



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0055266
(43) 공개일자 2018년05월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02M 3/158 (2006.01) B60L 11/18 (2006.01)
H02M 1/00 (2007.01) H02M 1/08 (2006.01)
H02M 1/14 (2006.01) H03K 17/13 (2006.01)

(52) CPC특허분류
H02M 3/1582 (2013.01)
B60L 11/1811 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0152896

(22) 출원일자 2016년11월16일

심사청구일자 2016년11월16일

(71) 출원인
부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 신선로 365 (용당동,
부경대학교)

(72) 발명자
노의철
부산광역시 남구 분포로 111, 125동 2003호(용호
동, 엘지메트로시티아파트)

정재현
부산광역시 남구 동제당로 103, 11동 203호(대성
주택)

(74) 대리인
유성원, 배경용, 전소정

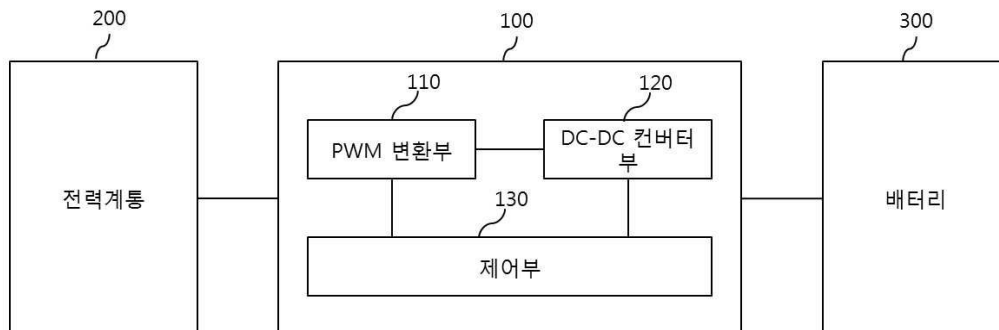
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치

(57) 요약

본 발명은 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치에 관한 것이다. 상기 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치는 전원부에 전기적으로 연결된 PWM(Pulse Width Modulation)전환부, 상기 PWM 전환부와 배터리에 전기적으로 연결되며 상기 배터리에 공급되는 전력을 변환하는 DC-DC 컨버터부, 상기 DC-DC 컨버터부와 상기 PWM 전환부에 전기적으로 연결되어 상기 DC-DC 컨버터부와 상기 PWM 전환부를 제어하는 제어부를 포함하고, 상기 DC-DC 컨버터부는 3상 회로로 구현되고, 상기 제어부는 상기 배터리의 전압의 크기에 따라 상기 DC-DC 컨버터부에 인가되는 DC 링크 전압을 제어할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류

H02M 1/083 (2013.01)

H02M 1/14 (2013.01)

H03K 17/13 (2013.01)

B60L 2210/10 (2013.01)

B60L 2210/30 (2013.01)

B60L 2240/547 (2013.01)

H02M 2001/0003 (2013.01)

Y02B 70/1491 (2013.01)

Y02T 10/7216 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치에 있어서,
전원부에 전기적으로 연결된 PWM(Pulse Width Modulation)전환부;
상기 PWM 전환부와 배터리에 전기적으로 연결되며 상기 배터리에 공급되는 전력을 변환하는 DC-DC 컨버터부;
상기 DC-DC 컨버터부와 상기 PWM 전환부에 전기적으로 연결되어 상기 DC-DC 컨버터부와 상기 PWM 전환부를 제어하는 제어부를 포함하고,
상기 DC-DC 컨버터부는 3상 회로로 구현되고, 상기 제어부는 상기 배터리의 전압의 크기에 따라 상기 DC-DC 컨버터부에 인가되는 DC 링크 전압을 제어하는 것을 특징으로 하는
전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 제어부는 상기 배터리 전압의 크기가 미리 설정된 구간 이내인 경우, 상기 DC 링크전압의 크기를 상기 제1 구간의 크기에 미리 설정된 소정 배수로 제어하는 것을 특징으로 하는
전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 제1 구간은 233V이상 267V이하이고, 상기 소정 배수는 1.5인 것을 특징으로 하는
전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 제어부는 상기 배터리의 전압이 233V이하인 경우, 상기 DC링크전압의 크기를 350V로 제어하는 것을 특징으로 하는
전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,
상기 3상 회로를 구성하는 각 단상회로에는 상기 각 단상회로를 활성화시키기 위한 스위칭 소자를 포함하고, 상기 제어부는 상기 스위칭 소자를 제어하여 상기 3상 회로가 3상 또는 2상으로 동작하도록 제어하는 것을 특징으로 하는,

전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 3상 회로의 동작하는 상의 수(phase number)는 상기 배터리 전압의 영역에 따라 다르게 제어되는 것을 특징으로 하는

전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 3상 회로의 동작하는 상의 수는 상기 배터리 전압의 크기와 상기 2상 회로로 동작 시의 최대 출력 전력에 의해 결정되는,

전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 제어부에 의해 상기 3상 회로는

상기 배터리 전압값이 임계전압값 이하인 경우에는 2상으로 작동하고,

상기 배터리 전압값이 상기 임계전압값을 초과하는 경우에는 3상으로 작동하는 것을 특징으로 하는

전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치.

