



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년09월21일
(11) 등록번호 10-2581536
(24) 등록일자 2023년09월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02M 7/483 (2007.01) H02M 1/00 (2007.01)
(52) CPC특허분류
H02M 7/483 (2023.05)
H02M 1/0064 (2021.05)
(21) 출원번호 10-2021-0095625
(22) 출원일자 2021년07월21일
심사청구일자 2021년07월21일
(65) 공개번호 10-2023-0014370
(43) 공개일자 2023년01월30일
(56) 선행기술조사문헌
JP2020096400 A*
KR1020200013501 A*
KR1020200051180 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
박정욱
서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 제3공학관 C621
이준혁
서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 공학원 320A
(74) 대리인
권성현, 유광철, 백두진, 강일신, 김정연

전체 청구항 수 : 총 11 항

심사관 : 남기영

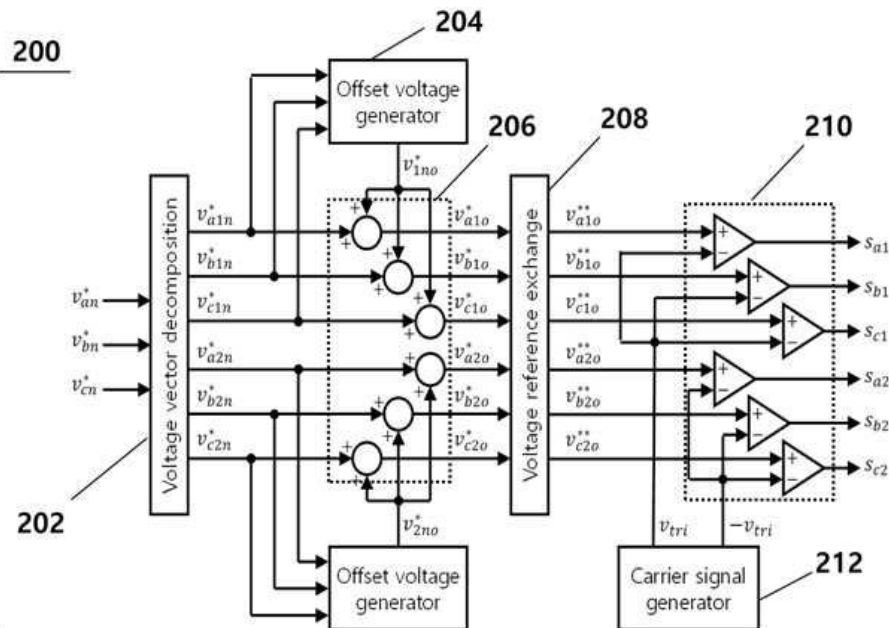
(54) 발명의 명칭 병렬 운전 인버터 장치의 제어 방법 및 제어 장치

(57) 요약

병렬 운전 인버터 장치의 제어 방법 및 제어 장치가 개시된다. 개시되는 일 실시예에 따른 병렬 운전 인버터 장치의 제어 장치는, 직류 전원, 직류 전원과 병렬로 연결되는 DC 링크 커패시터, 및 DC 링크 커패시터에 각각 병렬로 연결되고 인덕터로 구성된 필터를 통해 3상 부하에 전력을 공급하는 제1 인버터 및 제2 인버터를 포함하는

(뒷면에 계속)

대표도 - 도8



병렬 운전 인버터 장치의 제어를 위한 장치로서, 병렬 운전 인버터 장치의 지령 전압 벡터를 제1 지령 전압 벡터와 제2 지령 전압 벡터로 분해하는 전압 벡터 분해부, 제1 지령 전압 벡터 및 제2 지령 전압 벡터에 기반하여 제1 인버터 및 제2 인버터의 오프셋 전압을 각각 생성하는 오프셋 전압 생성부, 제1 지령 전압 벡터 및 제1 인버터의 오프셋 전압에 기반하여 제1 인버터의 3상 지령 극전압을 생성하고, 제2 지령 전압 벡터 및 제2 인버터의 오프셋 전압에 기반하여 제2 인버터의 3상 지령 극전압을 생성하는 지령 극전압 생성부, 매 스위칭 주기의 절반이 되는 지점에서 제1 인버터의 3상 지령 극전압과 제2 인버터의 3상 지령 극전압을 상호 교차하여 전달하는 전압 교차부, 및 전압 교차부에서 출력된 제1 인버터의 3상 지령 극전압 및 제1 인버터의 3상 지령 극전압과 기 설정되는 삼각 반송파를 비교하여 제1 인버터의 스위칭 함수 및 제2 인버터의 스위칭 함수를 출력하는 비교부를 포함한다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711117498
과제번호	2020R1A3B2079407
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	에너지 대전환 전력망 연구단
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

직류 전원, 상기 직류 전원과 병렬로 연결되는 DC 링크 커패시터, 및 상기 DC 링크 커패시터에 각각 병렬로 연결되고 인덕터로 구성된 필터를 통해 3상 부하에 전력을 공급하는 제1 인버터 및 제2 인버터를 포함하는 병렬 운전 인버터 장치의 제어를 위한 장치로서,

상기 병렬 운전 인버터 장치의 지령 전압 벡터를 제1 지령 전압 벡터와 제2 지령 전압 벡터로 분해하는 전압 벡터 분해부;

상기 제1 지령 전압 벡터 및 상기 제2 지령 전압 벡터에 기반하여 상기 제1 인버터 및 상기 제2 인버터의 오프셋 전압을 각각 생성하는 오프셋 전압 생성부;

상기 제1 지령 전압 벡터 및 상기 제1 인버터의 오프셋 전압에 기반하여 상기 제1 인버터의 3상 지령 극전압을 생성하고, 상기 제2 지령 전압 벡터 및 상기 제2 인버터의 오프셋 전압에 기반하여 상기 제2 인버터의 3상 지령 극전압을 생성하는 지령 극전압 생성부; 및

상기 제1 인버터의 3상 지령 극전압 및 상기 제2 인버터의 3상 지령 극전압과 기 설정되는 삼각 반송파를 비교하여 상기 제1 인버터의 스위칭 함수 및 상기 제2 인버터의 스위칭 함수를 출력하는 비교부를 포함하고,

상기 제1 지령 전압 벡터는, 상기 제1 인버터의 지령을 위한 것이고,

상기 제2 지령 전압 벡터는, 상기 제2 인버터의 지령을 위한 것이며,

상기 제1 지령 전압 벡터와 상기 제2 지령 전압 벡터는, 서로 다른 값을 가지고,

상기 병렬 운전 인버터 장치의 지령 전압 벡터는 하기 수학식 1로 표현되고,

(수학식 1)

$$\vec{V}_{ref} = \frac{1}{2}(\vec{V}_{ref1} + \vec{V}_{ref2})$$

\vec{V}_{ref} : 병렬 운전 인버터 장치의 지령 전압 벡터

\vec{V}_{ref1} : 제1 지령 전압 벡터

\vec{V}_{ref2} : 제2 지령 전압 벡터

상기 제1 지령 전압 벡터 및 상기 제2 지령 전압 벡터는 하기 수학식 2로 표현되고,

(수학식 2)

$$\vec{V}_{ref1} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m e^{j(\theta + \frac{\pi}{6})}, \quad \vec{V}_{ref2} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m e^{j(\theta - \frac{\pi}{6})}$$

V_{DC} : 직류 전원의 전압

m : 전압 변조 지수

θ : 위상각

상기 전압 벡터 분해부는,

상기 제1 지령 전압 벡터를 상기 제1 인버터의 3상 지령 상전압으로 변환하고, 상기 제2 지령 전압 벡터를 상기 제2 인버터의 3상 지령 상전압으로 변환하고,

상기 제1 인버터의 3상 지령 상전압(v_{a1n}^* , v_{b1n}^* , v_{c1n}^*)은 하기의 수학식 3으로 나타내고, 상기 제2 인버터의 3

상 지령 상전압(v_{a2n}^* , v_{b2n}^* , v_{c2n}^*)은 하기의 수학식 4로 나타내는, 병렬 운전 인버터 장치의 제어 장치.

(수학식 3)

$$\begin{cases} v_{a1n}^* = Re\{\vec{V}_{ref1}\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta + \frac{\pi}{6}\right) \\ v_{b1n}^* = Re\left\{\vec{V}_{ref1} e^{-j\frac{2\pi}{3}}\right\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{\pi}{2}\right) \\ v_{c1n}^* = Re\left\{\vec{V}_{ref1} e^{-j\frac{4\pi}{3}}\right\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{7\pi}{6}\right) \end{cases}$$

(수학식 4)

$$\begin{cases} v_{a2n}^* = Re\{\vec{V}_{ref2}\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{\pi}{6}\right) \\ v_{b2n}^* = Re\left\{\vec{V}_{ref2} e^{-j\frac{2\pi}{3}}\right\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{5\pi}{6}\right) \\ v_{c2n}^* = Re\left\{\vec{V}_{ref2} e^{-j\frac{4\pi}{3}}\right\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{3\pi}{2}\right) \end{cases}$$

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 오프셋 전압 생성부는,

상기 제1 인버터의 3상 지령 상전압의 최댓값 및 최솟값에 기반하여 상기 제1 인버터의 오프셋 전압을 생성하고, 상기 제2 인버터의 3상 지령 상전압의 최댓값 및 최솟값에 기반하여 상기 제2 인버터의 오프셋 전압을 생성하는, 병렬 운전 인버터 장치의 제어 장치.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 오프셋 전압 생성부는,

상기 제1 인버터의 오프셋 전압 및 상기 제2 인버터의 오프셋 전압을 하기의 수학식에 의해 생성하는, 병렬 운전 인버터 장치의 제어 장치.

(수학식)

$$v_{1no}^* = -\frac{1}{2}(v_{1max}^* + v_{1min}^*)$$

$$v_{2no}^* = -\frac{1}{2}(v_{2max}^* + v_{2min}^*)$$

v_{1no}^* : 제1 인버터의 오프셋 전압

v_{2no}^* : 제2 인버터의 오프셋 전압

v_{1max}^* : 제1 인버터의 3상 지령 상전압의 최댓값

v_{1min}^* : 제1 인버터의 3상 지령 상전압의 최솟값

v_{2max}^* : 제2 인버터의 3상 지령 상전압의 최댓값

v_{2min}^* : 제2 인버터의 3상 지령 상전압의 최솟값

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 지령 극전압 생성부는,

상기 제1 인버터의 3상 지령 상전압에 상기 제1 인버터의 오프셋 전압을 더하여 상기 제1 인버터의 3상 지령 극전압을 생성하고, 상기 제2 인버터의 3상 지령 상전압에 상기 제2 인버터의 오프셋 전압을 더하여 상기 제2 인버터의 3상 지령 극전압을 생성하는, 병렬 운전 인버터 장치의 제어 장치.

