



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0031409
(43) 공개일자 2023년03월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H02M 3/335 (2006.01) H02M 1/088 (2006.01)

H02M 3/28 (2006.01) H02M 7/5387 (2007.01)

(52) CPC특허분류

H02M 3/335 (2013.01)

H02M 1/088 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0113601

(22) 출원일자 2021년08월27일

심사청구일자 2021년08월27일

(71) 출원인

인천대학교 산학협력단

인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)

(72) 발명자

윤한신

인천광역시 연수구 송도문화로28번길 27 송도글로벌파크베르디움 205동 1204호

임지훈

인천광역시 연수구 아카데미로 119 인천대학교 8호관 C동 437호 전력변환시스템연구실

이동인

인천광역시 연수구 아카데미로 119 인천대학교 8호관 C동 437호 전력변환시스템연구실

(74) 대리인

김효성

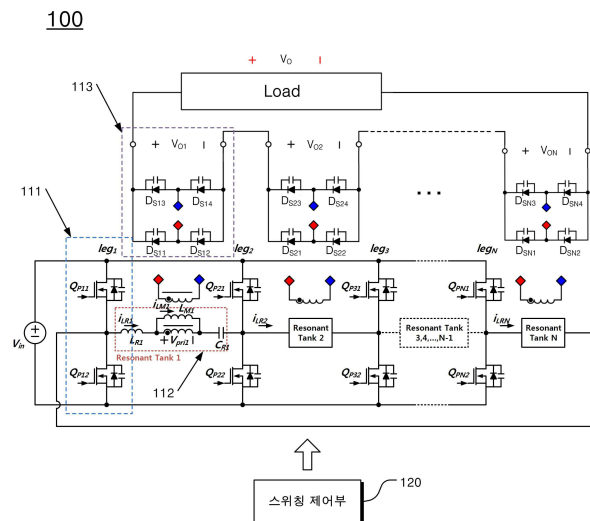
전체 청구항 수 : 총 3 항

(54) 발명의 명칭 복수의 LLC 공진형 컨버터 모듈들을 이용한 대용량 DC-DC 컨버팅 시스템 장치

(57) 요약

본 발명은 복수의 LLC 공진형 컨버터 모듈들의 입력단을 병렬로 연결하고, 출력단을 직렬로 연결한 DC-DC 컨버팅 시스템 장치를 제시함으로써, DC-DC 컨버팅 시스템 장치의 대용량화가 가능하도록 함과 동시에, 각 LLC 공진형 컨버터 모듈을 구성하는 인버터부의 스위치를 하프 브리지(half-bridge) 구조로 구성함으로써, 회로 구성에 필요로 하는 스위치 소자의 개수를 절감할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H02M 3/285 (2013.01)

H02M 7/5387 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711128205
과제번호	2020R1C1C1010268
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	차세대 단일 전력단 차량 탑재형 충전기 시스템의 고효율 고밀도 기술 연구
기 여 율	1/3
과제수행기관명	인천대학교
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2115705802
과제번호	21CTAPC15705802
부처명	국토교통부
과제관리(전문)기관명	국토교통과학기술진흥원
연구사업명	국토교통기술촉진연구사업
연구과제명	병렬입력-직렬출력 구조의 다중 LLC 공진형 컨버터의 모듈 간 밸런싱(모듈 간 출력 편차 5% 이내) 제어기법 개발
기 여 율	1/3
과제수행기관명	인천대학교 산학협력단
연구기간	2021.01.01 ~ 2021.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2021002500
과제번호	202100250001
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국전력공사 전력연구원
연구사업명	사외공모 기초연구
연구과제명	양방향 무선전력전송 SiC 기반 고효율 전력변환모듈 개발
기 여 율	1/3
과제수행기관명	한국과학기술원
연구기간	2021.02.01 ~ 2022.01.31

명세서

청구범위

청구항 1

제1 스위치와 제2 스위치가 하프 브리지(half-bridge) 구조로 연결되어 있는 인버터부와, 공진 인덕터, 공진 커패시터, 및 자화 인덕턴스를 갖는 변압기가 직렬로 연결된 공진 탱크, 및 상기 변압기를 통해 출력되는 교류 전압을 직류 전압으로 정류하는 정류부를 포함하는 N (N 은 3이상의 홀수임)개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들 - 상기 N 개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들 각각의 인버터부의 입력단은 서로 병렬로 연결되어, 외부 직류 전원으로로부터 직류 전압을 입력으로 인가받고, 상기 N 개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들 각각의 정류부의 출력단은 서로 직렬로 연결되어, 직류 전압을 출력하며, 상기 N 개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들 중 k (k 는 1이상 N 이하의 자연수임)번째 LLC 공진형 컨버터 모듈을 구성하는 k 번째 공진 탱크의 공진 인덕터는 상기 k 번째 LLC 공진형 컨버터 모듈을 구성하는 k 번째 인버터부의 제1 스위치와 제2 스위치 사이의 중점 노드에 연결되고, 상기 k 번째 공진 탱크의 공진 커패시터는 $k+1$ 번째 LLC 공진형 컨버터 모듈을 구성하는 $k+1$ 번째 인버터부의 제1 스위치와 제2 스위치 사이의 중점 노드에 연결됨 - ; 및

