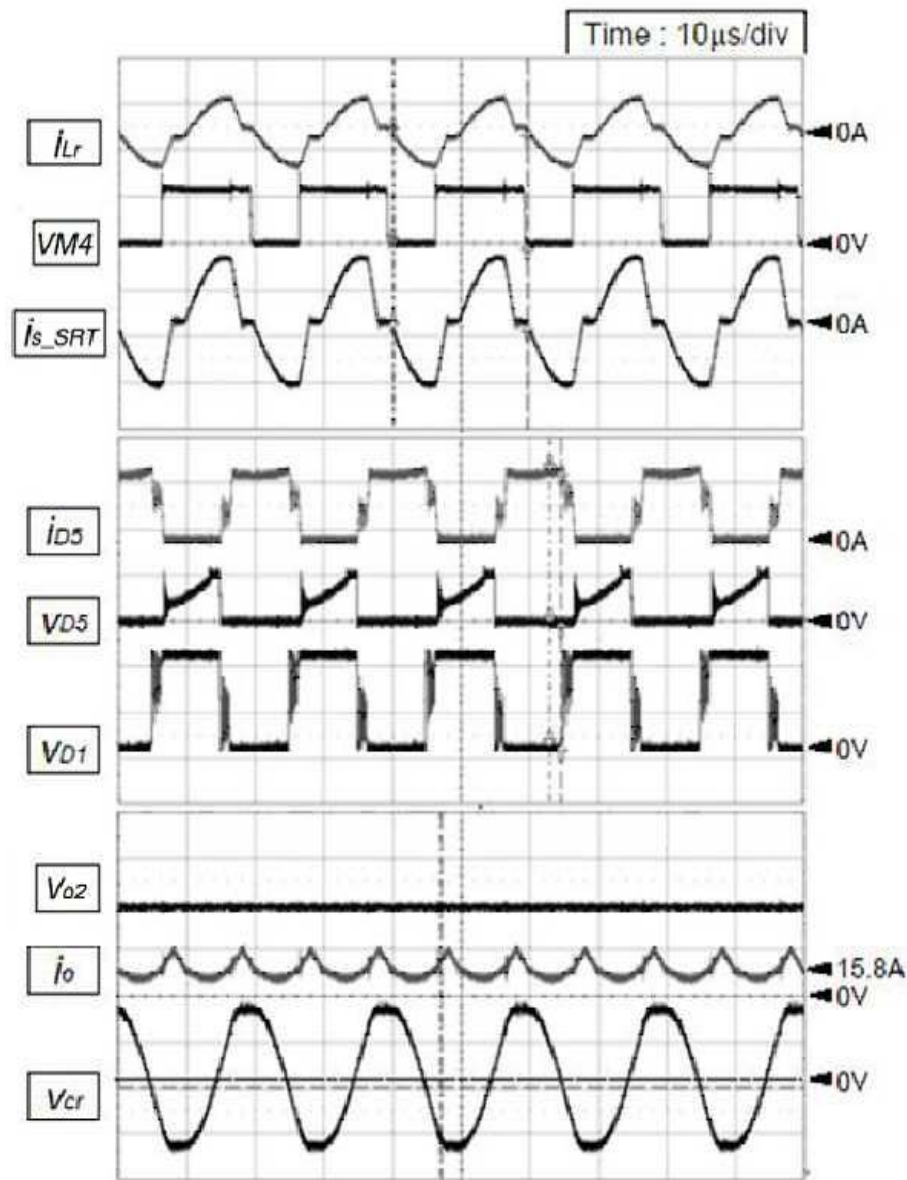
도면5



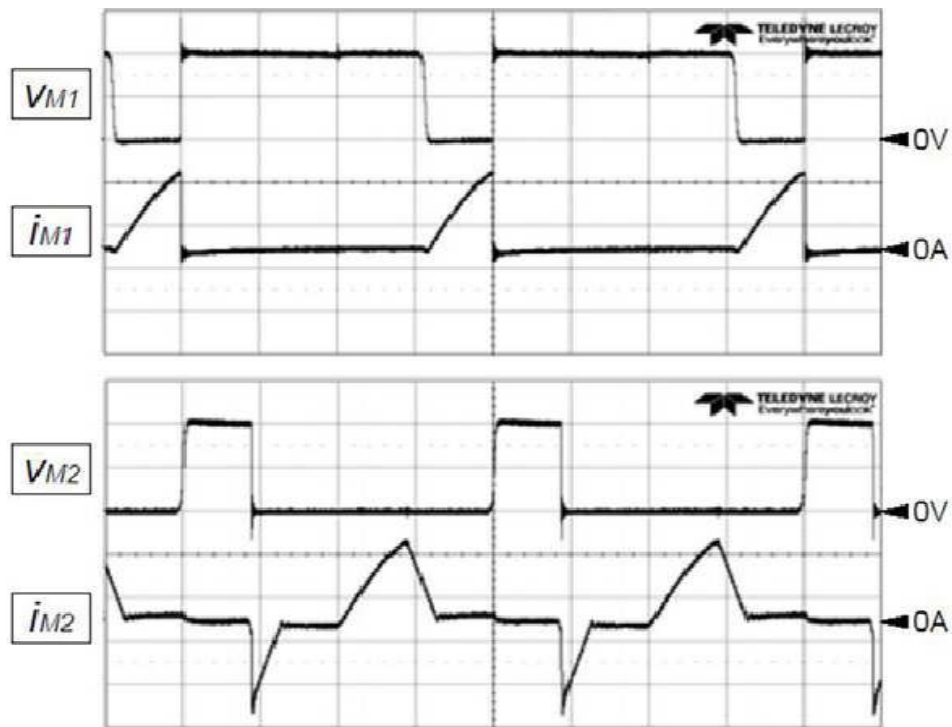
도면6



도면7



도면8



도면9

