



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0097885
(43) 공개일자 2017년08월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02M 7/49 (2007.01) H02M 3/155 (2006.01)
H02M 7/521 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02M 7/49 (2013.01)
H02M 3/155 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0019524
(22) 출원일자 2016년02월19일
심사청구일자 2016년02월19일

(71) 출원인
한밭대학교 산학협력단
대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)
(72) 발명자
강필순
경상남도 진주시 천수로 30 한보은빛마을아파트
104동 1004호
(74) 대리인
특허법인 플러스

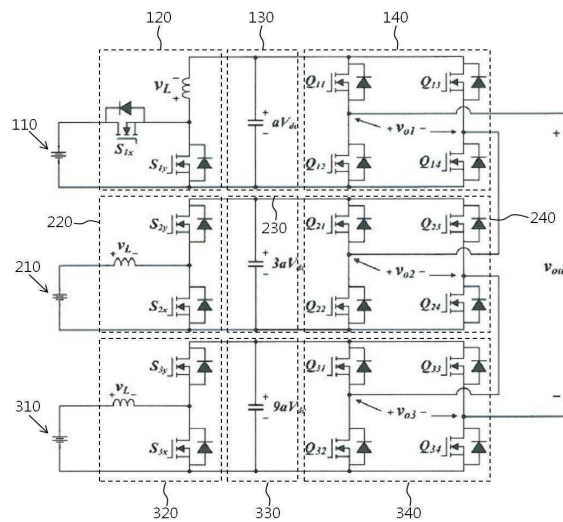
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 발명의 명칭 양방향 컨버터를 이용한 멀티레벨 인버터

(57) 요약

본 발명에 따른 양방향 컨버터를 이용한 멀티레벨 인버터는 양방향 인버터의 입력전원으로 기능하는 DC 링크의 전압을 양방향 컨버터로 가변시켜 양방향 인버터가 멀티레벨을 갖는 전압을 출력하도록 구성된다. 이러한 본 발명에 의하면, DC 링크의 전압을 양방향 컨버터로 가변시킬 수 있어 출력전압의 가변 범위를 넓힐 수 있다. 또한, 본 발명에 의하면, 멀티레벨 인버터의 출력단에 저주파 변압기나 LC 필터를 사용할 필요가 없기 때문에, 주파수가변에 대한 제약, 자성체 사용에 따른 무게 및 부피 증가의 문제를 발생시키지도 않는다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H02M 7/521 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 C0276536

부처명 중소기업청

연구관리전문기관 산학연연합회

연구사업명 산학연협력 첫걸음기술개발사업

연구과제명 가정용 에너지저장시스템의 효율 향상을 위한 멀티레벨인버터 기반 PCS 설계

기 여 율 1/1

주관기관 한밭대학교산학협력단

연구기간 2015.05.01 ~ 2016.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

제1 전원부와, 상기 제1 전원부의 직류전압을 다른 레벨의 직류전압으로 변환하는 제1 양방향 컨버터와, 상기 제1 양방향 컨버터에 의해 변환된 직류전압을 제공받는 제1 DC 링크와, 상기 제1 DC 링크와 연결되는 제1 양방향 인버터;

제2 전원부와, 상기 제2 전원부의 직류전압을 다른 레벨의 직류전압으로 변환하는 제2 양방향 컨버터와, 상기 제2 양방향 컨버터에 의해 변환된 직류전압을 제공받는 제2 DC 링크와, 상기 제2 DC 링크와 연결되는 제2 양방향 인버터; 및

제3 전원부와, 상기 제3 전원부의 직류전압을 다른 레벨의 직류전압으로 변환하는 제3 양방향 컨버터와, 상기 제3 양방향 컨버터에 의해 변환된 직류전압을 제공받는 제3 DC 링크와, 상기 제3 DC 링크와 연결되는 제3 양방향 인버터를 포함하며,

상기 제1 양방향 인버터, 제2 양방향 인버터 및 제3 양방향 인버터는 캐스케이드 방식으로 연결되고,

상기 제1 양방향 인버터, 제2 양방향 인버터 및 제3 양방향 인버터는 각각에 포함된 다수의 스위칭 소자들의 동작에 의해, 상기 제1 DC 링크, 제2 DC 링크 및 제3 DC 링크에 각각 제공된 직류전압을 멀티레벨을 갖는 전압으로 변환하여 출력하는 것을 특징으로 하는 양방향 컨버터를 이용한 멀티레벨 인버터.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 양방향 인버터, 제2 양방향 인버터 및 제3 양방향 인버터는 각각 다수의 스위칭 소자들로 구성된 H-브릿지(H-bridge) 모듈인 것을 특징으로 하는 양방향 컨버터를 이용한 멀티레벨 인버터.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 양방향 컨버터, 제2 양방향 컨버터 및 제3 양방향 컨버터에 의해 변환되어, 상기 제1 DC 링크, 제2 DC 링크 및 제3 DC 링크에 각각 제공되는 직류전압의 크기비는 1:3:9이며,

상기 제1 양방향 인버터, 제2 양방향 인버터 및 제3 양방향 인버터는 27레벨을 갖는 전압으로 변환하여 출력하는 것을 특징으로 하는 양방향 컨버터를 이용한 멀티레벨 인버터.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제1 양방향 컨버터는 벡(buck) 컨버터 타입이고, 상기 제2 양방향 컨버터 및 제3 양방향 컨버터는 부스트(boost) 컨버터 타입인 것을 특징으로 하는 양방향 컨버터를 이용한 멀티레벨 인버터.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 양방향 인버터의 입력전원으로 기능하는 DC 링크의 전압을 양방향 컨버터로 가변시켜 양방향 인버터가 멀티레벨을 갖는 전압을 출력하도록 구성된 양방향 컨버터를 이용한 멀티레벨 인버터에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 멀티레벨 인버터는 태양광이나 전기 자동차와 같이 직류전압으로 이루어진 시스템을 전력계통에 연결하기 위해 사용된다. 예를 들어, 태양전지로부터 발전된 전압은 직류이므로, 이를 변환시켜 교류의 전력계통

에 공급하는 데에 멀티레벨 인버터가 사용될 수 있다.