상기 외부 직류 전원으로로부터 상기 N 개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들 각각의 인버터부의 입력단에 직류 전압이 인가되면, 상기 N 개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들 각각에 포함된 인버터부의 제1 스위치와 제2 스위치에 대한 온/오프 스위칭을 제어함으로써, 상기 N 개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들 각각에 포함된 정류부의 출력단을 통해 전압 변환이 완료된 직류 전압이 출력되도록 제어하는 스위칭 제어부

를 포함하는 DC-DC 컨버팅 시스템 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 스위칭 제어부는

상기 N 개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들 각각에 포함된 인버터부의 제1 스위치와 제2 스위치 각각에 대해, 사전 설정된 주파수의 제1 스위칭 신호와 제2 스위칭 신호 - 상기 제2 스위칭 신호는 상기 제1 스위칭 신호와 동일한 주파수를 갖되, 상기 제1 스위칭 신호와 비교하여 사전 설정된 제1 위상차를 갖는 신호임 - 를 인가함으로써, 상기 N 개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들 각각에 포함된 인버터부의 제1 스위치와 제2 스위치에 대한 온/오프 스위칭을 제어하되, 상기 k 번째 LLC 공진형 컨버터 모듈에 포함된 인버터부의 제1 스위치에 인가되는 k 번째 제1 스위칭 신호와 상기 $k+1$ 번째 LLC 공진형 컨버터 모듈에 포함된 인버터부의 제2 스위치에 인가되는 $k+1$ 번째 제2 스위칭 신호가 사전 설정된 제2 위상차를 갖도록 스위칭 제어를 수행함과 동시에, 상기 k 번째 LLC 공진형 컨버터 모듈에 포함된 인버터부의 제2 스위치에 인가되는 k 번째 제2 스위칭 신호와 상기 $k+1$ 번째 LLC 공진형 컨버터 모듈에 포함된 인버터부의 제1 스위치에 인가되는 $k+1$ 번째 제1 스위칭 신호가 상기 제2 위상차를 갖도록 스위칭 제어를 수행하는 것을 특징으로 하는 DC-DC 컨버팅 시스템 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 위상차는 180도이고, 상기 제2 위상차는 0도 초과, 90도 미만의 크기를 갖는 것을 특징으로 하는 DC-DC 컨버팅 시스템 장치.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 복수의 LLC 공진형 컨버터 모듈들을 이용한 대용량 DC-DC 컨버팅 시스템 장치에 대한 것이다.

배경 기술

[0001]