청구항 10

청구항 1에 있어서,

상기 병렬 운전 인버터 장치의 제어 장치는,

스위칭 주기의 절반이 되는 지점을 기준으로 상기 제1 인버터의 3상 지령 극전압과 상기 제2 인버터의 3상 지령 극전압을 상호 교차시키는 전압 교차부를 더 포함하는, 병렬 운전 인버터 장치의 제어 장치.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 전압 교차부는,

상기 스위칭 주기의 시작부터 상기 스위칭 주기의 절반이 되는 지점까지 상기 제1 인버터의 3상 지령 극전압 및 상기 제2 인버터의 3상 지령 극전압을 바이패스하여 상기 비교부로 전달하고, 상기 스위칭 주기의 절반이 되는 지점부터 상기 스위칭 주기의 마지막까지 상기 제1 인버터의 3상 지령 극전압과 상기 제2 인버터의 3상 지령 극전압을 상호 교차하여 상기 비교부로 전달하는, 병렬 운전 인버터 장치의 제어 장치.

청구항 12

직류 전원, 상기 직류 전원과 병렬로 연결되는 DC 링크 커패시터, 및 상기 DC 링크 커패시터에 각각 병렬로 연결되고 인덕터로 구성된 필터를 통해 3상 부하에 전력을 공급하는 제1 인버터 및 제2 인버터를 포함하는 병렬 운전 인버터 장치의 제어를 위한 장치로서,

상기 병렬 운전 인버터 장치의 지령 전압 벡터를 제1 지령 전압 벡터와 제2 지령 전압 벡터로 분해하는 전압 벡터 분해부를 포함하고,

상기 제1 지령 전압 벡터는, 상기 제1 인버터의 지령을 위한 것이고,

상기 제2 지령 전압 벡터는, 상기 제2 인버터의 지령을 위한 것이며,

상기 제1 지령 전압 벡터와 상기 제2 지령 전압 벡터는, 서로 다른 값을 가지고,
상기 병렬 운전 인버터 장치의 지령 전압 벡터는 하기 수학식 1로 표현되고,
(수학식 1)

$$\vec{V}_{ref} = \frac{1}{2}(\vec{V}_{ref1} + \vec{V}_{ref2})$$

\vec{V}_{ref} : 병렬 운전 인버터 장치의 지령 전압 벡터

\vec{V}_{ref1} : 제1 지령 전압 벡터

\vec{V}_{ref2} : 제2 지령 전압 벡터

상기 제1 지령 전압 벡터 및 상기 제2 지령 전압 벡터는 하기 수학식 2로 표현되고,
(수학식 2)

$$\vec{V}_{ref1} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m e^{j(\theta + \frac{\pi}{6})}, \quad \vec{V}_{ref2} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m e^{j(\theta - \frac{\pi}{6})}$$

V_{DC} : 직류 전원의 전압

m : 전압 변조 지수

θ : 위상각

상기 전압 벡터 분해부는,

상기 제1 지령 전압 벡터를 상기 제1 인버터의 3상 지령 상전압으로 변환하고, 상기 제2 지령 전압 벡터를 상기 제2 인버터의 3상 지령 상전압으로 변환하고,

상기 제1 인버터의 3상 지령 상전압(v_{a1n}^* , v_{b1n}^* , v_{c1n}^*)은 하기의 수학식 3으로 나타내고, 상기 제2 인버터의 3상 지령 상전압(v_{a2n}^* , v_{b2n}^* , v_{c2n}^*)은 하기의 수학식 4로 나타내는, 병렬 운전 인버터 장치의 제어 장치.

(수학식 3)

$$\begin{cases} v_{a1n}^* = \text{Re}\{\vec{V}_{ref1}\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta + \frac{\pi}{6}\right) \\ v_{b1n}^* = \text{Re}\left\{\vec{V}_{ref1} e^{-j\frac{2\pi}{3}}\right\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{\pi}{2}\right) \\ v_{c1n}^* = \text{Re}\left\{\vec{V}_{ref1} e^{-j\frac{4\pi}{3}}\right\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{7\pi}{6}\right) \end{cases}$$

(수학식 4)

$$\begin{cases} v_{a2n}^* = \text{Re}\{\vec{V}_{ref2}\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{\pi}{6}\right) \\ v_{b2n}^* = \text{Re}\left\{\vec{V}_{ref2} e^{-j\frac{2\pi}{3}}\right\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{5\pi}{6}\right) \\ v_{c2n}^* = \text{Re}\left\{\vec{V}_{ref2} e^{-j\frac{4\pi}{3}}\right\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{3\pi}{2}\right) \end{cases}$$

청구항 13

직류 전원, 상기 직류 전원과 병렬로 연결되는 DC 링크 커패시터, 및 상기 DC 링크 커패시터에 각각 병렬로 연결되고 인덕터로 구성된 필터를 통해 3상 부하에 전력을 공급하는 제1 인버터 및 제2 인버터를 포함하는 병렬 운전 인버터 장치의 제어를 위한 방법으로서,

전압 벡터 분해부에서, 상기 병렬 운전 인버터 장치의 지령 전압 벡터를 제1 지령 전압 벡터와 제2 지령 전압 벡터로 분해하는 단계;

오프셋 전압 생성부에서, 상기 제1 지령 전압 벡터 및 상기 제2 지령 전압 벡터에 기반하여 상기 제1 인버터 및 상기 제2 인버터의 오프셋 전압을 각각 생성하는 단계;

지령 극전압 생성부에서, 상기 제1 지령 전압 벡터 및 상기 제1 인버터의 오프셋 전압에 기반하여 상기 제1 인버터의 3상 지령 극전압을 생성하고, 상기 제2 지령 전압 벡터 및 상기 제2 인버터의 오프셋 전압에 기반하여 상기 제2 인버터의 3상 지령 극전압을 생성하는 단계; 및

비교부에서, 상기 제1 인버터의 3상 지령 극전압 및 상기 제2 인버터의 3상 지령 극전압과 기 설정되는 삼각 반송파를 비교하여 상기 제1 인버터의 스위칭 함수 및 상기 제2 인버터의 스위칭 함수를 출력하는 단계를 포함하고,

상기 제1 지령 전압 벡터는, 상기 제1 인버터의 지령을 위한 것이고,

상기 제2 지령 전압 벡터는, 상기 제2 인버터의 지령을 위한 것이며,

상기 제1 지령 전압 벡터와 상기 제2 지령 전압 벡터는, 서로 다른 값을 가지고,

상기 병렬 운전 인버터 장치의 지령 전압 벡터는 하기 수학식 1로 표현되고,

(수학식 1)

$$\vec{V}_{ref} = \frac{1}{2}(\vec{V}_{ref1} + \vec{V}_{ref2})$$

\vec{V}_{ref} : 병렬 운전 인버터 장치의 지령 전압 벡터

\vec{V}_{ref1} : 제1 지령 전압 벡터

\vec{V}_{ref2} : 제2 지령 전압 벡터

상기 제1 지령 전압 벡터 및 상기 제2 지령 전압 벡터는 하기 수학식 2로 표현되고,

(수학식 2)

$$\vec{V}_{ref1} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} me^{j(\theta + \frac{\pi}{6})}, \quad \vec{V}_{ref2} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} me^{j(\theta - \frac{\pi}{6})}$$

V_{DC} : 직류 전원의 전압

m : 전압 변조 지수

θ : 위상각

상기 병렬 운전 인버터 장치의 제어 방법은,

상기 전압 벡터 분해부에서, 상기 제1 지령 전압 벡터를 상기 제1 인버터의 3상 지령 상전압으로 변환하고, 상기 제2 지령 전압 벡터를 상기 제2 인버터의 3상 지령 상전압으로 변환하는 단계를 더 포함하고,

상기 제1 인버터의 3상 지령 상전압(v_{a1n}^* , v_{b1n}^* , v_{c1n}^*)은 하기의 수학식 3으로 나타내고, 상기 제2 인버터의 3

상 지령 상전압(v_{a2n}^* , v_{b2n}^* , v_{c2n}^*)은 하기의 수학식 4로 나타내는, 병렬 운전 인버터 장치의 제어 방법.

(수학식 3)

$$\begin{cases} v_{a1n}^* = \text{Re}\{\vec{V}_{ref1}\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta + \frac{\pi}{6}\right) \\ v_{b1n}^* = \text{Re}\left\{\vec{V}_{ref1} e^{-j\frac{2\pi}{3}}\right\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{\pi}{2}\right) \\ v_{c1n}^* = \text{Re}\left\{\vec{V}_{ref1} e^{-j\frac{4\pi}{3}}\right\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{7\pi}{6}\right) \end{cases}$$

(수학식 4)

$$\begin{cases} v_{a2n}^* = \text{Re}\{\vec{V}_{ref2}\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{\pi}{6}\right) \\ v_{b2n}^* = \text{Re}\left\{\vec{V}_{ref2} e^{-j\frac{2\pi}{3}}\right\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{5\pi}{6}\right) \\ v_{c2n}^* = \text{Re}\left\{\vec{V}_{ref2} e^{-j\frac{4\pi}{3}}\right\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{3\pi}{2}\right) \end{cases}$$

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

청구항 13에 있어서,

상기 병렬 운전 인버터 장치의 제어 방법은,

전압 교차부에서, 스위칭 주기의 절반이 되는 지점을 기준으로 상기 제1 인버터의 3상 지령 극전압과 상기 제2 인버터의 3상 지령 극전압을 상호 교차시키는 단계를 더 포함하는, 병렬 운전 인버터 장치의 제어 방법.

청구항 19

청구항 13에 있어서,

상기 병렬 운전 인버터 장치의 제어 방법은,

전압 교차부에서, 스위칭 주기의 시작부터 상기 스위칭 주기의 절반이 되는 지점까지 상기 제1 인버터의 3상 지령 극전압 및 상기 제2 인버터의 3상 지령 극전압을 바이패스하여 상기 비교부로 전달하는 단계; 및

상기 전압 교차부에서, 상기 스위칭 주기의 절반이 되는 지점부터 상기 스위칭 주기의 마지막까지 상기 제1 인버터의 3상 지령 극전압과 상기 제2 인버터의 3상 지령 극전압을 상호 교차하여 상기 비교부로 전달하는 단계를 더 포함하는, 병렬 운전 인버터 장치의 제어 방법.