[0003] 멀티레벨 인버터는 다수의 스위칭 소자를 통해 직류전압을 합성하여 정현파 형태의 전압을 출력하는 방식을 취하며, 스위칭되는 직류전압의 크기가 작아 dv/dt 에 의한 영향이 작고 EMI/EMC(전자파 간섭/적합성)의 문제 역시 감소될 수 있다. 그리고 멀티레벨 인버터가 출력하는 전압의 레벨수가 증가할수록 총고조파왜율(THD: Total Harmonic Distortion)이 감소하여 양질의 교류전압을 얻을 수 있다.

[0004] 일반적으로 멀티레벨 인버터의 출력전압의 크기는 입력전압이 고정된 상태에서는 크기변조비(amplitude modulation ratio; M_a)에 의존하여 가변되지만, 출력전압의 가변 범위를 넓히기 위해서는 입력전압 자체를 가변시킬 것이 요구된다.

[0005] 한편, 특허문헌 1(한국공개특허공보 제2013-0062970호)에서는 역률 제어가 가능한 DC 링크 스위치를 갖는 멀티레벨 인버터 및 그 인버터의 구동 방법을 개시하고 있지만, DC 링크의 전압(즉, DC 링크의 양단에 걸리는 전압)을 가변시키는 것까지는 개시하지 못하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국공개특허공보 제2013-0062970호(2013.06.13)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 출력전압의 가변 범위를 넓히기 위하여 DC 링크의 전압을 가변시킬 수 있는 멀티레벨 인버터를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0008] 또한, 본 발명은 동일한 크기의 직류전압을 제공하는 전원부를 사용하는 경우라도, DC 링크에 제공되는 전압을 용이하게 가변시킴으로써 27레벨의 출력전압을 생성할 수 있는 멀티레벨 인버터를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명에 따른 양방향 컨버터를 이용한 멀티레벨 인버터는, 제1 전원부와, 상기 제1 전원부의 직류전압을 다른 레벨의 직류전압으로 변환하는 제1 양방향 컨버터와, 상기 제1 양방향 컨버터에 의해 변환된 직류전압을 제공받는 제1 DC 링크와, 상기 제1 DC 링크와 연결되는 제1 양방향 인버터; 제2 전원부와, 상기 제2 전원부의 직류전압을 다른 레벨의 직류전압으로 변환하는 제2 양방향 컨버터와, 상기 제2 양방향 컨버터에 의해 변환된 직류전압을 제공받는 제2 DC 링크와, 상기 제2 DC 링크와 연결되는 제2 양방향 인버터; 및 제3 전원부와, 상기 제3 전원부의 직류전압을 다른 레벨의 직류전압으로 변환하는 제3 양방향 컨버터와, 상기 제3 양방향 컨버터에 의해 변환된 직류전압을 제공받는 제3 DC 링크와, 상기 제3 DC 링크와 연결되는 제3 양방향 인버터를 포함하며, 상기 제1 양방향 인버터, 제2 양방향 인버터 및 제3 양방향 인버터는 캐스케이드 방식으로 연결되고, 상기 제1 양방향 인버터, 제2 양방향 인버터 및 제3 양방향 인버터는 각각에 포함된 다수의 스위칭 소자들의 동작에 의해, 상기 제1 DC 링크, 제2 DC 링크 및 제3 DC 링크에 각각 제공된 직류전압을 멀티레벨을 갖는 전압으로 변환하여 출력하는 것을 특징으로 한다.

[0010] 상기 제1 양방향 인버터, 제2 양방향 인버터 및 제3 양방향 인버터는 각각 다수의 스위칭 소자들로 구성된 H-브릿지(H-bridge) 모듈인 것을 특징으로 한다.

[0011] 상기 제1 양방향 컨버터, 제2 양방향 컨버터 및 제3 양방향 컨버터에 의해 변환되어, 상기 제1 DC 링크, 제2 DC 링크 및 제3 DC 링크에 각각 제공되는 직류전압의 크기비는 1:3:9이며, 상기 제1 양방향 인버터, 제2 양방향 인버터 및 제3 양방향 인버터는 27레벨을 갖는 전압으로 변환하여 출력하는 것을 특징으로 한다.