청구항 9

제5항에 있어서,

상기 각 단상회로에는 두 개의 스위치가 직렬로 연결되고, 상기 두 개의 스위치 중 하나에만 ZVS(Zero Voltage Switching)용 캐패시터가 병렬로 연결되는,

전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치에 관한 것으로 보다 상세하게는 배터리의 전류 리플을 감소시켜 배터리의 수명을 연장할 수 있는 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전기자동차에 사용되는 양방향 DC-DC 컨버터는 높은 효율을 요구한다. 스위칭 손실을 줄여 효율을 높이기 위해 DC-DC 컨버터는 일반적으로 DCM(Discontinuous Current Mode)으로 동작시키는데, DCM으로 동작시키는 경우 배터리에 흐르는 전류의 리플이 크게 된다. 이는 배터리의 수명을 단축시키게 된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0003] 본 발명은 배터리의 충-방전 시에 배터리에 흐르는 전류의 리플을 저감할 수 있는 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0004] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 양상에 따른 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치는 전원부에 전기적으로 연결된 PWM(Pulse Width Modulation)전환부, 상기 PWM 전환부와 배터리에 전기적으로 연결되며 상기 배터리에 공급되는 전력을 변환하는 DC-DC 컨버터부, 상기 DC-DC 컨버터부와 상기 PWM 전환부에 전기적으로 연결되어 상기 DC-DC 컨버터부와 상기 PWM 전환부를 제어하는 제어부를 포함하고, 상기 DC-DC 컨버터부는 3상 회로로 구현되고, 상기 제어부는 상기 배터리의 전압의 크기에 따라 상기 DC-DC 컨버터부에 인가되는 DC 링크 전압을 제어하는 것을 특징으로 한다.
- [0005] 상기 제어부는 상기 배터리 전압의 크기가 미리 설정된 구간 이내인 경우, 상기 DC 링크전압의 크기를 상기 제1 구간의 크기에 미리 설정된 소정 배수로 제어할 수 있다.
- [0006] 상기 제1 구간은 233V이상 267V이하이고, 상기 소정 배수는 1.5일 수 있다.
- [0007] 상기 제어부는 상기 배터리의 전압이 233V이하인 경우, 상기 DC링크전압의 크기를 350V로 제어할 수 있다.
- [0008] 상기 3상 회로를 구성하는 각 단상회로에는 상기 각 단상회로를 활성화시키기 위한 스위칭 소자를 포함하고, 상기 제어부는 상기 스위칭 소자를 제어하여 상기 3상 회로가 3상 또는 2상으로 동작하도록 제어할 수 있다.
- [0009] 상기 3상 회로의 동작하는 상의 수(phase number)는 상기 배터리 전압의 영역에 따라 다르게 제어될 수 있다.
- [0010] 상기 3상 회로의 동작하는 상의 수는 상기 배터리 전압의 크기와 상기 2상 회로로 동작 시의 최대 출력 전력에 의해 결정될 수 있다.
- [0011] 상기 제어부에 의해 상기 3상 회로는 상기 배터리 전압값이 임계전압값 이하인 경우에는 2상으로 작동하고, 상기 배터리 전압값이 상기 임계전압값을 초과하는 경우에는 3상으로 작동할 수 있다.
- [0012] 상기 각 단상회로에는 두 개의 스위치가 직렬로 연결되고, 상기 두 개의 스위치 중 하나에만 ZVS(Zero Voltage Switching)용 캐패시터가 병렬로 연결될 수 있다.

발명의 효과

- [0013] 본 발명의 실시예에 따른 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치에 의하면 배터리의 충-방전시에 배터리에 흐르는 전류의 리플을 저감하여 배터리의 수명을 연장할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0014] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치를 포함하는 시스템도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치의 DC-DC 컨버터부의 회로구성의 예시도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치의 DC-DC 컨버터부에 있어서, 제1 모드의 전류의 경로를 도시한 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치의 DC-DC 컨버터부에 있어서, 제2 모드의 전류의 경로를 도시한 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치의 DC-DC 컨버터부에 있어서, 제3 모드의 전류의 경로를 도시한 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치의 DC-DC 컨버터부에 있어서, 제4 모드의 전류의 경로를 도시한 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치의 DC-DC 컨버터부에 있어서, 제5 모드의 전류의 경로를 도시한 도면이다.

도 8은 본 발명의 실시예에 따른 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치의 DC-DC 컨버터부에 있어서, 제6 모드의 전류의 경로를 도시한 도면이다.

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치의 DC-DC 컨버터부에 있어서, 방전 모드에서의 스위치 시그널, 인덕터 전류 및 스위치 전압의 파형을 도시한 도면이다.

도 10은 본 발명의 실시예에 따른 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치에 있어서, 방전모드에서 인덕터 전류의 파형을 도시한 도면이다.

도 11은 본 발명의 실시예에 따른 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치에 있어서, 배터리 및 인덕터 전류의 제1 파형을 나타낸 도면이다.

도 12는 본 발명의 실시예에 따른 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치에 있어서, 배터리 및 인덕터 전류의 제2 파형을 나타낸 도면이다.

도 13은 본 발명의 실시예에 따른 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치에 있어서, 출력 전력 및 DC 링크 전압 변동에 따른 배터리 전압에 대한 리플 전류의 크기를 도시한 도면이다.

도 14는 본 발명의 실시예에 따른 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치에 있어서, 2상으로 작동 시에 배터리 전압에 따른 전류 리플의 크기를 도시한 도면이다.

도 15는 본 발명의 실시예에 따른 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치에 있어서, 2상 동작 시 배터리 전압에 대한 컨버터의 최대 출력을 도시한 그래프이다.