청구항 20

직류 전원, 상기 직류 전원과 병렬로 연결되는 DC 링크 커패시터, 및 상기 DC 링크 커패시터에 각각 병렬로 연결되고 인덕터로 구성된 필터를 통해 3상 부하에 전력을 공급하는 제1 인버터 및 제2 인버터를 포함하는 병렬 운전 인버터 장치의 제어를 위한 방법으로서,

전압 벡터 분해부에서, 상기 병렬 운전 인버터 장치의 지령 전압 벡터를 제1 지령 전압 벡터와 제2 지령 전압 벡터로 분해하는 단계를 포함하고,

상기 제1 지령 전압 벡터는, 상기 제1 인버터의 지령을 위한 것이고,

상기 제2 지령 전압 벡터는, 상기 제2 인버터의 지령을 위한 것이며,

상기 제1 지령 전압 벡터와 상기 제2 지령 전압 벡터는, 서로 다른 값을 가지고,

상기 병렬 운전 인버터 장치의 지령 전압 벡터는 하기 수학적 식 1로 표현되고,

(수학적 식 1)

$$\vec{V}_{ref} = \frac{1}{2}(\vec{V}_{ref1} + \vec{V}_{ref2})$$

\vec{V}_{ref} : 병렬 운전 인버터 장치의 지령 전압 벡터

\vec{V}_{ref1} : 제1 지령 전압 벡터

\vec{V}_{ref2} : 제2 지령 전압 벡터

상기 제1 지령 전압 벡터 및 상기 제2 지령 전압 벡터는 하기 수학적 식 2로 표현되고,

(수학적 식 2)

$$\vec{V}_{ref1} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m e^{j(\theta + \frac{\pi}{6})}, \quad \vec{V}_{ref2} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m e^{j(\theta - \frac{\pi}{6})}$$

V_{DC} : 직류 전원의 전압

m : 전압 변조 지수

θ : 위상각

상기 병렬 운전 인버터 장치의 제어 방법은,

상기 전압 벡터 분해부에서, 상기 제1 지령 전압 벡터를 상기 제1 인버터의 3상 지령 상전압으로 변환하고, 상기 제2 지령 전압 벡터를 상기 제2 인버터의 3상 지령 상전압으로 변환하는 단계를 더 포함하고,

상기 제1 인버터의 3상 지령 상전압(v_{a1n}^* , v_{b1n}^* , v_{c1n}^*)은 하기의 수학적 식 3으로 나타내고, 상기 제2 인버터의 3상 지령 상전압(v_{a2n}^* , v_{b2n}^* , v_{c2n}^*)은 하기의 수학적 식 4로 나타내는, 병렬 운전 인버터 장치의 제어 방법.

(수학적 식 3)

$$\begin{cases} v_{a1n}^* = \text{Re}\{\vec{V}_{ref1}\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta + \frac{\pi}{6}\right) \\ v_{b1n}^* = \text{Re}\left\{\vec{V}_{ref1} e^{-j\frac{2\pi}{3}}\right\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{\pi}{2}\right) \\ v_{c1n}^* = \text{Re}\left\{\vec{V}_{ref1} e^{-j\frac{4\pi}{3}}\right\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{7\pi}{6}\right) \end{cases}$$

(수학적 식 4)

$$\begin{cases} v_{a2n}^* = \text{Re}\{\vec{V}_{ref2}\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{\pi}{6}\right) \\ v_{b2n}^* = \text{Re}\left\{\vec{V}_{ref2} e^{-j\frac{2\pi}{3}}\right\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{5\pi}{6}\right) \\ v_{c2n}^* = \text{Re}\left\{\vec{V}_{ref2} e^{-j\frac{4\pi}{3}}\right\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{3\pi}{2}\right) \end{cases}$$

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예는 병렬 운전 인버터 장치의 제어를 위한 기술과 관련된다.

배경 기술

[0002] 2레벨 3상 전압원 인버터는 입력으로 공급되는 직류 전원을 3상 교류 전원으로 변환하여 출력하는 전력변환장치의 일종이다. 도 1은 일반적인 2레벨 3상 전압원 인버터를 나타낸 회로도이다.

[0003] 여기서, 2레벨 3상 전압원 인버터(50)의 입력 전류(i_{in})는 인버터 상단 스위칭 소자인 S_a^+ , S_b^+ , S_c^+ 를 통해 흐르는 전류의 합이다. 따라서, 입력 전류(i_{in})는 스위칭 함수에 직접적인 영향을 받으며, 스위칭 동작에 의한 고주파 전류를 포함한다. DC-링크 커패시터(C_{DC})의 정전용량이 충분히 클 때, 입력 전류(i_{in})는 직류 성분과 고주파 성분으로 나눌 수 있다. 그 중 직류 성분(i_{bat})은 직류 전원인 배터리를 통해 공급되며, 고주파 성분(i_{cap})은 DC-링크 커패시터(C_{DC})를 통해 공급된다.

[0004] 한편, DC-링크 커패시터(C_{DC})의 수명과 부피는 입력 전류의 고주파 성분(i_{cap})의 실함값에 직접적으로 영향을 받는다. 즉, 입력 전류의 고주파 성분(i_{cap})의 실함값이 클수록 DC-링크 커패시터(C_{DC})에 더욱 많은 열이 발생하여 그 수명이 단축되며, 입력 전류의 고주파 성분(i_{cap})의 실함값이 클수록 부피가 큰 커패시터를 사용해야 한다. 따라서, 2레벨 3상 전압원 인버터(50)의 내구성, 신뢰성, 및 전력 밀도 등을 개선하기 위해서는 입력 전류의 고주파 성분(i_{cap})의 실함값을 줄일 수 있는 방안이 요구된다.

[0005] 또한, 2레벨 3상 전압원 인버터(50)의 공통 모드 전압(v_{cm})은 직류 전원 중성점(o)과 3상 부하 중성점(n) 간의 전위차로서 나타낸다. 공통 모드 전압(v_{cm})은 공통 모드 전류를 발생시켜 인버터 시스템에 전자 방해 잡음 문제 또는 안전 상의 문제를 발생시키는 바, 공통 모드 전압(v_{cm})을 제거할 수 있는 방안이 요구된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제10-1686861호(2016.12.20)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 입력 전류의 고주파 성분의 실함값을 줄일 수 있는 병렬 운전 인버터 장치의 제어 방법 및 제어 장치를 제공하기 위한 것이다.

[0008] 본 발명은 공통 모드 전압을 제거할 수 있는 병렬 운전 인버터 장치의 제어 방법 및 제어 장치를 제공하기 위한 것이다.

[0009] 한편, 본 발명에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 개시되는 일 실시예에 따른 병렬 운전 인버터 장치의 제어 장치는, 직류 전원, 상기 직류 전원과 병렬로 연결되는 DC 링크 커패시터, 및 상기 DC 링크 커패시터에 각각 병렬로 연결되고 인덕터로 구성된 필터를 통해 3상 부하에 전력을 공급하는 제1 인버터 및 제2 인버터를 포함하는 병렬 운전 인버터 장치의 제어를 위한 장치로서,

상기 병렬 운전 인버터 장치의 지령 전압 벡터를 제1 지령 전압 벡터와 제2 지령 전압 벡터로 분해하는 전압 벡터 분해부; 상기 제1 지령 전압 벡터 및 상기 제2 지령 전압 벡터에 기반하여 상기 제1 인버터 및 상기 제2 인버터의 오프셋 전압을 각각 생성하는 오프셋 전압 생성부; 상기 제1 지령 전압 벡터 및 상기 제1 인버터의 오프셋 전압에 기반하여 상기 제1 인버터의 3상 지령 극전압을 생성하고, 상기 제2 지령 전압 벡터 및 상기 제2 인버터의 오프셋 전압에 기반하여 상기 제2 인버터의 3상 지령 극전압을 생성하는 지령 극전압 생성부; 및 상기 제1 인버터의 3상 지령 극전압 및 상기 제2 인버터의 3상 지령 극전압과 기 설정되는 삼각 반송파를 비교하여 상기 제1 인버터의 스위칭 함수 및 상기 제2 인버터의 스위칭 함수를 출력하는 비교부를 포함한다.

[0011] 상기 제1 지령 전압 벡터는, 상기 제1 인버터의 지령을 위한 것이고, 상기 제2 지령 전압 벡터는, 상기 제2 인버터의 지령을 위한 것이며, 상기 제1 지령 전압 벡터와 상기 제2 지령 전압 벡터는, 서로 다른 값을 가질 수 있다.

[0012] 상기 병렬 운전 인버터 장치의 지령 전압 벡터는 하기 수학식으로 표현될 수 있다.

[0013] (수학식)

$$\vec{V}_{ref} = \frac{1}{2}(\vec{V}_{ref1} + \vec{V}_{ref2})$$

[0015] \vec{V}_{ref} : 병렬 운전 인버터 장치의 지령 전압 벡터

[0016] \vec{V}_{ref1} : 제1 지령 전압 벡터

[0017] \vec{V}_{ref2} : 제2 지령 전압 벡터

[0018] 상기 제1 지령 전압 벡터 및 상기 제2 지령 전압 벡터는 하기 수학식으로 표현될 수 있다.

[0019] (수학식)

$$\vec{V}_{ref1} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m e^{j(\theta + \frac{\pi}{6})}, \quad \vec{V}_{ref2} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m e^{j(\theta - \frac{\pi}{6})}$$

[0021] VDC : 직류 전원의 전압

[0022] m : 전압 변조 지수

[0023] θ : 위상각

[0024] 상기 전압 벡터 분해부는, 상기 제1 지령 전압 벡터를 상기 제1 인버터의 3상 지령 상전압으로 변환하고, 상기 제2 지령 전압 벡터를 상기 제2 인버터의 3상 지령 상전압으로 변환할 수 있다.

[0025] 상기 제1 인버터의 3상 지령 상전압(v_{a1n}^* , v_{b1n}^* , v_{c1n}^*)은 하기의 수학식 1로 나타내고, 상기 제2 인버터의 3상 지령 상전압(v_{a2n}^* , v_{b2n}^* , v_{c2n}^*)은 하기의 수학식 2로 나타낼 수 있다.

[0026] (수학식 1)

$$\begin{cases} v_{a1n}^* = \text{Re}\{\vec{V}_{ref1}\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta + \frac{\pi}{6}\right) \\ v_{b1n}^* = \text{Re}\left\{\vec{V}_{ref1} e^{-j\frac{2\pi}{3}}\right\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{\pi}{2}\right) \\ v_{c1n}^* = \text{Re}\left\{\vec{V}_{ref1} e^{-j\frac{4\pi}{3}}\right\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{7\pi}{6}\right) \end{cases}$$

[0028] (수학식 2)

$$\begin{cases} v_{a2n}^* = \text{Re}\{\vec{V}_{rsf2}\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{\pi}{6}\right) \\ v_{b2n}^* = \text{Re}\left\{\vec{V}_{rsf2} e^{-j\frac{2\pi}{3}}\right\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{5\pi}{6}\right) \\ v_{c2n}^* = \text{Re}\left\{\vec{V}_{rsf2} e^{-j\frac{4\pi}{3}}\right\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{3\pi}{2}\right) \end{cases}$$

[0029]

[0030] 상기 오프셋 전압 생성부는, 상기 제1 인버터의 3상 지령 상전압의 최댓값 및 최솟값에 기반하여 상기 제1 인버터의 오프셋 전압을 생성하고, 상기 제2 인버터의 3상 지령 상전압의 최댓값 및 최솟값에 기반하여 상기 제2 인버터의 오프셋 전압을 생성할 수 있다.

[0031] 상기 오프셋 전압 생성부는, 상기 제1 인버터의 오프셋 전압 및 상기 제2 인버터의 오프셋 전압을 하기의 수학식에 의해 생성할 수 있다.