[0012] 상기 제1 양방향 컨버터는 벡(buck) 컨버터 타입이고, 상기 제2 양방향 컨버터 및 제3 양방향 컨버터는 부스트(boost) 컨버터 타입인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0013] 본 발명에 의하면, 양방향 인버터의 입력전원으로 기능하는 DC 링크의 전압을 양방향 컨버터로 가변시킬 수 있어 출력전압의 가변 범위를 넓힐 수 있다. 또한, 본 발명에 의하면, 멀티레벨 인버터의 출력단에 저주파 변압기나 LC 필터를 사용할 필요가 없기 때문에, 주파수 가변에 대한 제약, 자성체 사용에 따른 무게 및 부피 증가의 문제를 발생시키지 않는다.
- [0014] 또한, 본 발명에서 양방향 컨버터와 결합된 3대의 H-브릿지 모듈 중 어느 하나의 H-브릿지 모듈이 손상되더라도 정상 동작이 가능한 H-브릿지 모듈의 양방향 컨버터 승압비를 높임(양방향 컨버터로서 부스터 컨버터 활용)으로써 출력전압의 크기를 정상 조건과 동일하게 유지시킬 수 있다(즉, 멀티레벨 인버터의 여유율(Redundancy)을 이용한 신뢰성 개선). 예를 들어, 본 발명을 전기자동차의 모터 구동용 인버터로 활용할 경우에, 전기자동차를 운행하다가 3대의 H-브릿지 모듈 중 어느 하나의 H-브릿지 모듈이 손상을 입어 정상 동작이 불가능해지더라도 다른 H-브릿지 모듈을 통한 대체 운전이 가능하다. 즉, 이 경우 멀티레벨 인버터의 출력 레벨수가 줄어들고 레벨의 선형적인 정수비가 깨져 출력 전압의 형태가 정현파에서는 멀어지더라도 모터 구동에는 문제가 없으므로 위기 상황을 최소화시킬 수 있게 된다.
- [0015] 또한, 본 발명에 의하면, 27레벨의 출력전압을 생성하기 위해 필요한 DC 링크의 전압을 3대의 양방향 컨버터로 용이하게 제공할 수 있으며, 이 때 상기 3대의 양방향 컨버터 중 어느 1대의 양방향 컨버터는 벡 컨버터 타입이고, 다른 2대의 양방향 컨버터는 부스트 컨버터 타입인 경우에는, 동일한 크기의 직류전압을 제공하는 전원부를 사용하는 경우라도 DC 링크에 제공되는 전압을 용이하게 가변시킬 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1은 본 발명에 따른 양방향 컨버터를 이용한 멀티레벨 인버터를 예시적으로 나타낸 도면이다.
- 도 2는 도 1에 나타난 각 H-브릿지 모듈의 출력전압 및 멀티레벨 인버터의 출력전압을 스위칭 각에 따라 나타낸 도면이다.
- 도 3은 도 1에 나타난 각 H-브릿지 모듈의 출력전압 및 멀티레벨 인버터의 출력전압을 시뮬레이션을 통해 나타낸 결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 양방향 컨버터를 이용한 멀티레벨 인버터에 대해 상세하게 설명한다. 첨부한 도면들은 통상의 기술자에게 본 발명의 기술적 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것으로서, 본 발명은 첨부한 도면들만으로 한정되는 것이 아니라 본 발명의 기술적 사상을 변화시키지 않는 범위 내에서 다른 형태로 구체화될 수 있다. 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대해서는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다.
- [0018] 도 1은 본 발명에 따른 양방향 컨버터를 이용한 멀티레벨 인버터를 예시적으로 나타낸 도면이다. 도 2는 도 1에 나타난 각 H-브릿지 모듈의 출력전압 및 멀티레벨 인버터의 출력전압을 스위칭 각에 따라 나타낸 도면(반주기만 나타냄)으로서, 각 H-브릿지 모듈에서 1:3:9의 크기비를 갖는 전압이 출력되는 모습(도 2(a), (b), (c)) 및 본 발명에 따른 멀티레벨 인버터의 출력전압(도 2(d))을 예시적으로 나타낸 도면이다. 도 3은 도 1에 나타난 각 H-브릿지 모듈의 출력전압 및 멀티레벨 인버터의 출력전압을 시뮬레이션을 통해 나타낸 결과로서, 예를 들어 본 발명에 따른 멀티레벨 인버터를 AC 220V(rms)의 전력계통에 연결시키는 경우를 가정했을 때, 상단 H-브릿지 모듈에서는 23.85V의 최대전압(v_{o1})이 출력되고(도 3(a)), 중단 H-브릿지 모듈에서는 71.54V의 최대전압(v_{o2})이 출력되며(도 3(b)), 하단 H-브릿지 모듈에서는 214.61V의 최대전압(v_{o3})이 출력되고(도 3(c)), 이에 따라 본 발명에 따른 멀티레벨 인버터에서는 총 310V의 최대전압(v_{out})이 출력되는 모습을 나타낸 도면이다(도 3(d)).
- [0019] 본 발명은 출력전압의 가변 범위를 넓히기 위하여 양방향 인버터의 입력전원으로 기능하는 DC 링크의 전압을 가변시킬 수 있는 멀티레벨 인버터를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0020] 이를 위해 본 발명에 따른 멀티레벨 인버터는 각각 다수의 전원부, 양방향 컨버터, DC 링크 및 양방향 인버터를 포함하여 구성될 수 있으며, 이하 첨부된 도면을 참고하여 본 발명에 대해 구체적으로 설명한다.
- [0021] 우선, 본 발명에 따른 멀티레벨 인버터의 상단은 제1 전원부(110), 제1 양방향 컨버터(120), 제1 DC 링크(130)

및 제1 양방향 인버터(140)로 구성될 수 있다.