- [0002] 최근, 차량이나 친환경 철도 차량에서 수소 연료 전지를 적용하고 있으며, 특히 강화되고 있는 환경 규제에 의해 기존 디젤 철도 차량을 수소 연료 전지 철도 차량으로 대체하는 것에 대한 연구가 활발히 진행 중이다.
- [0003] 보통, 수백 kW급의 대용량 수소 연료 전지의 출력을 활용하여 철도 차량의 견인 전동기를 구동하기 위해서는, 약 1500V급의 높은 직류 전압을 수소 연료 전지를 통해 공급하여야 하나 수소 연료 전지의 경우, 수소 연료 전지의 출력 전압이 낮을 뿐만 아니라, 출력 전압의 변동폭이 커서 철도 차량의 견인 전동기를 구동하기가 어려운 실정이다.
- [0004] 이와 관련해서, 수소 연료 전지 철도 차량에서 철도 차량의 견인 전동기를 구동하기 위해, 수소 연료 전지와 전동기 구동용 인버터 사이에 대용량 고전압 DC-DC 컨버팅 시스템 장치를 탑재하는 것을 고려할 수 있다.
- [0005] 관련해서, DC-DC 컨버팅 시스템 장치를 구성하기 위해, LLC 공진형 컨버터를 활용할 수 있는데, LLC 공진형 컨버터가 넓은 입출력 범위를 가지기 위해서는 LLC 공진형 컨버터의 출력을 제한하여 낮은 Q인자를 갖도록 설계할 필요가 있다. 이와 관련해서, 대용량의 DC-DC 컨버팅 시스템 장치를 구현하기 위해서 복수개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들을 사용하는 방법을 고려할 수 있다. 복수개의 LLC 공진형 컨버터 모듈을 사용하는 경우, 각 컨버팅 모듈의 출력을 제한하더라도 입력단을 병렬로 연결하고, 출력단을 직렬로 연결하게 되면, 높은 직류 전압을 얻을 수 있을 뿐만 아니라, Q인자를 낮출 수 있어, 넓은 입출력에 대응할 수 있다.
- [0006] 다만, LLC 공진형 컨버터 모듈은 입력 직류 전압을 교류 전압으로 변환하기 위한 인버터부가 4개의 스위치로 구성되는 경우가 많은데, 회로 내 스위치 소자의 개수가 증가하는 경우, 회로가 복잡해지고, 경제성이 떨어진다는 점에서, 스위치 소자의 개수를 최소화할 수 있는 방안에 대한 연구가 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명은 복수의 LLC 공진형 컨버터 모듈들의 입력단을 병렬로 연결하고, 출력단을 직렬로 연결한 DC-DC 컨버팅 시스템 장치를 제시함으로써, DC-DC 컨버팅 시스템 장치의 대용량화가 가능하도록 함과 동시에, 각 LLC 공진형 컨버터 모듈을 구성하는 인버터부의 스위치를 하프 브리지(half-bridge) 구조로 구성함으로써, 회로 구성에 필요로 하는 스위치 소자의 개수를 절감하는 것이 가능하도록 한다.

과제의 해결 수단

- [0008] 본 발명의 일실시예에 따른 DC-DC 컨버팅 시스템 장치는, 제1 스위치와 제2 스위치가 하프 브리지(half-bridge) 구조로 연결되어 있는 인버터부와, 공진 인덕터, 공진 커패시터, 및 자화 인덕턴스를 갖는 변압기가 직렬로 연결된 공진 탱크, 및 상기 변압기를 통해 출력되는 교류 전압을 직류 전압으로 정류하는 정류부를 포함하는 N (N 은 3이상의 홀수임)개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들 - 상기 N 개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들 각각의 인버터부의 입력단은 서로 병렬로 연결되어, 외부 직류 전원으로 부터 직류 전압을 입력으로 인가받고, 상기 N 개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들 각각의 정류부의 출력단은 서로 직렬로 연결되어, 직류 전압을 출력하며, 상기 N 개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들 중 k (k 는 1이상 N 이하의 자연수임)번째 LLC 공진형 컨버터 모듈을 구성하는 k 번째 공진 탱크의 공진 인덕터는 상기 k 번째 LLC 공진형 컨버터 모듈을 구성하는 k 번째 인버터부의 제1 스위치와 제2 스위치 사이의 중점 노드에 연결되고, 상기 k 번째 공진 탱크의 공진 커패시터는 $k+1$ 번째 LLC 공진형 컨버터 모듈을 구성하는 $k+1$ 번째 인버터부의 제1 스위치와 제2 스위치 사이의 중점 노드에 연결됨 - 및 상기 외부 직류 전원으로 부터 상기 N 개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들 각각의 인버터부의 입력단에 직류 전압이 인가되면, 상기 N 개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들 각각에 포함된 인버터부의 제1 스위치와 제2 스위치에 대한 온/오프 스위칭을 제어함으로써, 상기 N 개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들 각각에 포함된 정류부의 출력단을 통해 전압 변환이 완료된 직류 전압이 출력되도록 제어하는 스위칭 제어부를 포함한다.