[0032] (수학식)

$$v_{1no}^* = -\frac{1}{2}(v_{1max}^* + v_{1min}^*)$$

[0033]

$$v_{2no}^* = -\frac{1}{2}(v_{2max}^* + v_{2min}^*)$$

[0034]

[0035] v_{1no}^* : 제1 인버터의 오프셋 전압

[0036] v_{2no}^* : 제2 인버터의 오프셋 전압

[0037] v_{1max}^* : 제1 인버터의 3상 지령 상전압의 최댓값

[0038] v_{1min}^* : 제1 인버터의 3상 지령 상전압의 최솟값

[0039] v_{2max}^* : 제2 인버터의 3상 지령 상전압의 최댓값

[0040] v_{2min}^* : 제2 인버터의 3상 지령 상전압의 최솟값

[0041] 상기 지령 극전압 생성부는, 상기 제1 인버터의 3상 지령 상전압에 상기 제1 인버터의 오프셋 전압을 더하여 상기 제1 인버터의 3상 지령 극전압을 생성하고, 상기 제2 인버터의 3상 지령 상전압에 상기 제2 인버터의 오프셋 전압을 더하여 상기 제2 인버터의 3상 지령 극전압을 생성할 수 있다.

[0042] 상기 병렬 운전 인버터 장치의 제어 장치는, 스위칭 주기의 절반이 되는 지점을 기준으로 상기 제1 인버터의 3상 지령 극전압과 상기 제2 인버터의 3상 지령 극전압을 상호 교차시키는 전압 교차부를 더 포함할 수 있다.

[0043] 상기 전압 교차부는, 상기 스위칭 주기의 시작부터 상기 스위칭 주기의 절반이 되는 지점까지 상기 제1 인버터의 3상 지령 극전압 및 상기 제2 인버터의 3상 지령 극전압을 바이패스하여 상기 비교부로 전달하고, 상기 스위칭 주기의 절반이 되는 지점부터 상기 스위칭 주기의 마지막까지 상기 제1 인버터의 3상 지령 극전압과 상기 제2 인버터의 3상 지령 극전압을 상호 교차하여 상기 비교부로 전달할 수 있다.

[0044] 개시되는 다른 실시예에 따른 병렬 운전 인버터 장치의 제어 장치는, 직류 전원, 상기 직류 전원과 병렬로 연결되는 DC 링크 커패시터, 및 상기 DC 링크 커패시터에 각각 병렬로 연결되고 인덕터로 구성된 필터를 통해 3상 부하에 전력을 공급하는 제1 인버터 및 제2 인버터를 포함하는 병렬 운전 인버터 장치의 제어를 위한 장치로서, 상기 병렬 운전 인버터 장치의 지령 전압 벡터를 제1 지령 전압 벡터와 제2 지령 전압 벡터로 분해하는 전압 벡터 분해부를 포함하고, 상기 제1 지령 전압 벡터는, 상기 제1 인버터의 지령을 위한 것이고, 상기 제2 지령 전압 벡터는, 상기 제2 인버터의 지령을 위한 것이며, 상기 제1 지령 전압 벡터와 상기 제2 지령 전압 벡터는, 서로 다른 값을 가진다.

[0045] 개시되는 일 실시예에 따른 병렬 운전 인버터 장치의 제어 방법은, 직류 전원, 상기 직류 전원과 병렬로 연결되는 DC 링크 커패시터, 및 상기 DC 링크 커패시터에 각각 병렬로 연결되고 인덕터로 구성된 필터를 통해 3상 부

하에 전력을 공급하는 제1 인버터 및 제2 인버터를 포함하는 병렬 운전 인버터 장치의 제어를 위한 방법으로서, 전압 벡터 분해부에서, 상기 병렬 운전 인버터 장치의 지령 전압 벡터를 제1 지령 전압 벡터와 제2 지령 전압 벡터로 분해하는 단계; 오프셋 전압 생성부에서, 상기 제1 지령 전압 벡터 및 상기 제2 지령 전압 벡터에 기반하여 상기 제1 인버터 및 상기 제2 인버터의 오프셋 전압을 각각 생성하는 단계; 지령 극전압 생성부에서, 상기 제1 지령 전압 벡터 및 상기 제1 인버터의 오프셋 전압에 기반하여 상기 제1 인버터의 3상 지령 극전압을 생성하고, 상기 제2 지령 전압 벡터 및 상기 제2 인버터의 오프셋 전압에 기반하여 상기 제2 인버터의 3상 지령 극전압을 생성하는 단계; 및 비교부에서, 상기 제1 인버터의 3상 지령 극전압 및 상기 제2 인버터의 3상 지령 극전압과 기 설정되는 삼각 반송파를 비교하여 상기 제1 인버터의 스위칭 함수 및 상기 제2 인버터의 스위칭 함수를 출력하는 단계를 포함한다.

[0046] 상기 제1 지령 전압 벡터는, 상기 제1 인버터의 지령을 위한 것이고, 상기 제2 지령 전압 벡터는, 상기 제2 인버터의 지령을 위한 것이며, 상기 제1 지령 전압 벡터와 상기 제2 지령 전압 벡터는, 서로 다른 값을 가질 수 있다.

[0047] 상기 병렬 운전 인버터 장치의 지령 전압 벡터는 하기 수학식으로 표현될 수 있다.

[0048] (수학식)

$$\vec{V}_{ref} = \frac{1}{2}(\vec{V}_{ref1} + \vec{V}_{ref2})$$

[0050] \vec{V}_{ref} : 병렬 운전 인버터 장치의 지령 전압 벡터

[0051] \vec{V}_{ref1} : 제1 지령 전압 벡터

[0052] \vec{V}_{ref2} : 제2 지령 전압 벡터

[0053] 상기 제1 지령 전압 벡터 및 상기 제2 지령 전압 벡터는 하기 수학식으로 표현될 수 있다.

[0054] (수학식)

$$\vec{V}_{ref1} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m e^{j(\theta + \frac{\pi}{6})}, \quad \vec{V}_{ref2} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m e^{j(\theta - \frac{\pi}{6})}$$

[0056] VDC : 직류 전원의 전압

[0057] m : 전압 변조 지수

[0058] θ : 위상각

[0059] 상기 병렬 운전 인버터 장치의 제어 방법은, 상기 전압 벡터 분해부에서, 상기 제1 지령 전압 벡터를 상기 제1 인버터의 3상 지령 상전압으로 변환하고, 상기 제2 지령 전압 벡터를 상기 제2 인버터의 3상 지령 상전압으로 변환하는 단계를 더 포함하고, 상기 제1 인버터의 3상 지령 상전압(v_{a1n}^* , v_{b1n}^* , v_{c1n}^*)은 하기의 수학식 1로 나타내고, 상기 제2 인버터의 3상 지령 상전압(v_{a2n}^* , v_{b2n}^* , v_{c2n}^*)은 하기의 수학식 2로 나타낼 수 있다.

[0060] (수학식 1)

$$\begin{cases} v_{a1n}^* = \text{Re}\{\vec{V}_{ref1}\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta + \frac{\pi}{6}\right) \\ v_{b1n}^* = \text{Re}\left\{\vec{V}_{ref1} e^{-j\frac{2\pi}{3}}\right\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{\pi}{2}\right) \\ v_{c1n}^* = \text{Re}\left\{\vec{V}_{ref1} e^{-j\frac{4\pi}{3}}\right\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{7\pi}{6}\right) \end{cases}$$

[0061]

[0062] (수학식 2)

$$\begin{cases} v_{a2n}^* = \text{Re}\{\vec{V}_{ref2}\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{\pi}{6}\right) \\ v_{b2n}^* = \text{Re}\left\{\vec{V}_{ref2} e^{-j\frac{2\pi}{3}}\right\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{5\pi}{6}\right) \\ v_{c2n}^* = \text{Re}\left\{\vec{V}_{ref2} e^{-j\frac{4\pi}{3}}\right\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{3\pi}{2}\right) \end{cases}$$

[0063]

[0064] 상기 병렬 운전 인버터 장치의 제어 방법은, 전압 교차부에서, 스위칭 주기의 절반이 되는 지점을 기준으로 상기 제1 인버터의 3상 지령 극전압과 상기 제2 인버터의 3상 지령 극전압을 상호 교차시키는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0065] 상기 병렬 운전 인버터 장치의 제어 방법은, 전압 교차부에서, 상기 스위칭 주기의 시작부터 상기 스위칭 주기의 절반이 되는 지점까지 상기 제1 인버터의 3상 지령 극전압 및 상기 제2 인버터의 3상 지령 극전압을 바이패스하여 상기 비교부로 전달하는 단계; 및 상기 전압 교차부에서, 상기 스위칭 주기의 절반이 되는 지점부터 상기 스위칭 주기의 마지막까지 상기 제1 인버터의 3상 지령 극전압과 상기 제2 인버터의 3상 지령 극전압을 상호 교차하여 상기 비교부로 전달하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0066] 개시되는 다른 실시예에 따른 병렬 운전 인버터 장치의 제어 방법은, 직류 전원, 상기 직류 전원과 병렬로 연결되는 DC 링크 커패시터, 및 상기 DC 링크 커패시터에 각각 병렬로 연결되고 인덕터로 구성된 필터를 통해 3상 부하에 전력을 공급하는 제1 인버터 및 제2 인버터를 포함하는 병렬 운전 인버터 장치의 제어를 위한 방법으로, 전압 벡터 분해부에서, 상기 병렬 운전 인버터 장치의 지령 전압 벡터를 제1 지령 전압 벡터와 제2 지령 전압 벡터로 분해하는 단계를 포함하고, 상기 제1 지령 전압 벡터는, 상기 제1 인버터의 지령을 위한 것이고, 상기 제2 지령 전압 벡터는, 상기 제2 인버터의 지령을 위한 것이며, 상기 제1 지령 전압 벡터와 상기 제2 지령 전압 벡터는, 서로 다른 값을 가진다.

발명의 효과

[0067] 본 발명의 실시예에 따르면, 병렬 운전 인버터 장치의 지령 전압 벡터를 제1 지령 전압 벡터와 제2 지령 전압 벡터로 분해하고, 제1 지령 전압 벡터는 제1 인버터로 인가하며, 제2 지령 전압 벡터는 제2 인버터로 인가함으로써, 병렬 운전 인버터 장치의 입력 전류의 맥동을 줄일 수 있으며, 병렬 운전 인버터 장치의 공통 모드 전압을 제거할 수 있게 된다.

[0068] 또한, 스위칭 주기의 절반이 되는 지점을 기준으로 제1 인버터의 3상 지령 극전압과 제2 인버터의 3상 지령 극전압을 상호 교차시킴으로써, 제1 인버터와 제2 인버터의 스위칭 함수들의 듀티 비가 동일하도록 할 수 있으며, 그로 인해 기본 주파수 대역에서의 제1 인버터와 제2 인버터 간 전압 불균형 및 순환 전류가 발생하는 것을 방지할 수 있게 된다.