- [0022] 제1 전원부(110)는 태양전지와 같은 직류전압원이거나, 풍력발전과 같이 교류의 상용전원을 제공받아 직류전압으로 변환하여 출력하는 구성일 수 있다. 제1 전원부(110)가 교류전압을 직류전압으로 변환 출력할 경우에는, 교류전압을 정류하기 위한 정류부(미도시) 및 상기 정류부에서 출력되는 전압을 평활하는 평활회로부(미도시)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0023] 제1 양방향 컨버터(120)는 제1 전원부(110)와 연결되어 제1 전원부(110)의 직류전압을 다른 레벨의 직류전압으로 변환한다.
- [0024] 도 1에서는 제1 양방향 컨버터(120)를 제1 전원부(110)의 방전 방향(즉, 제1 전원부(110)에서 제1 DC 링크(130) 쪽으로의 방향)를 기준으로 할 때 벡 컨버터 타입(2대의 스위칭 소자 및 1대의 인덕터로 구성)으로 도시하였지만, 부스트 컨버터 타입 또는 벡-부스트(buck-boost) 컨버터 타입과 같이, 제1 양방향 컨버터(120)는 입력되는 직류전압을 다른 레벨의 직류전압으로 변환할 수 있으면 족하다.
- [0025] 다만, 제1 양방향 컨버터(120)를 벡 컨버터 타입으로 할 경우에는 제1 전원부(110)의 직류전압을 강압함으로써, 본 발명에 따른 멀티레벨 인버터가 27레벨의 전압을 출력하기 위해 필요한 제1 DC 링크(130)의 전압을 용이하게 생성할 수 있게 된다.
- [0026] 제1 DC 링크(130)는 제1 양방향 컨버터(120)에 병렬로 연결될 수 있으며, 상기 제1 양방향 컨버터(120)에 의해 변환된 직류전압을 제공받아 이를 저장하기 위해 커패시터를 포함하여 구성될 수 있다. 제1 DC 링크(130)는 제1 양방향 컨버터(120)로부터 출력되는 직류전압에서 교류 성분을 제거하여 안정화시키는 역할도 수행한다.
- [0027] 제1 양방향 인버터(140)는 제1 DC 링크(130)에 병렬로 연결될 수 있으며, 다수의 스위칭 소자들(Q_{11} , Q_{12} , Q_{13} , Q_{14})로 구성된 H-브릿지(H-bridge) 모듈일 수 있다. 즉, 제1 양방향 인버터(140)를 구성하는 제1 스위치(Q_{11})의 일단은 제1 DC 링크(130)의 일단에 서로 연결되며, 제2 스위치(Q_{12})의 일단은 제1 스위치(Q_{11})의 타단에 연결되고 제2 스위치(Q_{12})의 타단은 제1 DC 링크(130)의 타단에 연결되는 것이 바람직하다. 그리고 제3 스위치(Q_{13})의 일단은 제1 DC 링크(140)의 일단 및 제1 스위치(Q_{11})의 일단에 연결되며, 제4 스위치(Q_{14})의 일단은 제3 스위치(Q_{13})의 타단에 연결되고, 제4 스위치(Q_{14})의 타단은 제1 DC 링크(130)의 타단 및 제2 스위치(Q_{12})의 타단에 연결되는 것이 바람직하다.
- [0028] 제1 양방향 인버터(140)의 출력전압(v_{o1})은 제1 스위치(Q_{11})의 타단과 제2 스위치(Q_{12})의 일단이 이루는 노드와, 제3 스위치(Q_{13})의 타단과 제4 스위치(Q_{14})의 일단이 이루는 노드 사이의 전압을 의미한다.
- [0029] 여기서, 제1 양방향 인버터(140)의 출력전압(v_{o1})은 제1 DC 링크(130)의 전압을 입력전압으로 하였을 때, 스위칭 소자들(Q_{11} , Q_{12} , Q_{13} , Q_{14})의 상보적인 스위칭 동작에 의해 도 2(a)(또는, 도 3(a))와 같이 나타날 수 있다.
- [0030] 본 발명에 따른 멀티레벨 인버터의 중단은 제2 전원부(210), 제2 양방향 컨버터(220), 제2 DC 링크(230) 및 제2 양방향 인버터(240)로 구성될 수 있고, 멀티레벨 인버터의 하단은 제3 전원부(310), 제3 양방향 컨버터(320), 제3 DC 링크(330) 및 제3 양방향 인버터(340)로 구성될 수 있다.
- [0031] 제2 전원부(210) 및 제3 전원부(310)는 각각 상기 제1 전원부(110)와 마찬가지로 직류전압원이거나, 교류전압을 제공받아 직류전압으로 변환하여 출력하는 구성일 수 있다.
- [0032] 제2 양방향 컨버터(220)는 제2 전원부(210)와 연결되어 제2 전원부(210)의 직류전압을 다른 레벨의 직류전압으로 변환하고, 제3 양방향 컨버터(320)는 제3 전원부(310)와 연결되어 제3 전원부(310)의 직류전압을 다른 레벨의 직류전압으로 변환한다.
- [0033] 도 1에서는 제2 양방향 컨버터(220)를 제2 전원부(210)의 방전 방향(즉, 제2 전원부(210)에서 제2 DC 링크(230) 쪽으로의 방향)를 기준으로 할 때 부스트 컨버터 타입(1대의 인덕터와 2대의 스위칭 소자로 구성)인 것으로 도시하였고, 이와 마찬가지로 제3 양방향 컨버터(320)를 제3 전원부(310)의 방전 방향(즉, 제3 전원부(310)에서 제3 DC 링크(330) 쪽으로의 방향)를 기준으로 할 때 부스트 컨버터 타입(1대의 인덕터와 2대의 스위칭 소자로 구성)인 것으로 도시하였지만, 상기 제2 양방향 컨버터(220)(또는, 제3 양방향 컨버터(320))는 벡 컨버터 타입이나 벡-부스트 컨버터 타입과 같이, 입력되는 직류전압을 다른 레벨의 직류전압으로 변환할 수 있으면 족하다.
- [0034] 다만, 제1 양방향 컨버터(120)를 벡 컨버터 타입으로 하고, 제2 양방향 컨버터(220) 및 제3 양방향 컨버터(320)

0)를 부스트 컨버터 타입으로 할 경우에는, 본 발명에 따른 멀티레벨 인버터가 27레벨의 전압을 출력하기 위해 필요한 DC 링크(130, 230, 330)의 전압을 용이하게 생성할 수 있게 된다.

[0035] 제2 DC 링크(230)는 제2 양방향 컨버터(220)에 병렬로 연결될 수 있으며, 상기 제2 양방향 컨버터(220)에 의해 변환된 직류전압을 제공받아 이를 저장하기 위해 커패시터를 포함하여 구성될 수 있다. 제2 DC 링크(230)는 제2 양방향 컨버터(220)로부터 출력되는 직류전압에서 교류 성분을 제거하여 안정화시키는 역할도 수행한다.

[0036] 이와 유사하게, 제3 DC 링크(330)는 제3 양방향 컨버터(320)에 병렬로 연결될 수 있으며, 상기 제3 양방향 컨버터(320)에 의해 변환된 직류전압을 제공받아 이를 저장하기 위해 커패시터를 포함하여 구성될 수 있다. 제3 DC 링크(330)는 제3 양방향 컨버터(320)로부터 출력되는 직류전압에서 교류 성분을 제거하여 안정화시키는 역할도 수행한다.