도 16은 본 발명의 실시예에 따른 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치에 있어서, 배터리 전압에 따른 3상과 2상의 작동 시에 배터리 전류의 리플의 크기를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 본 발명의 목적 및 효과, 그리고 그것들을 달성하기 위한 기술적 구성들은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 뒤에 설명이 되는 실시 예들을 참조하면 명확해질 것이다. 본 발명을 설명함에 있어서 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고 뒤에 설명되는 용어들은 본 발명에서의 구조, 역할 및 기능 등을 고려하여 정의된 용어로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다.
- [0016] 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시 예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있다. 단지 본 실시 예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 오로지 특허청구범위에 기재된 청구항의 범주에 의하여 정의될 뿐이다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0017] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0018] 이하에서는 첨부한 도면을 참조하며, 본 발명의 바람직한 실시예들을 보다 상세하게 설명하기로 한다.
- [0019] 한편, 본 발명의 실시 예에 있어서, 각 구성요소들, 기능 블록들 또는 수단들은 하나 또는 그 이상의 하부 구성요소로 구성될 수 있으며, 각 구성요소들이 수행하는 전기, 전자, 기계적 기능들은 전자회로, 집적회로, ASIC(Application Specific Integrated Circuit) 등 공지된 다양한 소자들 또는 기계적 요소들로 구현될 수 있으며, 각각 별개로 구현되거나 2 이상이 하나로 통합되어 구현될 수도 있다.
- [0020] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 전류 리플을 최소화할 수 있는 AC-DC 컨버터 장치를 포함하는 시스템도이다. 상기 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 전류 리플을 최소화할 수 있는 AC-DC 컨버터 장치(100)는 전력계통(200) 및 배터리(300)와 전기적으로 연결된다.
- [0021] 상기 AC-DC 컨버터 장치(100)는 PWM(Pulse Width Modulation) 변환부(110), 상기 PWM 변환부(110)와 전기적으로 연결된 인터리브드 방식의 DC-DC 컨버터부(120, 이하 DC-DC 컨버터부로 명명하기로 함)와 상기 PWM 변환부(110) 및 상기 DC-DC 컨버터부(120)와 전기적으로 연결되어 상기 PWM 변환부(110)와 상기 DC-DC 컨버터부(120)를 제어하는 제어부(130)를 포함한다.

- [0022] 상기 PWM 변환부(110)는 전력계통(200)으로부터 공급되는 교류를 직류로 변환하거나 배터리(300)으로부터 공급되는 직류를 교류로 변환하는 양방? 전력 변환 기능을 수행하고, 상기 DC-DC 컨버터부(120)는 인터리브드 방식을 이용하여 배터리(300)의 리플 전류를 저감하는 기능을 수행한다.
- [0023] 상기 PMW 변환부(110)에 의해 변환되어 상기 DC-DC 컨버터부(120)에 인가되는 직류 전압은 DC 링크 전압으로 명명하기로 한다.
- [0024] 상기 제어부(130)는 상기 배터리(300)의 리플 전류의 크기를 최소로 하기 위하여 상기 배터리(300) 전압의 크기에 따라 상기 DC-DC 컨버터부(120)에 인가되는 DC 링크 전압을 제어할 수 있다(제1 방식).
- [0025] 기존에는 상기 PMW 변환부(110)와 상기 DC-DC 컨버터부(120)를 연결하는 DC 링크 전압의 크기가 350V 또는 400V로 일정하게 제어되어, 배터리(300)의 리플전류로 인한 배터리(300)의 수명이 단축되는 단점이 존재하였다. 하지만, 본 발명의 실시예에 따른 AC-DC 컨버터 장치(100)는 350V~400V 정도의 범위에서 가변하도록 제어하여 배터리(300)에 공급되는 전류의 리플을 저감한다.
- [0026] 특히, 상기 제어부(130)는 상기 배터리(300) 전압의 크기가 미리 설정된 구간 이내인 경우, 상기 DC 링크전압의 크기를 상기 배터리 전압의 크기의 소정배수로 제어함으로써 상기 배터리(300)의 리플 전류의 크기를 최소로 할 수 있다.
- [0027] 이때, 상기 배터리(300)의 리플 전류의 크기를 최소화하기 위하여 상기 미리 설정된 배터리 전압의 구간은 233V 이상 267V이하이고, 상기 소정 배수는 1.5인 것이 바람직하다. 또한, 상기 제어부(130)는 상기 배터리(300)의 전압이 233V이하인 경우, 상기 DC링크전압의 크기를 350V로 제어하는 것이 바람직하다.
- [0028] 또한, DC-DC 컨버터부(120)는 3상 회로로 구현되고, 상기 3상 회로를 구성하는 각 단상회로에는 상기 각 단상회로를 활성화시키기 위한 스위칭 소자를 포함한다. 기존에는 3상으로 고정하여 운전하였지만 본 발명의 실시예에 따른 본 발명의 실시예에 따른 AC-DC 컨버터 장치(100)에서는 상기 제어부(130)가 배터리(300)의 리플 전류의 크기를 최소로 하기 위하여 상기 스위칭 소자를 제어하여 배터리 전압에 따라 상기 3상 회로가 3상 또는 2상으로 동작하도록 제어할 수 있다(제2 방식).
- [0029] 상기 배터리(300)의 리플 전류의 크기를 최소화하기 위하여 상기 제어부(130)는 상기 DC-DC 컨버터부(120)의 동작하는 상(phase)수는 배터리 전압의 전압 영역에 따라 다르게 제어할 수 있는데, 상기 동작하는 상의 수는 배터리 전압의 크기와 2상 회로로 동작 시의 최대 출력 전력에 의해 결정될 수 있다.
- [0030] 또한, 상기 제어부(130)는 상기 배터리 전압값이 임계전압값 이하인 경우에는 2상으로 작동하고, 상기 배터리 전압값이 상기 임계전압값을 초과하는 경우에는 3상으로 작동하도록 제어할 수 있다.
- [0031] 본 발명의 실시예에 따른 AC-DC 컨버터 장치는 상기 제1 방식과 제2 방식을 독립적으로 또는 동시에 적용하여 배터리(300)의 리플전류를 크기를 최소화하여 배터리(300)의 수명을 획기적으로 연장할 수 있다.
- [0032] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치의 DC-DC 컨버터부의 회로구성의 예시도이다. 상기 도 2에 도시된 바와 같이, DC-DC 컨버터부(120)는 3상 회로로 구현되고, 상기 3상 회로를 구성하는 각 단상회로에는 상기 각 단상회로를 활성화시키기 위한 스위칭 소자를 포함한다.
- [0033] 이때, 상기 DC-DC 컨버터부(120)의 상기 각 단상회로에는 두 개의 스위치가 직렬로 연결되고, 상기 두 개의 스위치 중 하나에만 ZVS(Zero Voltage Switching)용 캐패시터가 병렬로 연결되도록 구성될 수 있다.
- [0034] 또한, 링크 전압인 V_{DC} 는 350V~400V, 배터리(300)의 전압 V_B 의 범위는 176V~280V로 설정되며, 배터리가 충전할 때는 벡 컨버터로 동작하고, 방전할 때는 부스트 컨버터로 동작한다.
- [0035] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치(100)의 동작원리를 보다 자세히 설명하기로 한다.
- [0036] 도 3 내지 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치의 DC-DC 컨버터부(120)에 있어서, 제1 모드 내지 제6모드의 전류의 경로를 도시한 도면이고, 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치의 DC-DC 컨버터부(120)에 있어서, 방전 모드에서의 스위치 시그널, 인덕터 전류 및 스위치 전압의 파형을 도시한 도면이다.
- [0037] 이하 각 모드에 대해서 설명하기로 한다.