[0069] 한편, 본 발명에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0070] 도 1은 일반적인 2레벨 3상 전압원 인버터를 나타낸 회로도이고,
 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 병렬 운전 인버터 장치를 나타낸 회로도이며,
 도 3은 d-q축 좌표계에서 유효 공간 전압 벡터들의 섹터를 나타낸 도면이고,
 도 4는 본 발명의 일 실시예에서 병렬 운전 인버터 장치의 지령 전압 벡터를 제1 지령 전압 벡터와 제2 지령 전압 벡터의 평균으로 표현한 상태를 나타낸 도면이며,
 도 5는 본 발명의 일 실시예에서 제1 지령 전압 벡터와 제2 지령 전압 벡터가 공간 전압 벡터들의 합성으로 표현되는 상태를 나타낸 도면이고,
 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 병렬 운전 인버터 장치에서 지령 전압 벡터가 유효 공간 전압 벡터의 섹터

에서 B1에 위치하는 경우, 제1 인버터와 제2 인버터의 스위칭 함수를 각각 나타낸 그래프이며,

도 7은 본 발명의 일 실시예에서 스위칭 주기의 절반이 되는 지점을 기준으로 제1 인버터의 3상 지령 극전압과 제2 인버터의 3상 지령 극전압을 교차시킨 상태를 나타낸 그래프이며,

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 병렬 운전 인버터 장치의 제어 장치를 나타낸 블록도이고,

도 9는 기존의 병렬 운전 인버터의 제어에 따른 입력 전류 및 공통 모드 전압의 파형과 본 발명의 병렬 운전 인버터의 제어에 따른 입력 전류 및 공통 모드 전압의 파형을 비교한 그래프이며,

도 10은 기존의 병렬 운전 인버터의 제어에 따른 DC 링크 커패시터 전류의 실효값과 본 발명의 병렬 운전 인버터의 제어에 따른 DC 링크 커패시터 전류의 실효값을 비교한 그래프이고,

도 11은 기존의 병렬 운전 인버터의 제어 방법에 의한 공통 모드 전압의 실효값과 본 발명의 병렬 운전 인버터의 제어 방법에 의한 공통 모드 전압의 실효값을 비교한 그래프이며,

도 12는 기존의 병렬 운전 인버터의 제어 방법에 의한 하모닉 플럭스 벡터의 실효값과 본 발명의 병렬 운전 인버터의 제어 방법에 의한 하모닉 플럭스 벡터의 실효값을 비교한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0071] 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면들을 참조하여 더욱 상세하게 설명한다. 본 발명의 실시 예는 여러 가지 형태로 변형할 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래의 실시 예들로 한정되는 것으로 해석되어서는 안 된다. 본 실시 예는 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위해 제공되는 것이다. 따라서 도면에서의 요소의 형상은 보다 명확한 설명을 강조하기 위해 과장되었다.
- [0072] 본 발명이 해결하고자 하는 과제의 해결 방안을 명확하게 하기 위한 발명의 구성을 본 발명의 바람직한 실시 예에 근거하여 첨부 도면을 참조하여 상세히 설명하되, 도면의 구성요소들에 참조번호를 부여함에 있어서 동일 구성요소에 대해서는 비록 다른 도면상에 있더라도 동일 참조번호를 부여하였으며 당해 도면에 대한 설명 시 필요한 경우 다른 도면의 구성요소를 인용할 수 있음을 미리 밝혀둔다.
- [0073] 한편, 상측, 하측, 일측, 타측 등과 같은 방향성 용어는 개시된 도면들의 배향과 관련하여 사용된다. 본 발명의 실시예의 구성 요소는 다양한 배향으로 위치 설정될 수 있으므로, 방향성 용어는 예시를 목적으로 사용되는 것이지 이를 제한하는 것은 아니다.
- [0074] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 병렬 운전 인버터 장치를 나타낸 회로도이다.
- [0075] 도 2를 참조하면, 병렬 운전 인버터 장치(100)는 직류 전원(102), DC-링크 커패시터(104), 제1 인버터(106), 제2 인버터(108), 제1 필터(110), 제2 필터(112), 및 부하(114)를 포함할 수 있다.
- [0076] 직류 전원(102)은 제1 직류 전원(102-1) 및 제2 직류 전원(102-2)이 직렬로 연결될 수 있다. DC-링크 커패시터(104)는 직류 전원(102)과 병렬로 연결될 수 있다. 또한, 제1 인버터(106)와 제2 인버터(108)는 DC-링크 커패시터에 병렬로 연결될 수 있다.
- [0077] 제1 인버터(106) 및 제2 인버터(108)는 각각 2레벨 3상 인버터일 수 있다. 즉, 제1 인버터(106)는 3개의 상단 스위칭 소자(S_{a1}^+ , S_{b1}^+ , S_{c1}^+) 및 3개의 하단 스위칭 소자(S_{a1}^- , S_{b1}^- , S_{c1}^-)를 포함할 수 있다. 또한, 제2 인버터(108)는 3개의 상단 스위칭 소자(S_{a2}^+ , S_{b2}^+ , S_{c2}^+) 및 3개의 하단 스위칭 소자(S_{a2}^- , S_{b2}^- , S_{c2}^-)를 포함할 수 있다.
- [0078] 제1 인버터(106)는 인덕터로 구성된 제1 필터(110)를 통해 부하(114)와 연결되고, 제2 인버터(108)는 인덕터로 구성된 제2 필터(112)를 통해 부하(114)와 연결될 수 있다. 이때, 제1 필터(110) 및 제2 필터(112)는 결합 인덕터(Coupled Inductor) 또는 공통 모드 인덕터(Common Mode Inductor)로 구성될 수 있다.
- [0079] 여기서, 병렬 운전 인버터 장치(100)를 제어하는 일반적인 방법은 제1 인버터(106)와 제2 인버터(108)에 공간 벡터 전압 변조(Space Vector PWM : SVPWM) 기법에 의한 스위칭 신호를 동일하게 주입하는 것이다. 그러나, 제1 인버터(106)와 제2 인버터(108)에 동일한 스위칭 신호를 주입하면 도 1에 도시된 단일 운전 인버터에서와 같은 DC-링크 커패시터 전류 및 공통 모드 전압 특성을 가지게 된다.
- [0080] 이에 개시되는 실시예에서는, 제1 인버터(106)와 제2 인버터(108)에 서로 다른 스위칭 신호를 주입하여(즉, 서로 다른 공간 전압 벡터를 가하여) DC-링크 커패시터 전류 및 공통 모드 전압 특성을 개선할 수 있다. 이하, 이

에 대해 자세히 살펴보기로 한다.

[0081] 병렬 운전 인버터 장치(100)에서 제1 인버터(106) 및 제2 인버터(108)의 출력 가능한 스위칭 소자들의 스위칭 상태에 따라 8개의 공간 전압 벡터로 표현할 수 있다. 8개의 공간 전압 벡터 중 $\vec{V}_1, \vec{V}_2, \vec{V}_3, \vec{V}_4, \vec{V}_5, \vec{V}_6$ 는 유효 전압 벡터라 하고, \vec{V}_0, \vec{V}_7 는 영 전압 벡터라 한다. 도 3은 d-q축 좌표계에서 유효 공간 전압 벡터들의 섹터를 나타낸 도면으로, 유효 공간 전압 벡터들의 섹터들은 A1 ~ A6 및 B1 ~ B6의 두 가지 영역으로 구분할 수 있다. 그리고, 병렬 운전 인버터 장치(100)에서 입력 전류(iin)는 제1 인버터(106)의 입력 전류(iin1)와 제2 인버터(108)의 입력 전류(iin2)의 합으로 나타낼 수 있다.

[0082] 표 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 병렬 운전 인버터 장치(100)에서 제1 인버터(106)와 제2 인버터(108)에 서로 다른 공간 전압 벡터를 가했을 때 발생할 수 있는 입력 전류(iin)의 값을 나타낸 표이다.

[0083] (표 1)

공간 전압 벡터		인버터 1							
		\vec{V}_0	\vec{V}_1	\vec{V}_2	\vec{V}_3	\vec{V}_4	\vec{V}_5	\vec{V}_6	\vec{V}_7
인 버 터 2	\vec{V}_0	0	$\frac{i_a}{2}$	$-\frac{i_c}{2}$	$\frac{i_b}{2}$	$-\frac{i_a}{2}$	$\frac{i_c}{2}$	$-\frac{i_b}{2}$	0
	\vec{V}_1	$\frac{i_a}{2}$	i_a	$-\frac{i_c - i_a}{2}$	$\frac{i_a + i_b}{2}$	0	$\frac{i_c + i_a}{2}$	$\frac{i_a - i_b}{2}$	$\frac{i_a}{2}$
	\vec{V}_2	$-\frac{i_c}{2}$	$-\frac{i_c - i_a}{2}$	$-i_c$	$\frac{i_b - i_c}{2}$	$-\frac{i_c + i_a}{2}$	0	$-\frac{i_b + i_c}{2}$	$-\frac{i_c}{2}$
	\vec{V}_3	$\frac{i_b}{2}$	$\frac{i_a + i_b}{2}$	$\frac{i_b - i_c}{2}$	i_b	$-\frac{i_a - i_b}{2}$	$\frac{i_b + i_c}{2}$	0	$\frac{i_b}{2}$
	\vec{V}_4	$-\frac{i_a}{2}$	0	$-\frac{i_c + i_a}{2}$	$-\frac{i_a - i_b}{2}$	$-i_a$	$\frac{i_c - i_a}{2}$	$-\frac{i_a + i_b}{2}$	$-\frac{i_a}{2}$
	\vec{V}_5	$\frac{i_c}{2}$	$\frac{i_c + i_a}{2}$	0	$\frac{i_b + i_c}{2}$	$\frac{i_c - i_a}{2}$	i_c	$-\frac{i_b - i_c}{2}$	$\frac{i_c}{2}$
	\vec{V}_6	$-\frac{i_b}{2}$	$\frac{i_a - i_b}{2}$	$-\frac{i_b + i_c}{2}$	0	$-\frac{i_a + i_b}{2}$	$-\frac{i_b - i_c}{2}$	$-i_b$	$-\frac{i_b}{2}$
	\vec{V}_7	0	$\frac{i_a}{2}$	$-\frac{i_c}{2}$	$\frac{i_b}{2}$	$-\frac{i_a}{2}$	$\frac{i_c}{2}$	$-\frac{i_b}{2}$	0

[0084] 여기서, 제1 인버터(106)의 출력 상전류 ia1, ib1, ic1과 제2 인버터(108)의 출력 상전류 ia2, ib2, ic2는 다음의 수학적 식 1을 만족한다고 가정한다.

[0087] (수학적 식 1)

$$\begin{cases} i_{a1} = i_{a2} = \frac{1}{2}i_a \\ i_{b1} = i_{b2} = \frac{1}{2}i_b \\ i_{c1} = i_{c2} = \frac{1}{2}i_c \end{cases}$$

[0088] 또한, 병렬 운전 인버터 장치(100)에서 공통 모드 전압(vcm)은 직류 전원(102)의 중성점(o)과 부하(114)의 중성점(n) 간의 전위차이며, 이는 하기의 수학적 식 2로 나타낼 수 있다.

[0090] (수학적 식 2)

$$v_{cm} = \frac{1}{6}(v_{a1o} + v_{b1o} + v_{c1o} + v_{a2o} + v_{b2o} + v_{c2o})$$

[0091] 여기서, va1o, vb1o, vc1o는 제1 인버터(106)의 출력 극전압이고, va2o, vb2o, vc2o는 제2 인버터(108)의 출력 극전압이다.

[0093] 표 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 병렬 운전 인버터 장치(100)에서 제1 인버터(106)와 제2 인버터(108)에 서

로 다른 공간 전압 벡터를 가했을 때 발생할 수 있는 공통 모드 전압(vcm)의 값을 나타낸 표이다. 이때, VDC는 직류 전원(102)의 전압을 나타낸다.