[0037] 제2 양방향 인버터(240)는 제2 DC 링크(230)에 병렬로 연결될 수 있으며, 다수의 스위칭 소자들(Q_{21} , Q_{22} , Q_{23} , Q_{24})로 구성된 H-브릿지 모듈일 수 있다. 즉, 제2 양방향 인버터(240)를 구성하는 제5 스위치(Q_{21})의 일단은 제2 DC 링크(230)의 일단에 서로 연결되며, 제6 스위치(Q_{22})의 일단은 제5 스위치(Q_{21})의 타단에 연결되고 제6 스위치(Q_{22})의 타단은 제2 DC 링크(230)의 타단에 연결되는 것이 바람직하다. 그리고 제7 스위치(Q_{23})의 일단은 제2 DC 링크(240)의 일단 및 제5 스위치(Q_{21})의 일단에 연결되며, 제8 스위치(Q_{24})의 일단은 제7 스위치(Q_{23})의 타단에 연결되고, 제8 스위치(Q_{24})의 타단은 제2 DC 링크(230)의 타단 및 제6 스위치(Q_{22})의 타단에 연결되는 것이 바람직하다.

[0038] 제2 양방향 인버터(240)의 출력전압(v_{o2})은 제5 스위치(Q_{21})의 타단과 제6 스위치(Q_{22})의 일단이 이루는 노드와, 제7 스위치(Q_{23})의 타단과 제8 스위치(Q_{24})의 일단이 이루는 노드 사이의 전압을 의미한다.

[0039] 여기서, 제2 양방향 인버터(240)의 출력전압(V_{o2})은 제2 DC 링크(230)의 전압을 입력전압으로 하였을 때, 스위칭 소자들(Q_{21} , Q_{22} , Q_{23} , Q_{24})의 상보적인 스위칭 동작에 의해 도 2(b)(또는, 도 3(b))와 같이 나타날 수 있다.

[0040] 한편, 제3 양방향 인버터(340)는 제3 DC 링크(330)에 병렬로 연결될 수 있으며, 다수의 스위칭 소자들(Q_{31} , Q_{32} , Q_{33} , Q_{34})로 구성된 H-브릿지 모듈일 수 있다. 즉, 제3 양방향 인버터(340)를 구성하는 제9 스위치(Q_{31})의 일단은 제3 DC 링크(330)의 일단에 서로 연결되며, 제10 스위치(Q_{32})의 일단은 제9 스위치(Q_{31})의 타단에 연결되고 제10 스위치(Q_{32})의 타단은 제3 DC 링크(330)의 타단에 연결되는 것이 바람직하다. 그리고 제11 스위치(Q_{33})의 일단은 제3 DC 링크(340)의 일단 및 제9 스위치(Q_{31})의 일단에 연결되며, 제12 스위치(Q_{34})의 일단은 제11 스위치(Q_{33})의 타단에 연결되고, 제12 스위치(Q_{34})의 타단은 제3 DC 링크(330)의 타단 및 제10 스위치(Q_{32})의 타단에 연결되는 것이 바람직하다.

[0041] 제3 양방향 인버터(340)의 출력전압(v_{o3})은 제9 스위치(Q_{31})의 타단과 제10 스위치(Q_{32})의 일단이 이루는 노드와, 제11 스위치(Q_{33})의 타단과 제12 스위치(Q_{34})의 일단이 이루는 노드 사이의 전압을 의미한다.

[0042] 여기서, 제3 양방향 인버터(340)의 출력전압(v_{o3})은 제3 DC 링크(330)의 전압을 입력전압으로 하였을 때, 스위칭 소자들(Q_{31} , Q_{32} , Q_{33} , Q_{34})의 상보적인 스위칭 동작에 의해 도 2(c)(또는, 도 3(c))와 같이 나타날 수 있다.

[0043] 본 발명에 따른 멀티레벨 인버터는 제1 양방향 인버터(140), 제2 양방향 인버터(240) 및 제3 양방향 인버터(340)가 캐스케이드 방식으로 연결(즉, 직렬연결)되며, 이에 따라 본 발명에 따른 멀티레벨 인버터의 출력전압(v_{out})은 제1 스위치(Q_{11})의 타단과 제2 스위치(Q_{12})의 일단이 이루는 노드와, 제11 스위치(Q_{33})의 타단과 제12 스위치(Q_{34})의 일단이 이루는 노드 사이의 전압으로 나타난다. 도 2(d)는 도 1에 도시된 멀티레벨 인버터가 27레벨의 전압을 출력하는 모습을 예시적으로 나타낸 것(다만, 반주기에 해당하는 14레벨만 나타냄)으로서, 이와 같이 제1 양방향 인버터(140), 제2 양방향 인버터(240) 및 제3 양방향 인버터(340)는 각각에 포함된 다수의 스위칭 소자들의 동작에 의해, 제1 DC 링크(130), 제2 DC 링크(230) 및 제3 DC 링크(330)에 제공된 직류전압을 멀티레벨을 갖는 전압으로 변환하여 출력한다.

[0044] 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 멀티레벨 인버터는 양방향 인버터(140, 240, 340)의 입력전원으로 기능하는 DC 링크(130, 230, 330)에 제공되는 전압을 양방향 컨버터(120, 220, 320)로 가변시킬 수 있다. 만일 본 발명에

다른 멀티레벨 인버터를 전기 자동차에 적용(즉, 본 발명의 전원부는 전기 자동차의 배터리에 해당)할 경우, 전기 자동차의 출발 시에는 양방향 컨버터(120, 220, 320)의 동작으로 DC 링크(130, 230, 330)의 전압을 증가시켜 높은 출력전압을 생성시킬 수 있고, 전기 자동차가 일정 속도를 유지 시에는 양방향 컨버터(120, 220, 320)의 동작으로 DC 링크(130, 230, 330)의 전압을 감소시켜 출력전압의 크기를 줄일 수 있으며, 출력전압 주파수의 가변이 용이하므로 전기 자동차의 주행 성능을 개선시키는데 있어서 유리하게 사용될 수 있다.