[0038] [제1 모드($t_0 \sim t_1$)]

[0039] 상기 도 3을 참조하면, 제1 모드에서는 인덕터 전류가 0[A]일 때, 하단 스위치 S_2 를 ZVS, ZCS를 턴온하여 시작된다. S_2 가 턴-온하면 인덕터 L에는 정방향으로 V_B 가 인가되어 인덕터 전류 i_L 이 선형적으로 증가한다. 인덕터 전류 i_L 은 다음의 수학식 1로 나타낼 수 있다.

수학식 1

$$i_L = \frac{1}{L} \int_{t_0}^t V_B dt$$

[0040]

[0041] 스위치 전압 V_{S2} 는 0[V]가 되고, V_{S1} 은 V_{DC} 와 같다. 제1 모드는 스위치 S_2 의 턴-온 기간만큼 지속되며 제1 모드의 구간이 길수록 방전 전력이 증가하고, 반대로 구간이 짧을수록 방전 전력은 감소한다. 전력이 증가함에 따라 스위칭 주파수는 감소한다.

[0042] [제2 모드($t_1 \sim t_2$)]

[0043] t_1 에서 S_2 를 턴-오프 하면 S_2 는 ZVS 조건에서 턴-오프된다. 이때 ZVS용 커패시터와 인덕터가 직렬로 공진하게 된다. 스위치 전압 V_{S2} 는 영전압에서 V_{DC} 만큼 상승하며 커패시터는 에너지를 충전하게 된다. V_{S2} 의 전압 상승은 다음의 수학식 2와 같다.

수학식 2

$$V_{S2} = -V_B + (V_B - V_{S2}(t_1)) \cos \omega_0(t - t_1) - Z_0 i_L(t_1) \sin \omega_0(t - t_1)$$

[0044]

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \text{이고,} \quad Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

[0045]

이때, 이고, 이다.

[0046] [제3 모드($t_2 \sim t_3$)]

[0047] 제3모드에서는 V_{S2} 가 V_{DC} 보다 커질 때 스위치 S_1 의 다이오드가 턴-온 되면서 시작한다. 전류는 배터리-인덕터- S_1 의 다이오드-DC 링크의 경로로 흐르게 되며 인덕터 전류 방향은 제2 모드에서와 같다. 이때 인덕터에는 V_B 와 V_{DC} 의 차이만큼 전압이 인가되는데 V_{DC} 가 V_B 보다 크기 때문에 인덕터 전류는 점차 감소하게 된다. 이 경우의 인덕터 전류는 다음의 수학식 3으로 나타낼 수 있으며, 인덕터 전류가 0[A]로 감소하면 제3 모드는 종료된다.

수학식 3

$$i_L = i_L(t_2) + \frac{1}{L} \int_{t_2}^t (V_B - V_{DC}) dt$$

[0048]

[0049] [제4 모드($t_3 \sim t_4$)]

[0050] 인덕터 전류가 0[A]로 감소할 때 스위치 S_1 을 턴-온 하면 제4 모드가 시작된다. 스위치 S_1 은 ZVS와 ZCS를 턴-온 하고 인덕터 전압은 V_B 와 V_{DC} 의 차이만큼 인가된다. 따라서, 인덕터 전류 i_L 은 수학식 4와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 4

$$i_L = \frac{1}{L} \int_{t_3}^t (V_B - V_{DC}) dt$$

[0051]

[0052] 상기 전류의 크기는 크게 할 필요는 없고 V_{S2} 의 커패시터에 저장된 에너지를 방전할 수 있을 정도면 된다. 이 값을 I_{min} 이라고 하면 I_{min} 은 다음의 수학식 5와 같다.