(표 2)

공간 전압 벡터		인버터 1							
		\vec{V}_0	\vec{V}_1	\vec{V}_2	\vec{V}_3	\vec{V}_4	\vec{V}_5	\vec{V}_6	\vec{V}_7
인버터 2	\vec{V}_0	$-\frac{V_{DC}}{2}$	$-\frac{V_{DC}}{3}$	$-\frac{V_{DC}}{6}$	$-\frac{V_{DC}}{3}$	$-\frac{V_{DC}}{6}$	$-\frac{V_{DC}}{3}$	$-\frac{V_{DC}}{6}$	0
	\vec{V}_1	$-\frac{V_{DC}}{3}$	$-\frac{V_{DC}}{6}$	0	$-\frac{V_{DC}}{6}$	0	$-\frac{V_{DC}}{6}$	0	$\frac{V_{DC}}{6}$
	\vec{V}_2	$-\frac{V_{DC}}{6}$	0	$\frac{V_{DC}}{6}$	0	$\frac{V_{DC}}{6}$	0	$\frac{V_{DC}}{6}$	$\frac{V_{DC}}{3}$
	\vec{V}_3	$-\frac{V_{DC}}{3}$	$-\frac{V_{DC}}{6}$	0	$-\frac{V_{DC}}{6}$	0	$-\frac{V_{DC}}{6}$	0	$\frac{V_{DC}}{6}$
	\vec{V}_4	$-\frac{V_{DC}}{6}$	0	$\frac{V_{DC}}{6}$	0	$\frac{V_{DC}}{6}$	0	$\frac{V_{DC}}{6}$	$\frac{V_{DC}}{3}$
	\vec{V}_5	$-\frac{V_{DC}}{3}$	$-\frac{V_{DC}}{6}$	0	$-\frac{V_{DC}}{6}$	0	$-\frac{V_{DC}}{6}$	0	$\frac{V_{DC}}{6}$
	\vec{V}_6	$-\frac{V_{DC}}{6}$	0	$\frac{V_{DC}}{6}$	0	$\frac{V_{DC}}{6}$	0	$\frac{V_{DC}}{6}$	$\frac{V_{DC}}{3}$
	\vec{V}_7	0	$\frac{V_{DC}}{6}$	$\frac{V_{DC}}{3}$	$\frac{V_{DC}}{6}$	$\frac{V_{DC}}{3}$	$\frac{V_{DC}}{6}$	$\frac{V_{DC}}{3}$	$\frac{V_{DC}}{2}$

한편, 하나의 공간 벡터는 임의의 공간 벡터 두개의 합으로 표현할 수 있다. 이에 개시되는 실시예에서는, 병렬 운전 인버터 장치(100)의 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref})를 제1 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref1})와 제2 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref2})의 평균으로 표현할 수 있다. 이때, 제1 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref1})는 제1 인버터(106)의 지령을 위한 것이고, 제2 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref2})는 제2 인버터(108)의 지령을 위한 것일 수 있다. 제1 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref1})와 제2 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref2})는 서로 다른 값을 가질 수 있다. 여기서, 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref})는 병렬 운전 인버터 장치(100)의 3상 지령 상전압들을 d-q축 좌표계에서 하나의 공간 벡터로 표현한 것이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에서 병렬 운전 인버터 장치(100)의 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref})를 제1 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref1})와 제2 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref2})의 평균으로 표현한 상태를 나타낸 도면이다. 이 경우, 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref})는 수학식 3으로 나타낼 수 있다.

(수학식 3)

$$\begin{cases} \vec{V}_{ref} = \frac{1}{2}(\vec{V}_{ref1} + \vec{V}_{ref2}) \\ \vec{V}_{ref1} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} me^{j(\theta + \frac{\pi}{6})} \\ \vec{V}_{ref2} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} me^{j(\theta - \frac{\pi}{6})} \end{cases}$$

도 5는 본 발명의 일 실시예에서 제1 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref1})와 제2 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref2})가 공간 전압 벡터들의 합성으로 표현되는 상태를 나타낸 도면이다. 도 5를 참조하면, 병렬 운전 인버터 장치(100)의 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref})가 도 3의 유효 공간 전압 벡터의 섹터에서 B1에 위치한다고 가정한다. 그러면, 제1 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref1})와 제2 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref2})는 유효 공간 전압 벡터의 섹터에서 각각 A1과 A6에 위치하게 된다.

[0102] 그리고, 제1 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref1})와 제2 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref2})는 각각 공간 벡터 전압 변조(SVPWM) 기법에 의해 아래의 수학적식 4와 같이 $\vec{V}_0, \vec{V}_1, \vec{V}_2, \vec{V}_7$ 의 합성과 $\vec{V}_0, \vec{V}_1, \vec{V}_6, \vec{V}_7$ 의 합성으로 표현할 수 있다.

[0103] (수학적식 4)

$$\begin{cases} \vec{V}_{ref1} = \frac{t_{01}}{2T_s} \vec{V}_0 + \frac{t_{11}}{T_s} \vec{V}_1 + \frac{t_{21}}{T_s} \vec{V}_2 + \frac{t_{01}}{2T_s} \vec{V}_7 & (t_{01} + t_{11} + t_{21} = T_s) \\ \vec{V}_{ref2} = \frac{t_{02}}{2T_s} \vec{V}_7 + \frac{t_{62}}{T_s} \vec{V}_6 + \frac{t_{12}}{T_s} \vec{V}_1 + \frac{t_{02}}{2T_s} \vec{V}_0 & (t_{02} + t_{62} + t_{12} = T_s) \end{cases}$$

[0105] T_s : 스위칭 주기

[0106] 한편, 수학적식 3에서와 같이, 제1 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref1})와 제2 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref2})가 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref})를 기준으로 위상이 30° 씩 전후가 되도록 함으로써, 도 5에서 제1 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref1}) 및 유효 전압 벡터(\vec{V}_1, \vec{V}_2)가 이루는 삼각형과 제2 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref2}) 및 유효 전압 벡터(\vec{V}_6, \vec{V}_1)가 이루는 삼각형이 합동(Congruence)을 이루게 된다. 이 경우, 다음과 같은 수학적식 5가 성립되게 된다.

[0107] (수학적식 5)

$$\begin{cases} t_{11} = t_{62} \\ t_{21} = t_{12} \\ t_{01} = t_{02} \end{cases}$$

[0109] 즉, 제1 인버터(106)의 지령 전압 벡터를 제1 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref1})로 하고, 제2 인버터(108)의 지령 전압 벡터를 제2 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref2})로 함으로써, 서로 이웃한 유효 전압 벡터인 \vec{V}_1 과 \vec{V}_6 또는 \vec{V}_2 와 \vec{V}_1 및 서로 다른 영 전압 벡터인 \vec{V}_0 와 \vec{V}_7 을 동시에 사용하여 병렬 운전 인버터 장치(100)를 제어할 수 있게 된다.

[0110] 또한, 표 1에서 나타낸 바와 같이, 서로 이웃한 유효 전압 벡터를 제1 인버터(106)와 제2 인버터(108)에 가하는 경우, 병렬 운전 인버터 장치(100)의 입력 전류(iin)는 동일한 유효 전압 벡터를 제1 인버터(106)와 제2 인버터(108)에 가하는 경우보다 그 값이 작아지게 된다.

[0111] 또한, 표 2에서 나타낸 바와 같이, 서로 이웃한 유효 전압 벡터 또는 서로 다른 영 전압 벡터를 제1 인버터(106)와 제2 인버터(108)에 가하는 경우, 병렬 운전 인버터 장치(100)의 공통 모드 전압(vcm)은 항상 0이 된다. 따라서, 공통 모드 전압(vcm)을 이론적으로 제거할 수 있게 된다.

[0112] 즉, 개시되는 실시예에서는, 병렬 운전 인버터 장치(100)의 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref})를 제1 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref1})와 제2 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref2})의 평균으로 표현하고, 제1 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref1})는 제1 인버터(106)로 인가하며, 제2 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref2})는 제2 인버터(108)로 인가함으로써, 병렬 운전 인버터 장치(100)의 입력 전류(iin) 맥동을 줄일 수 있으며, 병렬 운전 인버터 장치(100)의 공통 모드 전압(vcm)을 제거할 수 있게 된다.

[0113] 한편, 제1 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref1})와 제2 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref2})는 각각 제1 인버터(106)와 제2 인버터(108)의 3상 지령 상전압으로 변환할 수 있다. 제1 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref1})을 제1 인버터(106)의 3상 지령 상전압으로 변환하는 것은 다음의 수학적식 6으로 나타낼 수 있다. 제2 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref2})를 제2 인버터(108)의 3상 지령 상전압으로 변환하는 것은 다음의 수학적식 7로 나타낼 수 있다.

[0114] (수학식 6)

$$\begin{cases} v_{a1n}^* = \text{Re}\{\vec{V}_{ref1}\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta + \frac{\pi}{6}\right) \\ v_{b1n}^* = \text{Re}\left\{\vec{V}_{ref1} e^{-j\frac{2\pi}{3}}\right\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{\pi}{2}\right) \\ v_{c1n}^* = \text{Re}\left\{\vec{V}_{ref1} e^{-j\frac{4\pi}{3}}\right\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{7\pi}{6}\right) \end{cases}$$

[0115]

[0116] (수학식 7)

$$\begin{cases} v_{a2n}^* = \text{Re}\{\vec{V}_{ref2}\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{\pi}{6}\right) \\ v_{b2n}^* = \text{Re}\left\{\vec{V}_{ref2} e^{-j\frac{2\pi}{3}}\right\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{5\pi}{6}\right) \\ v_{c2n}^* = \text{Re}\left\{\vec{V}_{ref2} e^{-j\frac{4\pi}{3}}\right\} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} m \cos\left(\theta - \frac{3\pi}{2}\right) \end{cases}$$

[0117]

[0118] 여기서, v_{a1n}^* , v_{b1n}^* , v_{c1n}^* 은 제1 인버터(106)의 3상 지령 상전압이고, v_{a2n}^* , v_{b2n}^* , v_{c2n}^* 은 제2 인버터(108)의 3상 지령 상전압이며, m은 전압 변조 지수이고, θ 는 위상각을 나타낸다.

[0119] 또한, 제1 인버터(106)의 오프셋 전압은 제1 인버터(106)의 3상 지령 상전압의 최댓값 및 최솟값에 기반하여 산출할 수 있다. 제2 인버터(108)의 오프셋 전압은 제2 인버터(108)의 3상 지령 상전압의 최댓값 및 최솟값에 기반하여 산출할 수 있다. 구체적으로, 제1 인버터(106) 및 제2 인버터(108)의 오프셋 전압은 하기의 수학식 8에 의해 산출할 수 있다.