발명의 효과

- [0009] 본 발명은 복수의 LLC 공진형 컨버터 모듈들의 입력단을 병렬로 연결하고, 출력단을 직렬로 연결한 DC-DC 컨버팅 시스템 장치를 제시함으로써, DC-DC 컨버팅 시스템 장치의 대용량화가 가능하도록 함과 동시에, 각 LLC 공진형 컨버터 모듈을 구성하는 인버터부의 스위치를 하프 브리지(half-bridge) 구조로 구성함으로써, 회로 구성에 필요로 하는 스위치 소자의 개수를 절감할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0010] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 DC-DC 컨버팅 시스템 장치의 회로 구조를 도시한 도면이다.
- 도 2 내지 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 DC-DC 컨버팅 시스템 장치를 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0011] 이하에서는 본 발명에 따른 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명하기로 한다. 이러한 설명은 본 발명을 특정한 실시 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 사용하였으며, 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 본 명세서 상에서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 사람에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다.
- [0012] 본 문서에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다. 또한, 본 발명의 다양한 실시예들에 있어서, 각 구성요소들, 기능 블록들 또는 수단들은 하나 또는 그 이상의 하부 구성요소로 구성될 수 있고, 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.
- [0013] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 DC-DC 컨버팅 시스템 장치의 회로 구조를 도시한 도면이다.
- [0014] 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 DC-DC 컨버팅 시스템 장치(100)는 N(N은 3이상의 홀수임)개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들 및 스위칭 제어부(120)를 포함한다.
- [0015] 상기 N개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들은 제1 스위치와 제2 스위치가 하프 브리지(half-bridge) 구조로 연결되어 있는 인버터부와, 공진 인덕터, 공진 커패시터, 및 자화 인덕턴스를 갖는 변압기가 직렬로 연결된 공진 탱크, 및 상기 변압기를 통해 출력되는 교류 전압을 직류 전압으로 정류하는 정류부를 포함한다.
- [0016] 이때, 상기 N개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들 각각의 인버터부의 입력단은 서로 병렬로 연결되어, 외부 직류 전원(V_{in})으로부터 직류 전압을 입력으로 인가받고, 상기 N개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들 각각의 정류부의 출력단은 서로 직렬로 연결되어, 직류 전압을 출력하며, 상기 N개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들 중 k(k는 1이상 N이하의 자연수임)번째 LLC 공진형 컨버터 모듈을 구성하는 k번째 공진 탱크의 공진 인덕터는 상기 k번째 LLC 공진형 컨버터 모듈을 구성하는 k번째 인버터부의 제1 스위치와 제2 스위치 사이의 중점 노드에 연결되고, 상기 k번째 공진 탱크의 공진 커패시터는 k+1번째 LLC 공진형 컨버터 모듈을 구성하는 k+1번째 인버터부의 제1 스위치와 제2 스위치 사이의 중점 노드에 연결된다.
- [0017] 관련해서, 상기 N개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들 중 1번째 LLC 공진형 컨버터 모듈의 구성을 설명하면 다음과 같다.
- [0018] 상기 1번째 LLC 공진형 컨버터 모듈은 도 1에 도시된 그림과 같이, 제1 스위치(Q_{p11})와 제2 스위치(Q_{p12})가 하프 브리지 구조로 연결되어 있는 인버터부(111)와, 공진 인덕터(L_{r1}), 공진 커패시터(C_{r1}), 및 자화 인덕턴스(L_{M1})를 갖는 변압기가 직렬로 연결된 공진 탱크(112), 및 상기 변압기를 통해 출력되는 교류 전압을 직류 전압으로 정류하는 정류부(113)로 구성된다.
- [0019] 이때, 도 1에 도시된 그림과 같이, 상기 1번째 LLC 공진형 컨버터 모듈을 구성하는 1번째 공진 탱크(112)의 공진 인덕터(L_{r1})는 상기 1번째 LLC 공진형 컨버터 모듈을 구성하는 1번째 인버터부(111)의 제1 스위치(Q_{p11})와 제2 스위치(Q_{p12}) 사이의 중점 노드에 연결되고, 상기 1번째 공진 탱크(112)의 공진 커패시터(C_{r1})는 2번째 LLC 공진형 컨버터 모듈을 구성하는 2번째 인버터부의 제1 스위치(Q_{p21})와 제2 스위치(Q_{p22}) 사이의 중점 노드에 연결된다.
- [0020] 이러한 방식으로, 나머지 N-1개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들도 도 1에 도시된 그림과 같이, 제1 스위치와 제2 스위치가 하프 브리지 구조로 연결되어 있는 인버터부와, 공진 인덕터, 공진 커패시터, 및 자화 인덕턴스를 갖는 변압기가 직렬로 연결된 공진 탱크, 및 상기 변압기를 통해 출력되는 교류 전압을 직류 전압으로 정류하는 정류부로 구성되며, 이때, 나머지 N-1개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들 중 k번째 LLC 공진형 컨버터 모듈을 구성하는 k번째 공진 탱크의 공진 인덕터는 상기 k번째 LLC 공진형 컨버터 모듈을 구성하는 k번째 인버터부의 제1

스위치와 제2 스위치 사이의 중점 노드에 연결되고, 상기 k번째 공진 탱크의 공진 커패시터는 k+1번째 LLC 공진형 컨버터 모듈을 구성하는 k+1번째 인버터부의 제1 스위치와 제2 스위치 사이의 중점 노드에 연결된다.