[0045] 한편, 멀티레벨 인버터에 의해 출력되는 전압은 그 레벨수가 증가할수록 총고조파왜율(THD)이 감소하여 양질의 교류전압을 얻을 수 있기 때문에, 본 발명에 따른 멀티레벨 인버터로 7레벨의 전압을 출력하는 대신 27레벨의 전압을 출력하는 것이 바람직하다. 이 때, 양방향 인버터(140, 240, 340)가 다수의 스위칭 소자들의 동작에 의해 27레벨의 전압을 출력하기 위해서는, DC 링크(130, 230, 330)에 제공하는 직류전압의 크기비가 1:3:9(aVdc:3aVdc:9aVdc)가 되도록 양방향 컨버터(120, 220, 320)가 전압원(110, 210, 310)의 직류전압을 변환시켜야 한다.

[0046] 예를 들어, 태양광 발전 계통에서 다수의 태양전지가 동일한 직류전압(예를 들어, 48V)을 제공하는 전압원(110, 210, 310)으로서 사용되고, 이 태양전지의 직류전압을 변환시켜 AC 220V(rms)의 전력계통에 연결하고자 할 경우 서로 직렬연결된 DC 링크(130, 230, 330)의 전압은 총 310V가 요구된다. 이 때 27레벨의 전압을 출력하기 위해서는, 제1 DC 링크(130)에서는 23.85V, 제2 DC 링크(230)에서는 71.54V, 그리고 제3 DC 링크(330)에서는 214.61V가 요구되므로, 제1 양방향 컨버터(120)는 벅 컨버터 타입이고, 제2 양방향 컨버터(220) 및 제3 양방향 컨버터(320)는 부스트 컨버터 타입인 것이 바람직하다.

[0047] 즉, 본 발명에 따른 멀티레벨 인버터로 27레벨의 전압을 출력하기 위해서는 제1 DC 링크(130), 제2 DC 링크(230) 및 제3 DC 링크(330)에 제공되는 직류전압 크기비는 1:3:9이어야 하며, 전압원(110, 210, 310)의 직류전압 크기가 동일하고 상기 DC 링크(130, 230, 330)에 제공되는 직류전압 크기비를 고려할 경우 3대의 양방향 컨버터(120, 220, 320) 중에서 어느 1대의 양방향 컨버터(120)는 강압모드로 동작되도록 하고, 다른 2대의 양방향 컨버터(220)는 승압모드로 동작되도록 하는 것이 바람직하다.

[0048] 이하에서는 본 발명에 따른 멀티레벨 인버터로 27레벨의 전압을 출력하는 모습에 대해 구체적으로 설명하기로 한다. 이 때 양방향 인버터(140, 240, 340)는 도 1에 나타난 바와 같이 다수의 스위칭 소자들로 구성된 H-브릿지 모듈(상단 H-브릿지 모듈, 중단 H-브릿지 모듈, 하단 H-브릿지 모듈)일 수 있다.

[0049] 도 1에 나타난 멀티레벨 인버터가 27레벨의 전압을 출력할 경우, 멀티레벨 인버터의 출력전압(v_{out})은 다음 식과 같이 각 H-브릿지 모듈의 출력전압의 합으로 나타난다.

[0050]
$$v_{out} = v_{o1} + v_{o2} + v_{o3} = \sum_{k=1}^3 v_{ok}$$

[0051] 이 때, DC 링크(130, 230, 330)의 전압이 3^n 비(예를 들어, 1:3:9)로 제공되고, 3개의 H-브릿지 모듈이 직렬로 연결된 경우 출력전압 레벨수(N)는 $27(=3^3)$ 레벨이 된다.

[0052] 그리고 H-브릿지 모듈의 스위칭 함수는 다음과 같다.

[0053] (Q_{k1}, Q_{k4})=on 이면, $S_{FBk}=1$

[0054] (Q_{k1}, Q_{k3})=on 이면, $S_{FBk}=0$

[0055] (Q_{k2}, Q_{k4})=on 이면, $S_{FBk}=0$

[0056] (Q_{k2}, Q_{k3})=on 이면, $S_{FBk}=-1$

[0057] 상단 H-브릿지 모듈의 스위칭 함수는 다음과 같다.

[0058] $S_{FB1}=1$ 이면, $v_{o1}=aV_{dc}$

[0059] $S_{FB1}=0$ 이면, $v_{o1}=0$

[0060] $S_{FB1}=-1$ 이면, $v_{o1}=-aV_{dc}$

[0061] 중단 H-브릿지 모듈의 스위칭 함수는 다음과 같다.

[0062] $S_{FB2}=1$ 이면, $v_{o1}=3aV_{dc}$

[0063] $S_{FB2}=0$ 이면, $v_{o1}=0$

[0064] $S_{FB2}=-1$ 이면, $v_{o1}=-3aV_{dc}$

[0065] 하단 H-브릿지 모듈의 스위칭 함수는 다음과 같다.

[0066] $S_{FB3}=1$ 이면, $v_{o1}=9aV_{dc}$

[0067] $S_{FB3}=0$ 이면, $v_{o1}=0$

[0068] $S_{FB3}=-1$ 이면, $v_{o1}=-9aV_{dc}$

[0069] 따라서, 멀티레벨 인버터의 출력전압(v_{out})은 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

[0070]
$$v_{out} = \sum_{k=1}^3 3^{k-1} a V_{dc} S_{FBk}, S_{FBk} \in [1, 0, -1]$$

[0071] 다음의 [표 1]은 0 및 양(+)의 출력전압 레벨을 생성하기 위한 스위칭 함수를 나타낸다.

표 1

[0072]

출력 전압 레벨(m)	S_{FB3}	S_{FB2}	S_{FB1}
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	-1
3	0	1	0
4	0	1	1
5	1	-1	-1
6	1	-1	0
7	1	-1	1
8	1	0	-1
9	1	0	0
10	1	0	1
11	1	1	-1
12	1	1	0
13	1	1	1

[0073] 한편, 음(-)의 출력전압 레벨을 생성하기 위한 스위칭 함수는, 다음의 [표 2]에 나타난 바와 같이, 양(+)의 출력전압 레벨을 생성하기 위한 스위칭 함수에 -1을 곱하면 된다.