수학식 5

$$\frac{1}{2} L I_{min}^2 = \frac{1}{2} C [V_{DC}^2 - \{2(V_{DC} - V_B)\}^2]$$

[0053]

[0054] 여기서 배터리 전압 V_B 가 DC링크 전압 V_{DC} 크기의 0.5배보다 작은 경우에는 공진전압의 최대값 $2(V_{DC} - V_B)$ 가 V_{DC} 보다 크기 때문에 인덕터에 추가로 에너지를 공급하지 않아도 ZVS 스위칭이 가능하다. 이 경우에는 스위치 S_1 을 턴-온할 필요가 없고 제5 모드와 제6 모드도 발생하지 않는다.

[0055] [제5 모드($t_4 \sim t_5$)]

[0056] 스위치 S_1 이 ZVS 턴-오프하면서 제5 모드가 시작된다. ZVS용 커패시터는 만큼 충전되어 있다가 커패시터와 인덕터가 직렬 공진하게 되면서 에너지를 방전한다. 이때 V_{S2} 의 전압은 다음의 수학식 6과 같다.

수학식 6

$$V_{S2} = V_B - (V_B - V_{S2}(t_4)) \cos \omega_0 (t - t_4) + Z_0 i_L(t_4) \sin \omega_0 (t - t_4)$$

[0057]

[0058] [제6 모드($t_5 \sim t_6$)]

[0059] 제6 모드는 스위치 전압 V_{S2} 가 영전압이 되고 S_2 의 다이오드가 턴-온 하면서 시작된다. 인덕터에 배터리 전압 V_B 가 인가되기 때문에 인덕터 전류는 I_{min} 에서 0[A]로 점점 감소하게 된다. 인덕터 전류는 다음의 수학식 7로 나타낼 수 있으며 인덕터 전류가 0[A]가 되면 제6 모드는 종료하게 된다.

수학식 7

$$i_L = i_L(t_5) + \frac{1}{L} \int_{t_5}^t V_B dt$$

[0060]

[0061] 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치에 있어서, 방전모드에서 인덕터 전류의 파형을 도시한 도면이다.

[0062] 상기 도 10에 도시된 바와 같이, 직렬공진 주기는 스위칭 주기와 비교하여 무시할 수 있을 정도로 짧으므로 계산에서 고려하지 않았다. 또한 배터리의 시정수는 매우 크기 때문에 스위칭 한 주기에서 배터리 전압이 일정하다고 가정하였다. 3상 인터리브드 컨버터 동작 시 한 상은 전체 전력의 1/3만큼 부담하므로 방전 전력 PD는 수학식 8과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 8

$$P_D = 3 \langle i_L \rangle V_B$$

[0063]

[0064]

여기서 $\langle i_L \rangle$ 은 i_L 의 평균값을 의미한다.

[0065]

상기 도 10에서 전류의 최소값 I_{min} 은 커패시터를 방전할 수 있을 정도면 되기 때문에 I_{max} 에 비해 매우 작은 값이므로 0[A]라고 가정한다. 인덕터 전류 최대값 I_{max} 는 다음의 수학식 9 또는 수학식 10과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 9

$$I_{max} = \frac{1}{L} (V_{DC} - V_B) t_f$$

[0066]

수학식 10

$$I_{max} = \frac{1}{L} V_B t_r$$

[0067]

[0068]

상기 수학식 8, 수학식 9 및 수학식 10을 이용하여 스위칭 주기 T를 나타내면 수학식 11과 같고 듀티는 수학식 12와 같다.

수학식 11

$$T = t_f + t_r = \frac{P_D L V_{DC}}{1.5 V_B^2 (V_{DC} - V_B)}$$

[0069]

수학식 12

$$D = \frac{t_r}{T} = \frac{V_{DC} - V_B}{V_{DC}}$$

[0070]

[0071]

배터리(300)의 입·출력 전류 리플의 크기는 배터리(300)의 전압과 DC링크 전압의 크기에 따라 변동한다. 3상인 경우 배터리 전압이 DC 링크 전압 크기의 2/3가 될 때 배터리 전류 리플의 크기는 0[A]가 된다.

[0072]

따라서 DC링크 전압이 400[V]인 경우 배터리(300)의 전압이 267[V]일 때, 배터리 전류 리플은 0[A]이다. 계통 전압이 220[V]인 경우 DC링크 전압을 350~400[V]정도로 제어 가능하므로, DC링크 전압을 일정하게 두지 않고 배터리 전압에 따라 가변하면 배터리 전압이 233~267[V]인 구간에서는 배터리 전류 리플을 0[A]로 할 수 있다.

[0073]

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치에 있어서, 방전 모드 시 배터리 전류와 인덕터 전류의 제1 파형을 나타낸 도면이고, 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치에 있어서, 방전모드 시 배터리 전류와 인덕터 전류의 제2 파형을 나타낸 도면이다.

[0074]

배터리(300)의 전류가 상승하는 구간을 A, 하강하는 구간을 B로 구분하였으며, 배터리(300)의 전류의 리플 변화량은 A와 B에서 동일하다.