[0021] 이때, N번째 LLC 공진형 컨버터 모듈을 구성하는 N번째 공진 탱크의 공진 인덕터는 상기 N번째 LLC 공진형 컨버터 모듈을 구성하는 N번째 인버터부의 제1 스위치와 제2 스위치 사이의 중점 노드에 연결되지만, 상기 N번째 LLC 공진형 컨버터 모듈을 구성하는 N번째 공진 탱크의 공진 커패시터는 N+1번째 LLC 공진형 컨버터 모듈이 존재하지 않으므로, 도 1에 도시된 그림과 같이, 1번째 LLC 공진형 컨버터 모듈을 구성하는 1번째 인버터부(111)의 제1 스위치(Q_{p11})와 제2 스위치(Q_{p12}) 사이의 중점 노드에 연결될 수 있다.

[0022] 이때, 도 1에 도시된 그림과 같이, 상기 N개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들 각각의 인버터부의 입력단은 서로 병렬로 연결되어, 외부 직류 전원(V_{in})으로부터 직류 전압을 입력으로 인가받고, 상기 N개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들 각각의 정류부의 출력단은 서로 직렬로 연결되어, 직류 전압을 출력하도록 구성된다.

[0023] 이렇게, 상기 N개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들이 입력단은 병렬로, 출력단은 직렬로 연결되어 있는 상황에서, 상기 외부 직류 전원(V_{in})으로부터 상기 N개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들 각각의 인버터부의 입력단에 직류 전압이 인가되면, 스위칭 제어부(120)는 상기 N개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들 각각에 포함된 인버터부의 제1 스위치와 제2 스위치에 대한 온/오프 스위칭을 제어함으로써, 상기 N개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들 각각에 포함된 정류부의 출력단을 통해 전압 변환이 완료된 직류 전압이 출력되도록 제어한다.

[0024] 이때, 본 발명의 일실시예에 따르면, 스위칭 제어부(120)는 상기 N개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들 각각에 포함된 인버터부의 제1 스위치와 제2 스위치 각각에 대해, 사전 설정된 주파수의 제1 스위칭 신호와 제2 스위칭 신호(상기 제2 스위칭 신호는 상기 제1 스위칭 신호와 동일한 주파수를 갖되, 상기 제1 스위칭 신호와 비교하여 사전 설정된 제1 위상차를 갖는 신호임)를 인가함으로써, 상기 N개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들 각각에 포함된 인버터부의 제1 스위치와 제2 스위치에 대한 온/오프 스위칭을 제어할 수 있다.

[0025] 이때, 스위칭 제어부(120)는 상기 k번째 LLC 공진형 컨버터 모듈에 포함된 인버터부의 제1 스위치에 인가되는 k번째 제1 스위칭 신호와 상기 k+1번째 LLC 공진형 컨버터 모듈에 포함된 인버터부의 제2 스위치에 인가되는 k+1번째 제2 스위칭 신호가 사전 설정된 제2 위상차를 갖도록 스위칭 제어를 수행함과 동시에, 상기 k번째 LLC 공진형 컨버터 모듈에 포함된 인버터부의 제2 스위치에 인가되는 k번째 제2 스위칭 신호와 상기 k+1번째 LLC 공진형 컨버터 모듈에 포함된 인버터부의 제1 스위치에 인가되는 k+1번째 제1 스위칭 신호가 상기 제2 위상차를 갖도록 스위칭 제어를 수행할 수 있다.

[0026] 이때, 본 발명의 일실시예에 따르면, 상기 제1 위상차는 180도이고, 상기 제2 위상차는 0도 초과, 90도 미만의 크기를 갖도록 구성될 수 있다.

[0027] 이와 관련해서, 도 2에는 스위칭 제어부(120)가 상기 N개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들 각각에 포함된 인버터부의 제1 스위치에 인가하는 제1 스위칭 신호와 제2 스위치에 인가하는 제2 스위칭 신호에 대한 타이밍을 설명하기 위한 그림이 도시되어 있다.

[0028] 상기 제1 위상차를 180도라고 하고, 상기 제2 위상차를 θ 라고 하는 경우, 스위칭 제어부(120)는 도 2에 도시된 그림과 같이, 1번째 LLC 공진형 컨버터 모듈에 포함된 인버터부(111)의 제1 스위치(Q_{p11})에 소정의 주파수를 갖는 제1 스위칭 신호를 인가할 수 있고, 상기 1번째 LLC 공진형 컨버터 모듈에 포함된 인버터부(111)의 제2 스위치(Q_{p12})에 상기 제1 스위칭 신호와의 위상차가 180도인 제2 스위칭 신호를 인가할 수 있다.