표 2

[0074]

출력 전압 레벨(m)	S_{FB3}	S_{FB2}	S_{FB1}
-1	0	0	-1
-2	0	-1	1
-3	0	-1	0
-4	0	-1	-1
-5	-1	1	1
-6	-1	1	0
-7	-1	1	-1
-8	-1	0	1
-9	-1	0	0
-10	-1	0	-1
-11	-1	-1	1

-12	-1	-1	0
-13	-1	-1	-1

[0075] 푸리에(Fourier) 해석을 통해 출력전압의 n번째 고조파 크기는 다음과 같다.

$$V_n = \frac{4E}{n\pi} \sum_{k=1}^s \cos(n\theta_k)$$

[0077] 여기서, n은 홀수배 고조파를 나타내며, 짝수배 고조파는 0이다. 또한, s는 출력전압 레벨을 나타내며(s=13), θ_k 는 스위칭 각을 나타낸다.

[0078] 그리고 V_1 을 멀티레벨 인버터의 출력전압의 기본파 성분이라 하고, $V_{\max}$ 를 멀티레벨 인버터의 최대 출력전압이라 할 때, 크기변조비(M_a)는 다음과 같다.

$$M_a = \frac{\pi}{4} \frac{V_1}{V_{\max}}$$

[0080] 이 때, 멀티레벨 인버터가 총 27레벨의 전압을 출력하므로, s=13이고 $V_{\max}=13aV_{dc}$ 가 된다. 따라서 크기 변조비(M_a)는 다음과 같다.

$$M_a = \frac{\pi}{4} \frac{V_1}{13a V_{dc}}$$

[0082] 본 발명에서 3대의 양방향 인버터(140, 240, 340)가 각각 H-브릿지 모듈일 경우에는 그 중 어느 하나의 H-브릿지 모듈이 손상되더라도 다른 H-브릿지 모듈을 통해 출력전압의 크기를 정상일 경우와 동일하게 유지시킬 수 있다.

[0083] 예를 들어, 중단 H-브릿지 모듈이 손상되어 동작하지 않을 경우 제3 양방향 컨버터(320)(부스트 컨버터 활용)로 제3 DC 링크(330) 양단에 걸리는 전압을 12aVdc로 승압시킬 수 있다. 이 경우 멀티레벨 인버터의 출력전압은 중전 27레벨에서 9레벨(13aVdc, 12aVdc, 11aVdc, aVdc, 0, -aVdc, -11aVdc, -12aVdc, -13aVdc)로 줄어들게 되지만 정상이었을 때와 동일한 크기의 전압이 출력될 수 있게 된다.

[0084] 추가적으로, 본 발명에서 3대의 양방향 컨버터(120, 220, 320) 중 어느 하나의 양방향 컨버터가 손상되더라도 다른 양방향 컨버터를 통해 출력전압의 크기를 정상일 경우와 동일하게 유지시킬 수 있다.

[0085] 예를 들어, 제1 양방향 컨버터(120)가 손상되어 동작하지 않을 경우, 제2 양방향 컨버터(220)와 제3 양방향 컨버터(320)가 1:1의 동일 승압비를 가지도록 제어함으로써 5레벨(2aVdc, aVdc, 0, -aVdc, -2aVdc)의 전압을 출력할 수 있다(만일, 본 발명에 따른 멀티레벨 인버터로 220V의 교류전압을 출력하고자 한다면, 각 컨버터에서는 약 3.2배의 승압이 요구됨).

[0086] 또는, 제1 양방향 컨버터(120)가 손상되어 동작하지 않을 경우에, 제2 양방향 컨버터(220)와 제3 양방향 컨버터(320)가 1:3의 승압비를 가지도록 제어할 수 있으며, 이 경우에는 9레벨(4aVdc, 3aVdc, 2aVdc, aVdc, 0, -aVdc, -2aVdc, -3aVdc, -4aVdc)의 전압을 출력할 수 있다(만일, 본 발명에 따른 멀티레벨 인버터로 AC 220V(rms)를 출력하고자 한다면, 양방향 컨버터(220, 320) 중 한 대는 77.5V의 직류전압 생성을 위해 약 1.6배의 승압이 요구되고, 다른 한 대는 232.5V의 직류전압 생성을 위해 약 4.8배의 승압이 요구됨).

[0087] 한편, 본 발명에 따른 멀티레벨 인버터는 전원부(110, 210, 310)의 직류전압을 교류전압으로 변환하여 전력계통에 제공하는 것뿐 아니라, 외부로부터 입력되는 교류전압을 직류전압으로 변환하여 전원부(110, 210, 310)에 제공하는데 이용할 수도 있다. 구체적으로, 양방향 인버터(140, 240, 340)의 출력단으로부터 regeneration되어 DC 링크(130, 230, 330)로 유입되는 전력은 그 DC 링크(130, 230, 330)의 전압을 상승시키게 된다. 이러한 잉여전력은 입력단인 전원부(110, 210, 310) 측으로 회생시키는 것이 바람직한데, 본 발명에서는 양방향 컨버터(120, 220, 320)가 각각의 DC 링크(130, 230, 330)와 결합되어 동작하므로 잉여전력을 입력단으로 회생시켜 전원부(110, 210, 310)의 충전을 수행할 수 있다.

[0088] 또한, 각 양방향 컨버터(120, 220, 320)의 선택적인 양방향 동작으로 상대적으로 에너지가 부족한 전원부(110, 210, 310)를 선별적으로 충전할 수 있기 때문에, 전원부(110, 210, 310)의 충전전 상태를 효율적으로 관리할 수 있다. 즉, 만일 부하(미도시)로부터 유입된 전력에 의해 각각의 DC 링크(130, 230, 330) 전압이 증가한 상태이

고, 제3 전원부(310)가 다른 전원부(110, 210)와 비교하여 과방전 상태라고 한다면, 제3 양방향 컨버터(320)를 강압모드로 구동하여 상기 제3 전원부(310)를 충전할 수 있는 것이다.