[0075]

하강구간 B는 한 상의 인덕터에 정방향으로 전압이 인가되어 전류가 상승하며 다른 두 상의 인덕터에 역방향으

로 전압이 인가되어 전류가 하강한다. 하강구간 B에서의 전류 리플 변화를 식으로 나타내면 다음의 수학적 식 13과 같고 구간 B의 주기 $T_B(t_1 \sim t_2)$ 는 다음의 수학적 식 14로 나타낼 수 있다.

수학적 식 13

$$\Delta i_B = \frac{1}{L} \int_{t_1}^{t_2} V_B dt + \frac{2}{L} \int_{t_1}^{t_2} (V_B - V_{DC}) dt$$

수학적 식 14

$$T_B = \left(\frac{2}{3} - D \right) T$$

상기 수학적 식 13과 수학적 식 14를 이용하여 Δi_B 를 다음의 수학적 식 15와 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 15

$$\Delta i_B = \frac{2V_{DC} - 3V_B}{L} \left(D - \frac{2}{3} \right) T$$

상기 도 11에 도시된 바와 같이, 하강구간 B에서의 전류 리플 변화를 식으로 나타내면 다음의 수학적 식 16과 같고 구간 B의 주기 $T_B(t_1 \sim t_2)$ 는 다음의 수학적 식 17과 같다. 따라서 전류 리플의 변화량 Δi_B 는 다음의 수학적 식 18과 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 16

$$\Delta i_B = \frac{3}{L} \int_{t_1}^{t_2} (V_B - V_{DC}) dt$$

수학적 식 17

$$T_B = \frac{1}{3} T - DT$$

수학적 식 18

$$\Delta i_B = \frac{3(V_{DC} - V_B)}{L} \left(\frac{1}{3} - D \right) T$$

도 13은 본 발명의 실시예에 따른 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치에 있어서, 출력 전력 및 DC 링크 전압 변동에 따른 배터리 전압에 대한 리플 전류의 크기를 도시한 도면이다.

상기 도 13에 도시된 바와 같이, 배터리(300) 전압의 범위가 176[V]에서 187[V]인 경우에는 DC링크 전압이 400[V]일 때 전류 리플이 최소가 되고, 배터리 전압이 187[V]에서 233[V]인 경우는 DC링크 전압이 350[V]일 때 전류 리플이 최소가 된다. 또한 DC링크 전압이 350[V]와 400[V]인 경우, 각각 배터리 전압이 DC링크 전압의 2/3인 233[V]와 267[V]에서 전류 리플이 0[A]가 된다. 따라서 배터리 전압이 233[V]에서 267[V]인 구간에서 충·방전 시 DC링크 전압을 배터리 전압의 3/2배인 350[V]에서 400[V]로 제어함으로써 전류 리플을 0[A]로 줄일 수 있다. 배터리 전압의 범위가 267[V]에서 280[V]인 경우 DC링크 전압이 400[V]일 때 전류 리플이 최소가 된다.

도 14는 본 발명의 실시예에 따른 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치에 있어서, 2상으로 작동 시

에 배터리 전압에 따른 전류 리플의 크기를 도시한 도면이다.

[0087] 시스템을 구성하는 전력 반도체 소자의 전류 정격은 3상 동작을 기준으로 설계한다. 따라서 2상 동작 시 최대 출력 전력은 3상을 기준으로 설계된 전력 반도체 소자의 전류 정격에 제한을 받게 된다.

[0088] 도 15는 본 발명의 실시예에 따른 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치에 있어서, 2상 동작 시 배터리 전압에 대한 컨버터의 최대 출력을 도시한 그래프이다. 상기 도 15를 참조하면, 2상 동작 시 배터리 전압이 증가함에 따라 최대 출력이 증가하는 것을 알 수 있다. 상기 도 15에서 A영역은 배터리 전압에 따른 2상으로 동작 가능한 부하 영역이다.

[0089] 도 16은 본 발명의 실시예에 따른 전류 리플을 최소화하기 위한 AC-DC 컨버터 장치에 있어서, 배터리 전압에 따른 3상과 2상의 작동 시에 배터리 전류의 리플의 크기를 도시한 도면이다. 상기 도 16을 참조하면, 배터리(300) 전압 V_B 가 231V보다 작은 경우 2상으로 동작하면 전류 리플을 줄일 수 있는 것을 알 수 있다. 그러나, 상기 도 15 및 16을 통해 알 수 있듯이 V_B 가 231V인 경우 2상 최대출력이 2.62kW이므로 이보다 출력이 낮은 경우에만 2상으로 전환하여 리플 전류의 크기를 줄일 수 있다.

[0090] 2상으로 동작 시 V_B 에 따른 2상 동작 최대출력 P_0 의 크기는 굵은 선과 같으며 동작 범위는 B영역과 같다. 부하 명령치와 현재 배터리 전압 크기를 이용하여 현재 동작하는 상의 수를 결정할 수 있다

[0091] 배터리(300) 전압이 176V~231V로 증가함에 따라 최대 출력 전력은 2kW~2.63kW로 증가한다. 또한 2상으로 동작하는 경우 3상 동작 시와 비교하여 스위칭 주파수가 낮기 때문에 주파수제어를 사용할 수 있는 경부하 구간이 확장될 수 있다.