[0029] 그리고, 스위칭 제어부(120)는 2번째 LLC 공진형 컨버터 모듈에 포함된 인버터부의 제2 스위치(Q_{p22})에도 제2 스위칭 신호를 인가하되, 도 2에 도시된 그림과 같이, 상기 1번째 LLC 공진형 컨버터 모듈에 인가되는 제1 스위칭 신호와의 위상차가 θ 가 되도록 할 수 있고, 2번째 LLC 공진형 컨버터 모듈에 포함된 인버터부의 제1 스위치(Q_{p21})에도 제1 스위칭 신호를 인가하되, 도 2에 도시된 그림과 같이, 상기 1번째 LLC 공진형 컨버터 모듈에 인가되는 제2 스위칭 신호와의 위상차가 θ 가 되도록 할 수 있다.

[0030] 그리고, 스위칭 제어부(120)는 3번째 LLC 공진형 컨버터 모듈에 포함된 인버터부의 제1 스위치(Q_{p31})에도 제1 스위칭 신호를 인가하되, 도 2에 도시된 그림과 같이, 상기 2번째 LLC 공진형 컨버터 모듈에 인가되는 제2 스위칭

신호와의 위상차가 θ 가 되도록 할 수 있고, 3번째 LLC 공진형 컨버터 모듈에 포함된 인버터부의 제2 스위치(Q_{P32})에도 제2 스위칭 신호를 인가하되, 도 2에 도시된 그림과 같이, 상기 2번째 LLC 공진형 컨버터 모듈에 인가되는 제1 스위칭 신호와의 위상차가 θ 가 되도록 할 수 있다.

[0031] 이러한 방식으로, 스위칭 제어부(120)는 상기 N개의 LLC 공진형 컨버터 모듈들 각각에 포함된 인버터부의 제1 스위치와 제2 스위치에, 온/오프 제어를 위한 제1 스위칭 신호와 제2 스위칭 신호를 각각 인가하되, k번째 LLC 공진형 컨버터 모듈에 인가되는 제1 스위칭 신호 및 제2 스위칭 신호와, k+1번째 LLC 공진형 컨버터 모듈에 인가되는 제2 스위칭 신호 및 제1 스위칭 신호 간의 위상차가 θ 가 되도록 할 수 있다.

[0032] 이렇게, 스위칭 제어부(120)에 의해, k번째 LLC 공진형 컨버터 모듈에 인가되는 제1 스위칭 신호 및 제2 스위칭 신호와, k+1번째 LLC 공진형 컨버터 모듈에 인가되는 제2 스위칭 신호 및 제1 스위칭 신호 간의 위상차가 θ 가 되는 경우, k+1번째 LLC 공진형 컨버터 모듈에 포함된 인버터부는 k번째 LLC 공진형 컨버터 모듈에 포함된 인버터부의 하프 브릿지를 공유함으로써, 4개의 스위치가 풀 브릿지로 구성되었을 때의 동작과 같은 동작을 수행할 수 있게 된다. 이로 인해, 자연스러운 인터리빙 제어가 가능해지고, 입력 전류와 출력 전압의 리플이 저감될 수 있다.

[0033] 이때, 본 발명에서는 LLC 공진형 컨버터 모듈의 수가 많아질수록 상기 위상차인 θ 의 크기를 작게 구성함으로써, 공진 전류가 공진 탱크를 순환하는 시간이 짧아지도록 할 수 있다.

[0034] 결국, 본 발명에 따른 DC-DC 컨버팅 시스템 장치(100)는 각 LLC 공진형 컨버터 모듈을 구성하는 인버터부의 스위치를 하프 브리지 구조로 구성함으로써, 스위치 소자 개수를 절감할 수 있고, 각 LLC 공진형 컨버터 모듈에 인가되는 스위칭 신호의 위상차를 일정하게 둬으로써, 자연스러운 인터리빙을 통한 입출력 리플 저감을 달성할 수 있음과 동시에, 2차측으로 충분한 전력이 전달될 수 있도록 지원할 수 있다.

[0035] 이하에서는 도 3 내지 도 4를 참조하여 본 발명의 DC-DC 컨버팅 시스템 장치(100)의 동작을 예를 들어 상세히 설명하기로 한다.

[0036] 도 3은 시간의 흐름에 따라, 본 발명의 DC-DC 컨버팅 시스템 장치(100)에서의 각 스위치의 온/오프 타이밍에 따라 변화하는 공진 전류($i_{LR1} \sim i_{LRN}$)와 2차측 정류부의 출력 전류($i_{rec1} \sim i_{recN}$)의 파형을 도시한 도면이다.