[0089]

이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능한 것은 물론이다. 따라서, 본 발명의 기술적 사상은 특허청구범위에 의해서만 파악되어야 하고, 이의 균등 또는 등가적 변형 모두는 본 발명의 기술적 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

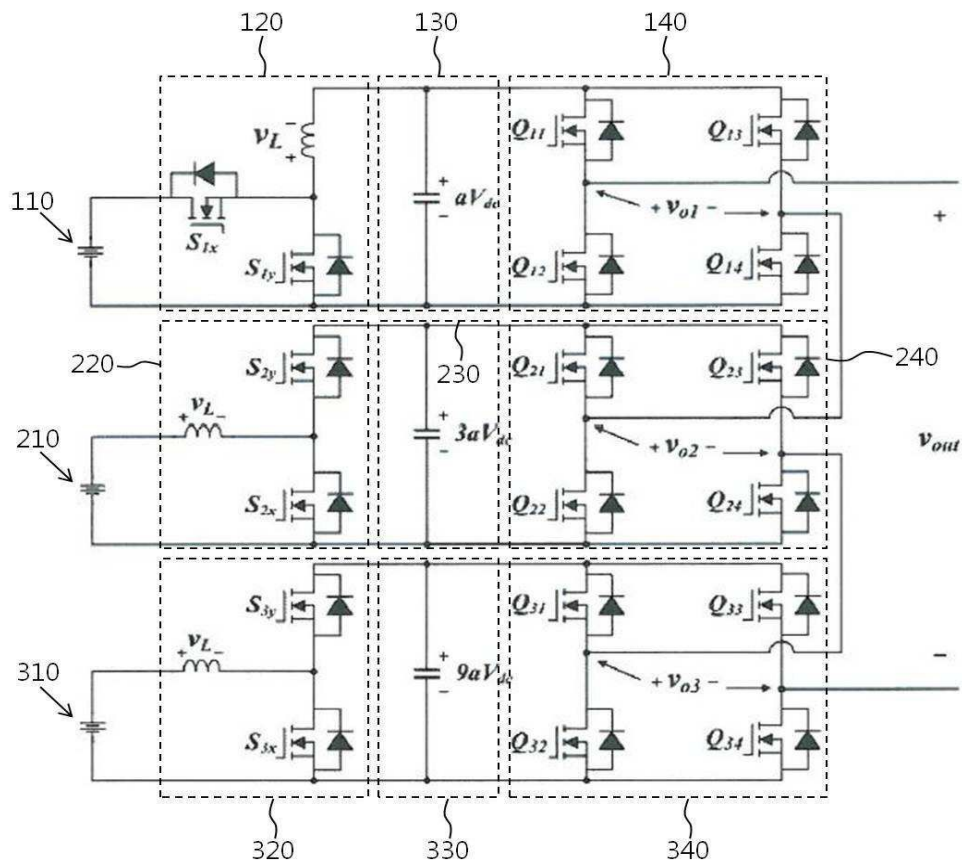
부호의 설명

[0090]

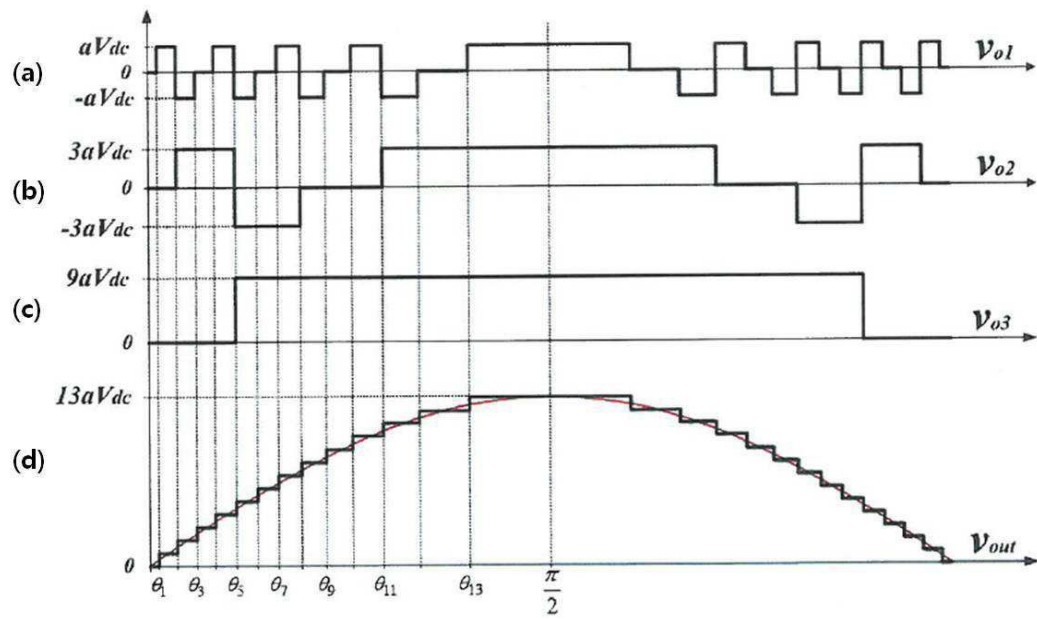
110: 제1 전원부 120: 제1 양방향 컨버터
130: 제1 DC 링크 140: 제1 양방향 인버터
210: 제2 전원부 220: 제2 양방향 컨버터
230: 제2 DC 링크 240: 제2 양방향 인버터
310: 제3 전원부 320: 제3 양방향 컨버터
330: 제3 DC 링크 340: 제3 양방향 인버터

도면

도면1



도면2



도면3