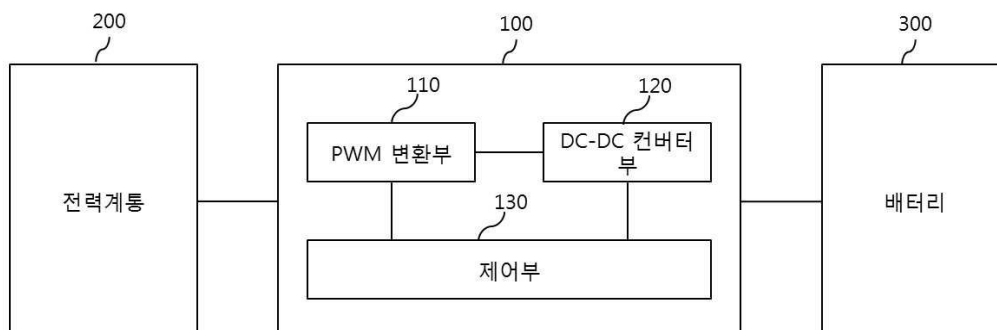
[0092] 본 명세서와 도면에는 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 개시하였으며, 비록 특정 용어들이 사용되었으나, 이는 단지 본 발명의 기술 내용을 쉽게 설명하고 발명의 이해를 돕기 위한 일반적인 의미에서 사용된 것이지, 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 여기에 개시된 실시예 외에도 본 발명의 기술적 사상에 바탕을 둔 다른 변형예들이 실시 가능하다는 것은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것이다.

부호의 설명

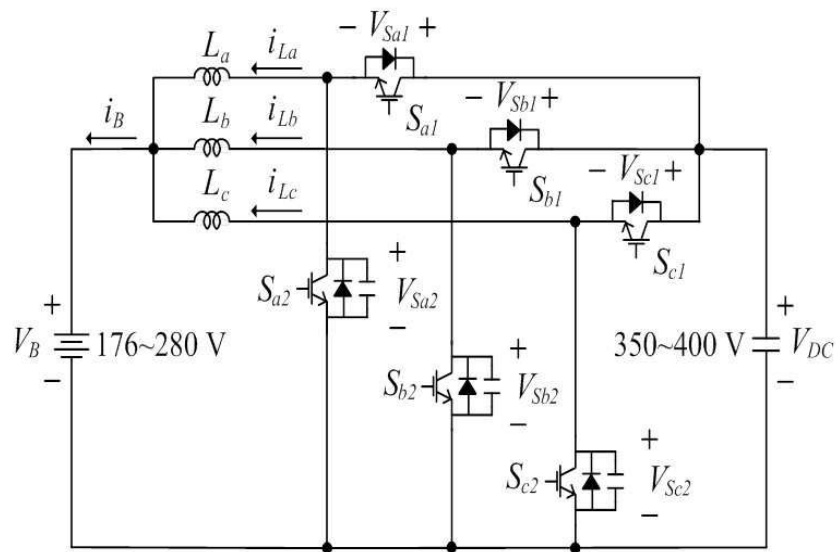
[0093] 100: AC-DC 컨버터 장치 110: PWM 변환부
120: DC-DC 컨버터부 130: 제어부
200: 전력계통 300: 배터리