[0120] (수학식 8)

$$v_{1no}^* = -\frac{1}{2}(v_{1max}^* + v_{1min}^*)$$

[0121]

$$v_{2no}^* = -\frac{1}{2}(v_{2max}^* + v_{2min}^*)$$

[0122]

[0123] v_{1no}^* : 제1 인버터(106)의 오프셋 전압

[0124] v_{2no}^* : 제2 인버터(108)의 오프셋 전압

[0125] v_{1max}^* : 제1 인버터(106)의 3상 지령 상전압의 최댓값

[0126] v_{1min}^* : 제1 인버터(106)의 3상 지령 상전압의 최솟값

[0127] v_{2max}^* : 제2 인버터(108)의 3상 지령 상전압의 최댓값

[0128] v_{2min}^* : 제2 인버터(108)의 3상 지령 상전압의 최솟값

[0130] 한편, 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 병렬 운전 인버터 장치(100)에서 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref})가 유효 공간 전압 벡터의 섹터에서 B1에 위치하는 경우, 제1 인버터(106)와 제2 인버터(108)의 스위칭 함수를 각각 나타낸 그래프이다. 여기서, 제1 인버터(106)의 3상 지령 극전압은 v_{a1o}^* , v_{b1o}^* , v_{c1o}^* 이고, 제2 인버터(108)의 3상 지령 극전압은 v_{a2o}^* , v_{b2o}^* , v_{c2o}^* 라 하며, 제1 인버터(106) 및 제2 인버터(108)에 각각 부호가 서로 다른 삼각 반송파가 사용된다.

[0131] 도 6을 참조하면, 제1 인버터(106)의 스위칭 함수인 sb1 및 sc1과 제2 인버터(108)의 스위칭 함수인 sb2 및 sc2의 듀티 비가 서로 다르다는 것을 확인할 수 있다. 이 경우, 기본 주파수 대역에서 제1 인버터(106)와 제2 인버터(108) 간 전압 불균형을 발생시키게 되고, 이러한 전압 불균형은 기본 주파수 대역에서 큰 순환 전류를 발생

시키게 된다. 그리고, 큰 순환 전류는 제1 인버터(106)와 제2 인버터(108)의 스위칭 소자 간에 전류 불균형을 일으켜 병렬 운전 인버터 장치(100)의 효율을 떨어뜨리게 되며 출력단의 제1 필터(110) 및 제2 필터(112)의 크기를 증가시키게 된다.

[0132] 이에 개시되는 실시예에서는, 도 7에서 도시하는 바와 같이, 스위칭 주기의 절반이 되는 지점(즉, TS/2)을 기준으로 제1 인버터(106)의 3상 지령 극전압과 제2 인버터(108)의 3상 지령 극전압을 상호 교차하는 것을 통해 제1 인버터(106)의 스위칭 함수인 sb1 및 sc1과 제2 인버터(108)의 스위칭 함수인 sb2 및 sc2의 듀티 비가 동일하도록 할 수 있게 된다.

[0133] 즉, 스위칭 주기의 시작부터 스위칭 주기의 절반이 되는 지점(즉, TS/2)까지는 제1 인버터(106)에는 제1 인버터(106)의 3상 지령 극전압인 v_{a1o}^* , v_{b1o}^* , v_{c1o}^* 의 값을 그대로 인가하고, 제2 인버터(108)에는 제2 인버터(108)의 3상 지령 극전압인 v_{a2o}^* , v_{b2o}^* , v_{c2o}^* 의 값을 각각 그대로 인가할 수 있다.

[0134] 그리고, 스위칭 주기의 절반이 되는 지점(즉, TS/2)에서 스위칭 주기의 마지막까지는 제1 인버터(106)에 제2 인버터(108)의 3상 지령 극전압 v_{a2o}^* , v_{b2o}^* , v_{c2o}^* 의 값을 인가하고, 제2 인버터(108)에 제1 인버터(106)의 3상 지령 극전압 v_{a1o}^* , v_{b1o}^* , v_{c1o}^* 의 값을 각각 인가할 수 있다. 여기서, 제1 인버터(106) 및 제2 인버터(108)의 상호 교차된 3상 지령 극전압은 v_{a1o}^{**} , v_{b1o}^{**} , v_{c1o}^{**} 와 v_{a2o}^{**} , v_{b2o}^{**} , v_{c2o}^{**} 으로 각각 나타낼 수 있다. 이 경우, 제1 인버터(106)와 제2 인버터(108)의 스위칭 함수들의 듀티 비가 서로 동일하게 되고, 그로 인해 제1 인버터(106)와 제2 인버터(108) 간 전압 불균형이 발생하는 것을 방지할 수 있게 된다.

[0135] 한편, 여기서는 제1 지령 전압 벡터와 제2 지령 전압 벡터를 SVPWM 기법으로 구현하는 것으로 설명하였으나, 이에 한정되는 것은 아니며 불연속 변조(Discontinuous PWM : DPWM) 기법 등 다양한 PWM(Pulse Width Modulation) 기법으로 구현할 수 있다.

[0136] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 병렬 운전 인버터 장치의 제어 장치를 나타낸 블록도이다.

[0137] 도 8을 참조하면, 병렬 운전 인버터 장치의 제어 장치(200)는 전압 벡터 분해부(202), 오프셋 전압 생성부(204), 지령 극전압 생성부(206), 전압 교차부(208), 및 비교부(210)를 포함할 수 있다.

[0138] 전압 벡터 분해부(202)는 병렬 운전 인버터 장치(100)의 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref})를 제1 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref1})와 제2 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref2})으로 분해할 수 있다. 이때, 전압 벡터 분해부(202)는 제1 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref1})와 제2 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref2})가 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref})를 기준으로 크기가 $2/\sqrt{3}$ 배 되도록 하고 위상이 30° 씩 전후가 되도록 할 수 있다. 전압 벡터 분해부(202)는 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref})를 제1 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref1})와 제2 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref2})의 평균으로 나타낼 수 있다.

[0139] 또한, 전압 벡터 분해부(202)는 제1 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref1})을 제1 인버터(106)의 3상 지령 상전압(v_{a1n}^* , v_{b1n}^* , v_{c1n}^*)으로 변환하여 출력하고, 제2 지령 전압 벡터(\vec{V}_{ref2})를 제2 인버터(108)의 3상 지령 상전압(v_{a2n}^* , v_{b2n}^* , v_{c2n}^*)으로 변환하여 출력할 수 있다.

[0140] 오프셋 전압 생성부(204)는 제1 인버터(106)의 오프셋 전압(v_{1no}^*) 및 제2 인버터(108)의 오프셋 전압(v_{2no}^*)을 각각 생성할 수 있다. 오프셋 전압 생성부(204)는 제1 인버터(106)의 3상 지령 상전압의 최댓값 및 최솟값에 기반하여 제1 인버터(106)의 오프셋 전압을 생성하고, 제2 인버터(108)의 3상 지령 상전압의 최댓값 및 최솟값에 기반하여 제2 인버터(108)의 오프셋 전압을 생성할 수 있다.

[0141] 지령 극전압 생성부(206)는 제1 인버터(106)의 3상 지령 극전압(v_{a1o}^* , v_{b1o}^* , v_{c1o}^*) 및 제2 인버터(108)의 3상 지령 극전압(v_{a2o}^* , v_{b2o}^* , v_{c2o}^*)을 각각 생성할 수 있다. 지령 극전압 생성부(206)는 제1 인버터(106)의 3상 지

령 상전압(v_{a1n}^* , v_{b1n}^* , v_{c1n}^*)에 제1 인버터(106)의 오프셋 전압(v_{1no}^*)을 더하여 제1 인버터(106)의 3상 지령 극전압(v_{a1o}^* , v_{b1o}^* , v_{c1o}^*)을 생성할 수 있다. 지령 극전압 생성부(206)는 제2 인버터(108)의 3상 지령 상전압(v_{a2n}^* , v_{b2n}^* , v_{c2n}^*)에 제2 인버터(108)의 오프셋 전압(v_{2no}^*)을 더하여 제2 인버터(108)의 3상 지령 극전압(v_{a2o}^* , v_{b2o}^* , v_{c2o}^*)을 생성할 수 있다.

[0142] 전압 교차부(208)는 스위칭 주기의 절반이 되는 지점(즉, TS/2)을 기준으로 제1 인버터(106)의 3상 지령 극전압과 제2 인버터(108)의 3상 지령 극전압을 상호 교차시킬 수 있다.

[0143] 구체적으로, 전압 교차부(208)는 스위칭 주기의 시작부터 스위칭 주기의 절반이 되는 지점(즉, TS/2)까지 제1 인버터(106)의 3상 지령 극전압(v_{a1o}^* , v_{b1o}^* , v_{c1o}^*) 및 제2 인버터(108)의 3상 지령 극전압(v_{a2o}^* , v_{b2o}^* , v_{c2o}^*)을 바이패스하여 비교부(210)로 전달할 수 있다. 전압 교차부(208)는 스위칭 주기의 절반이 되는 지점(즉, TS/2)에서 스위칭 주기의 마지막까지 제1 인버터(106)의 3상 지령 극전압과 제2 인버터(108)의 3상 지령 극전압을 상호 교차하여 비교부(210)로 전달할 수 있다. 여기서, 최종적으로 제1 인버터(106)의 상호 교차된 3상 지령 극전압을 v_{a1o}^{**} , v_{b1o}^{**} , v_{c1o}^{**} 라 하고, 제2 인버터(108)의 상호 교차된 3상 지령 극전압을 v_{a2o}^{**} , v_{b2o}^{**} , v_{c2o}^{**} 라 한다.

[0144] 비교부(210)는 전압 교차부(208)로부터 전달되는 3상 지령 극전압(v_{a1o}^{**} , v_{b1o}^{**} , v_{c1o}^{**} 와 v_{a2o}^{**} , v_{b2o}^{**} , v_{c2o}^{**})과 캐리어 신호 생성부(212)에서 생성한 삼각 반송파(vtri, -vtri)를 비교하여 제1 인버터(106)의 스위칭 함수(sa1, sb1, sc1) 및 제2 인버터(108)의 스위칭 함수(sa2, sb2, sc2)를 출력할 수 있다.

[0145] 구체적으로, 비교부(210)는 제1 인버터(106)의 상호 교차된 3상 지령 극전압(v_{a1o}^{**} , v_{b1o}^{**} , v_{c1o}^{**})과 제1 삼각 반송파(vtri)를 비교하여 제1 인버터(106)의 스위칭 함수(sa1, sb1, sc1)를 출력할 수 있다.

[0146] 또한, 비교부(210)는 제2 인버터(108)의 상호 교차된 3상 지령 극전압(v_{a2o}^{**} , v_{b2o}^{**} , v_{c2o}^{**})과 제2 삼각 반송파(-vtri)를 비교하여 제2 인버터(108)의 스위칭 함수(sa2, sb2, sc2)를 출력할 수 있다.

[0147] 도 9는 기존의 병렬 운전 인버터의 제어에 따른 입력 전류(iin) 및 공통 모드 전압(vcm)의 파형(도 9의 (a))과 본 발명의 병렬 운전 인버터의 제어에 따른 입력 전류(iin) 및 공통 모드 전압(vcm)의 파형(도 9의 (b))을 비교한 그래프이다.