[0037] 우선, 본 발명의 실시예에서 각 LLC 공진형 컨버터 모듈을 구성하는 인버터부의 제1 스위치와 제2 스위치는 NMOS(N채널 MOSFET)인 것으로 가정하기로 한다. 그리고, DC-DC 컨버팅 시스템 장치(100)는 도 3에 도시된 그림과 같이, $t_0 \sim t_1$, $t_1 \sim t_2$, $t_2 \sim t_3$, $t_3 \sim t_4$ 의 시간 구간 동안의 동작을 반복 수행하기 때문에, 여기서는 $t_0 \sim t_1$, $t_1 \sim t_2$, $t_2 \sim t_3$, $t_3 \sim t_4$ 의 시간 구간 동안의 DC-DC 컨버팅 시스템 장치(100)의 동작에 대해서만 설명하기로 한다.

[0039] (1) $t_0 \sim t_1$ (도 4의 도면부호 411)

[0040] 도 4의 도면부호 411에 도시된 그림과 같이, 기존에 스위치들(Q_{P12} , Q_{P22} , Q_{P31} , Q_{PN1})을 통하여 2번째 공진 탱크와 N번째 공진 탱크에 V_{in} 이 인가되고, 2차측으로 공진전류를 전달하던 상태에서, 스위치(Q_{P12})를 턴오프시키면, 스위치(Q_{P11})의 기생 커패시터가 영전압으로 방전되고, 역방향 다이오드가 도통된 후 ZVS(Zero Voltage Switching) 턴온하게 된다. 이때, 1번째 공진 탱크에 V_{in} 이 인가되며, 공진전류 i_{LR1} 이 2차측으로 전달된다. 2번째 공진 탱크는 기존 상태를 유지하여 2차측으로 공진전류 i_{LR2} 를 전달하고, N번째 공진 탱크에는 영전압이 인가됨에 따라, i_{LRN} 이 2차측으로 전달되지 못하며, 스위치(Q_{P11})과 스위치(Q_{PN1})를 통해 환류한다.

[0042] (2) $t_1 \sim t_2$ (도 4의 도면부호 412)

[0043] 도 4의 도면부호 412에 도시된 그림과 같이, 1번째 인버터부(leg_1), 2번째 인버터부(leg_2), 3번째 인버터부(leg_3)는 기존 스위치 동작을 유지하고, N번째 인버터부(leg_N)의 스위치 동작이 반전된다. 스위치(Q_{PN1})는 턴오

프되어, V_{in} 이 인가되고, 스위치(Q_{PN2})는 기생 커패시터가 영전압으로 방전되고, 역방향 다이오드가 도통된 후 ZVS 턴온된다. 1번째 공진 탱크와 2번째 공진 탱크는 기존 상태를 유지하여 2차측으로 공진전류 i_{LR1} 과 i_{LR2} 를 전달하고, N번째 공진 탱크에는 $-V_{in}$ 이 인가되어, 공진전류 i_{LRN} 이 2차측으로 전달된다. 이때, 공진전류 i_{LRN} 은 N번째 공진 탱크에 인가된 음전압으로 인해, 전류의 방향이 양에서 음으로 반전된다.

[0045] (3) $t_2 \sim t_3$ (도 4의 도면부호 413)

[0046] 도 4의 도면부호 413에 도시된 그림과 같이, 1번째 인버터부(leg_1), 2번째 인버터부(leg_2), N번째 인버터부(leg_N)은 기존 스위치 동작을 유지하고, 3번째 인버터부(leg_3)의 스위치 동작이 반전된다. 스위치(Q_{P31})는 턴오프되며, V_{in} 이 인가되고, 스위치(Q_{P32})는 기생 커패시터가 영전압으로 방전되고, 역방향 다이오드가 도통된 후 ZVS 턴온된다. 1번째 공진 탱크와 N번째 공진 탱크는 기존 상태를 유지하여 2차측으로 공진전류 i_{LR1} 과 i_{LRN} 을 전달하고, 2번째 공진 탱크에는 영전압이 인가됨에 따라, 공진전류 i_{LR2} 이 2차측으로 전달되지 못하며, 스위치(Q_{P22})와 스위치(Q_{P32})를 통해 환류한다.