도면

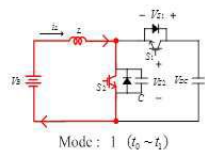
도면1



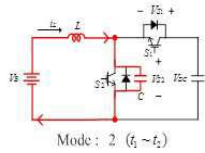
도면2



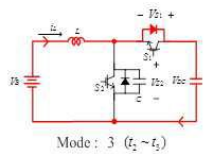
도면3



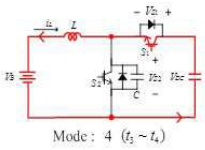
도면4



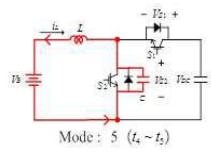
도면5



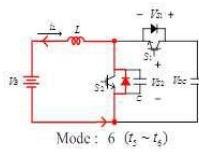
도면6



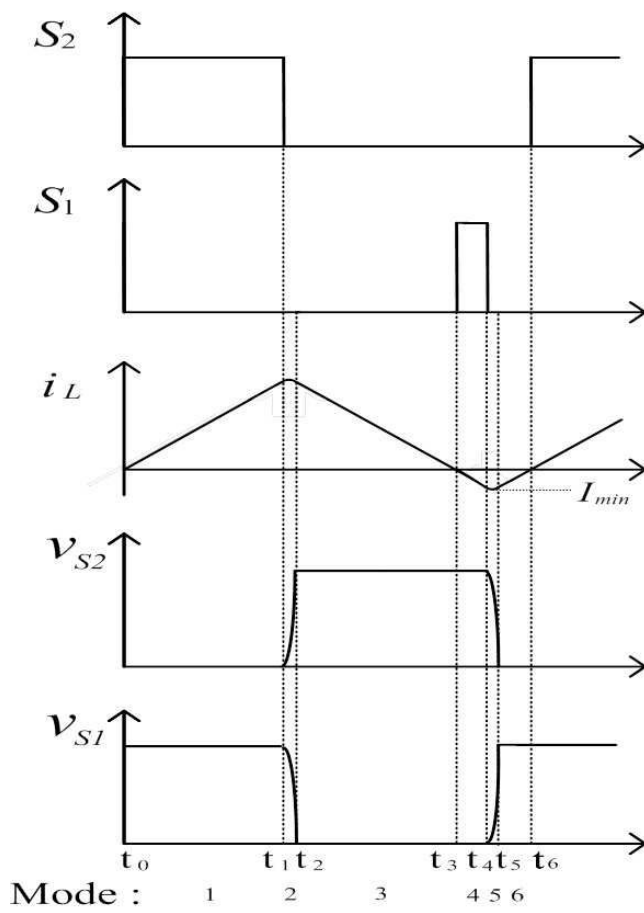
도면7



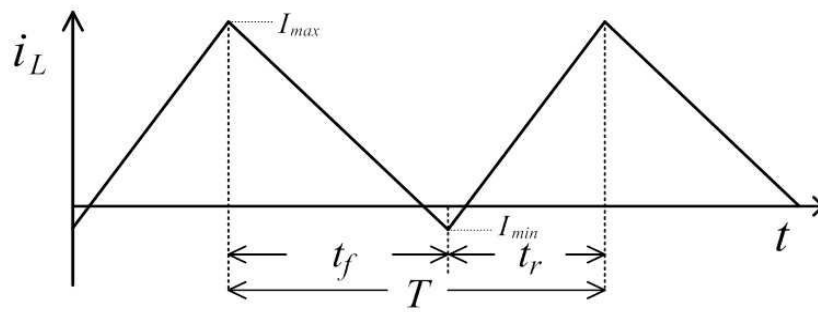
도면8



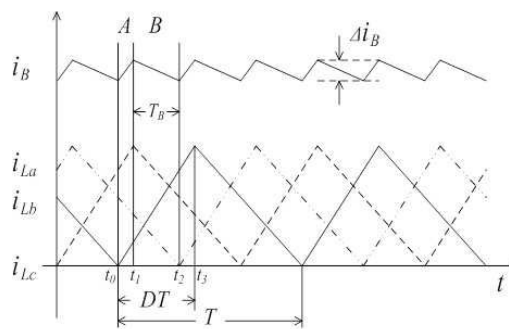
도면9



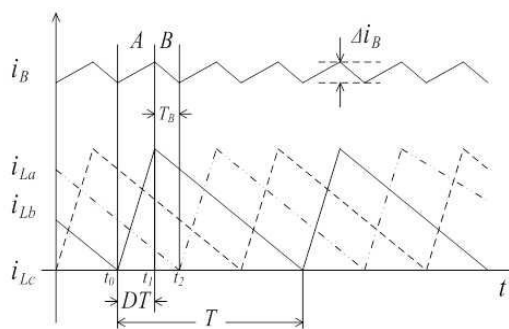
도면10



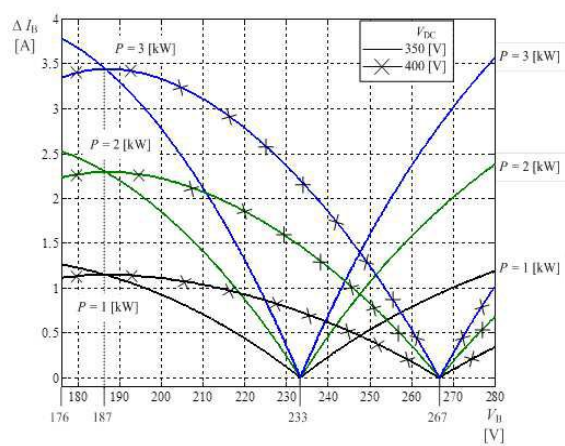
도면11



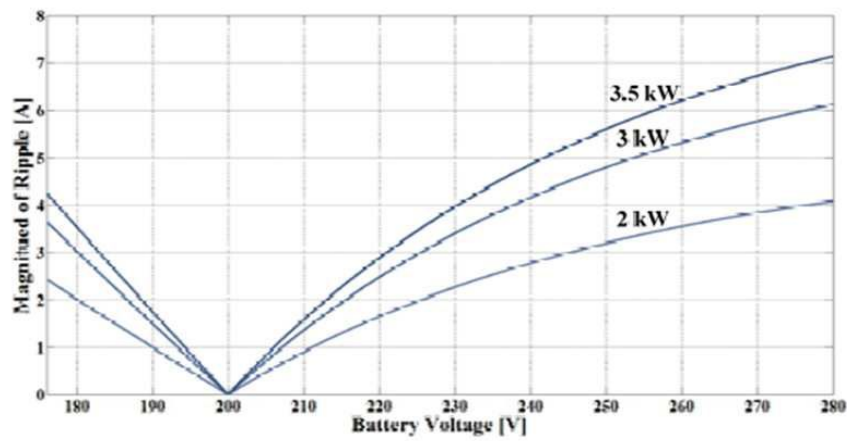
도면12



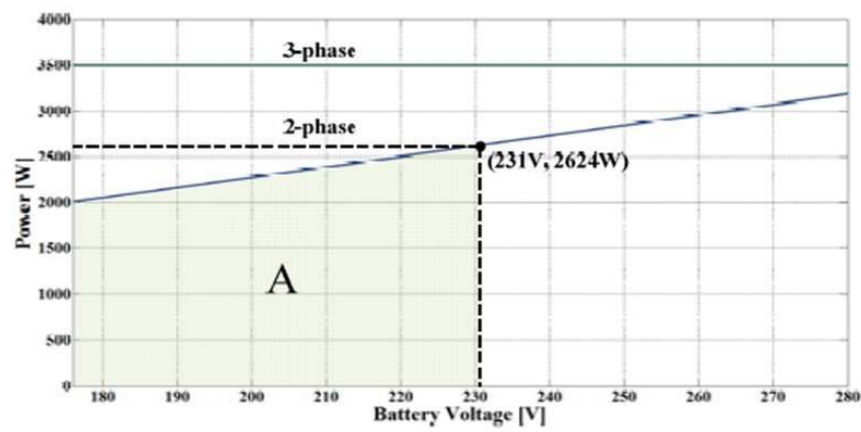
도면13



도면14



도면15



도면16