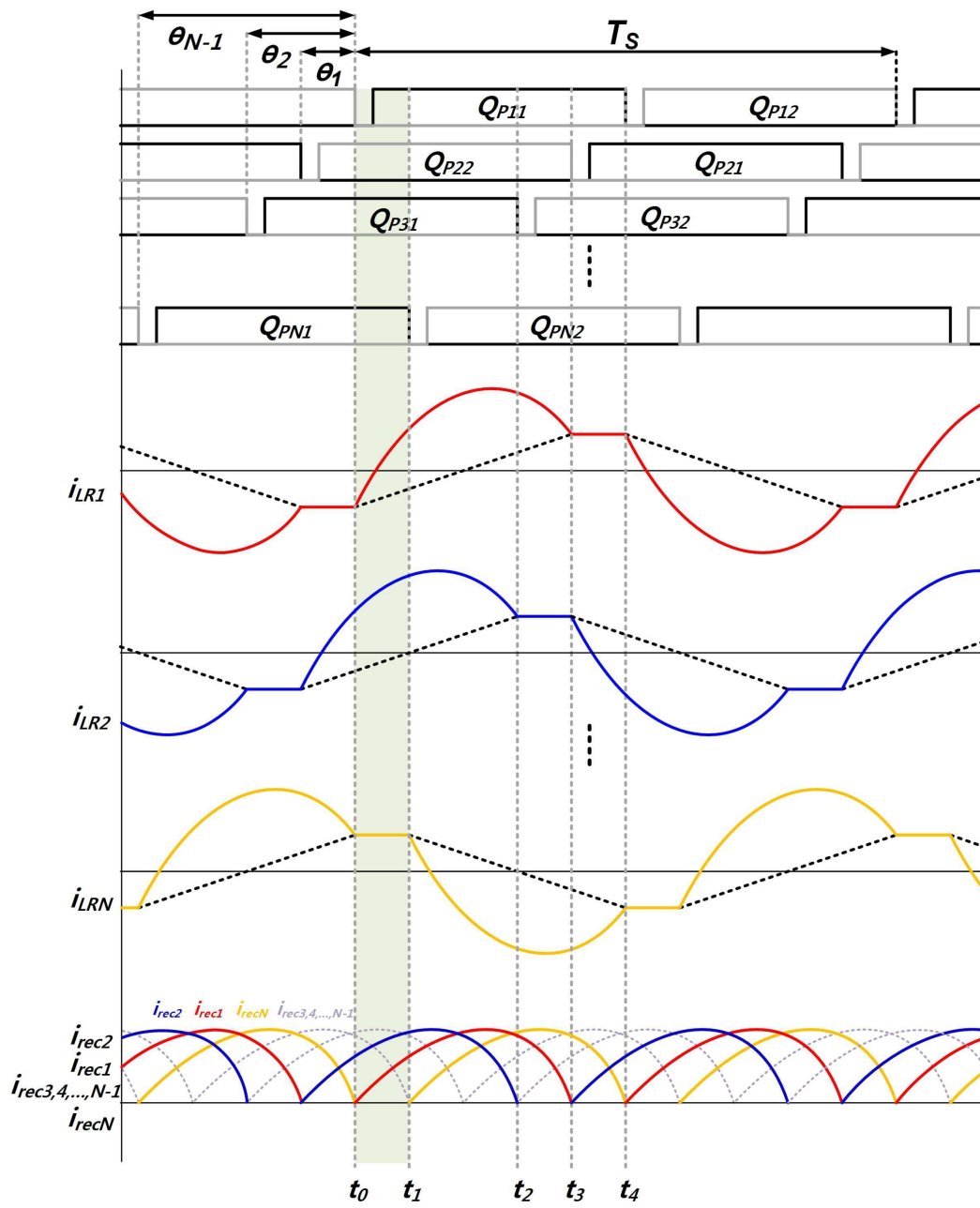
[0048] (4) $t_3 \sim t_4$ (도 4의 도면부호 414)

[0049] 도 4의 도면부호 414에 도시된 그림과 같이, 1번째 인버터부(leg_1), 3번째 인버터부(leg_3), N번째 인버터부(leg_N)은 기존 스위치 동작을 유지하고, 2번째 인버터부(leg_2)의 스위치 동작이 반전된다. 스위치(Q_{P22})는 턴오프되며, 스위치(Q_{P21})는 기생 커패시터가 영전압으로 방전되고, 역방향 다이오드가 도통된 후 ZVS 턴온된다. N번째 공진 탱크는 기존 상태를 유지하여 2차측으로 공진전류 i_{LRN} 을 전달하고, 2번째 공진 탱크에는 $-V_{in}$ 이 인가, 공진전류 i_{LR2} 가 2차측으로 전달된다. 공진전류 i_{LR2} 은 2번째 공진 탱크에 인가된 음전압으로 인해, 전류의 방향이 양에서 음으로 반전된다. 한편, 1번째 공진 탱크에는 영전압이 인가됨에 따라, i_{LR1} 이 2차측으로 전달되지 못하며, 스위치(Q_{P11})와 스위치(Q_{P21})을 통해 환류한다.

[0051] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

[0052] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

도면3



도면4