[0148] 도 9를 참조하면, 본 발명의 제어 방법에 의한 입력 전류(iin)의 첨두값이 기존 제어 방법에 의한 입력 전류(iin)보다 감소하는 것을 볼 수 있다. 이와 같이, 입력 전류(iin)의 첨두값이 줄어들면 DC 링크 커패시터 전류(icap)의 실흔값을 줄일 수 있으므로, DC 링크 커패시터(104)의 수명을 연장하고 그 부피는 줄일 수 있게 된다.

[0149] 도 10은 기존의 병렬 운전 인버터의 제어에 따른 DC 링크 커패시터 전류(icap)의 실흔값(도 10의 (a))과 본 발명의 병렬 운전 인버터의 제어에 따른 DC 링크 커패시터 전류(icap)의 실흔값(도 10의 (b))을 비교한 그래프이다. 도 10에서와 같이, 본 발명의 제어 방법에 의하면 DC 링크 커패시터 전류(icap)의 실흔값이 기존 제어 방법보다 줄어든 것을 볼 수 있다.

[0150] 또한, 도 9를 다시 참조하면, 본 발명의 제어 방법에 의하면 공통 모드 전압(vcm)이 이론상 제거된 것을 볼 수 있다. 그로 인해, 공통 모드 전류에 의한 전자 방해 잡음 문제 또는 안전 상의 문제를 방지할 수 있게 된다. 도 11은 기존의 병렬 운전 인버터의 제어 방법(SVPWM 기법)에 의한 공통 모드 전압(vcm)의 실흔값과 본 발명의 병렬 운전 인버터의 제어 방법(제안하는 PWM 기법)에 의한 공통 모드 전압(vcm)의 실흔값을 비교한 그래프이다. 도 11에서와 같이, 본 발명의 제어 방법에 의하면 공통 모드 전압(vcm)의 실흔값이 영인 것을 볼 수 있다.

[0151] 도 12는 기존의 병렬 운전 인버터의 제어 방법(SVPWM 기법)에 의한 하모닉 플럭스 벡터의 실흔값과 본 발명의 병렬 운전 인버터의 제어 방법(제안하는 PWM 기법)에 의한 하모닉 플럭스 벡터의 실흔값을 비교한 그래프이다.

[0152] 도 12에서와 같이, 본 발명의 제어 방법에 의한 하모닉 플럭스 벡터의 실흔값(λh)이 기존 제어 방법에 의한 하모닉 플럭스 벡터의 실흔값(λh)보다 작은 것을 볼 수 있다. 여기서, 상전류 품질은 하모닉 플럭스 벡터의 실흔값(λh)에 반비례하므로, 본 발명의 제어 방법에 의하면 상전류의 품질이 기존보다 개선되는 것을 알 수 있다.

[0153] 이상의 상세한 설명은 본 발명을 예시하는 것이다. 또한 기술한 내용은 본 발명의 바람직한 실시 형태를 나타내어 설명하는 것이며, 본 발명은 다양한 다른 조합, 변경 및 환경에서 사용할 수 있다. 즉 본 명세서에 개시된 발명의 개념의 범위, 저술한 개시 내용과 균등한 범위 및/또는 당업계의 기술 또는 지식의 범위내에서 변경 또는 수정이 가능하다. 저술한 실시예는 본 발명의 기술적 사상을 구현하기 위한 최선의 상태를 설명하는 것이며, 본 발명의 구체적인 적용 분야 및 용도에서 요구되는 다양한 변경도 가능하다. 따라서 이상의 발명의 상세한 설명은 개시된 실시 상태로 본 발명을 제한하려는 의도가 아니다. 또한 첨부된 청구범위는 다른 실시 상태도 포함하는 것으로 해석되어야 한다.

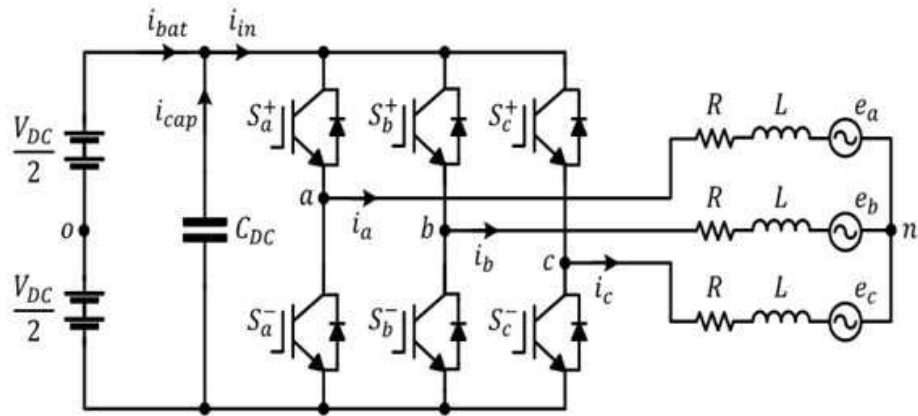
부호의 설명

[0154] 100 : 병렬 운전 인버터 장치
 102 : 직류 전원
 102-1 : 제1 직류 전원
 102-2 : 제2 직류 전원
 104 : DC 링크 커패시터
 106 : 제1 인버터
 108 : 제2 인버터
 110 : 제1 필터
 112 : 제2 필터
 114 : 부하
 200 : 병렬 운전 인버터의 제어 장치
 202 : 전압 벡터 분해부
 204 : 오프셋 전압 생성부
 206 : 지령 극전압 생성부
 208 : 전압 교환부
 210 : 비교부
 212 : 캐리어 신호 생성부

도면

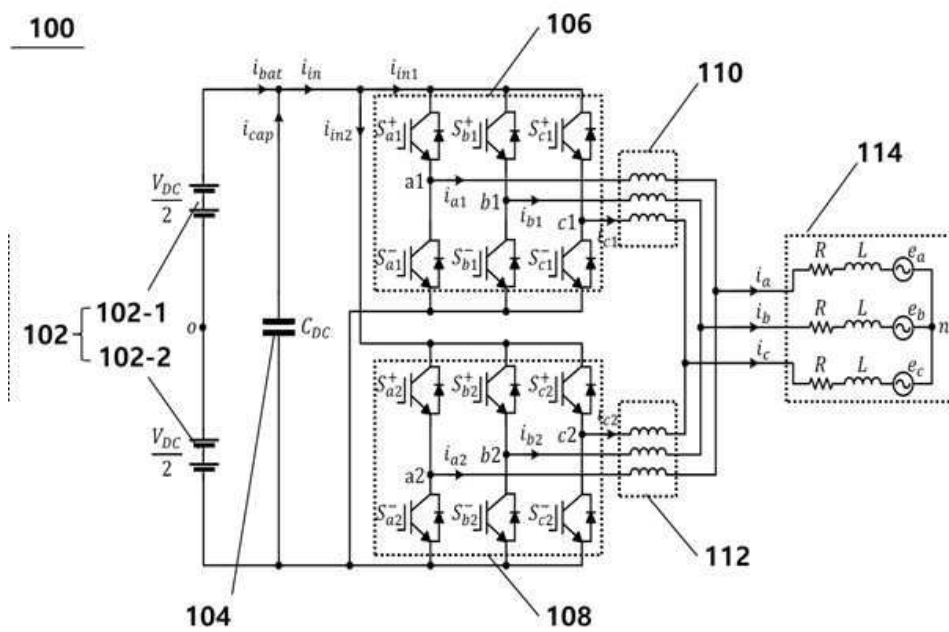
도면1

50

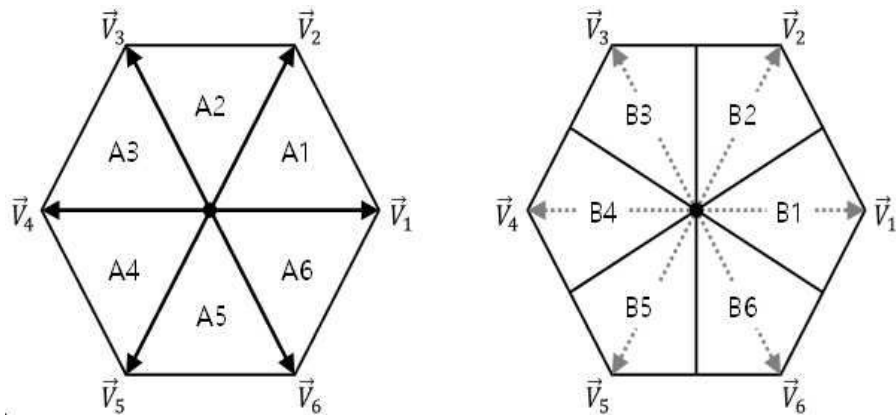


도면2

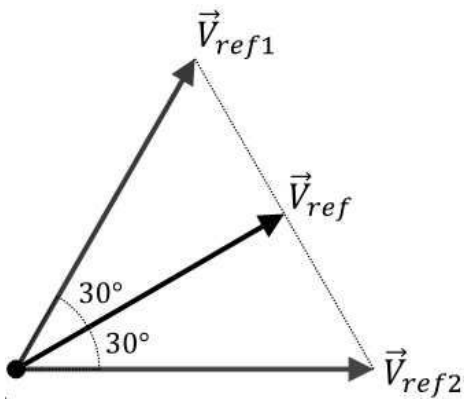
100



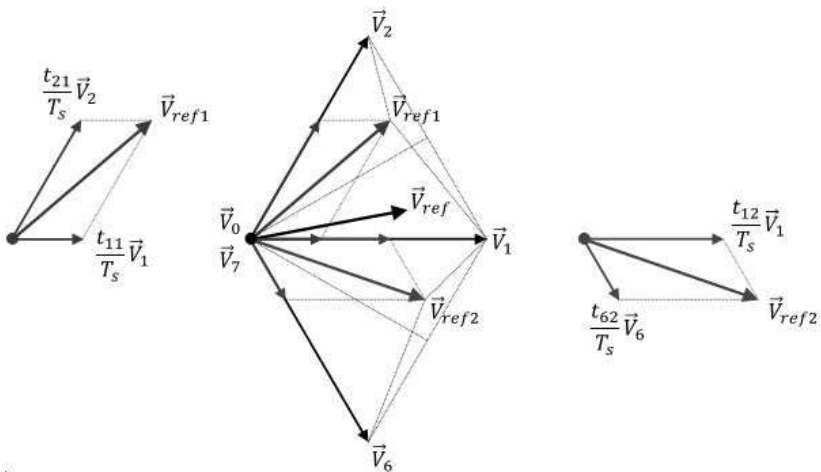
도면3



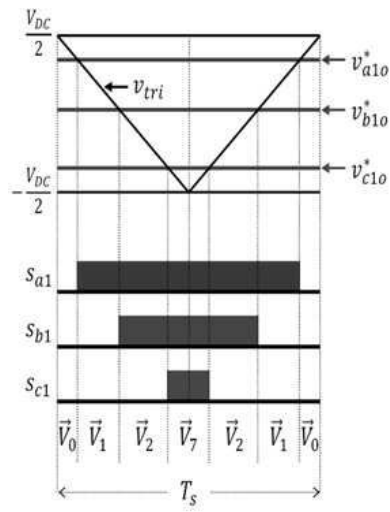
도면4



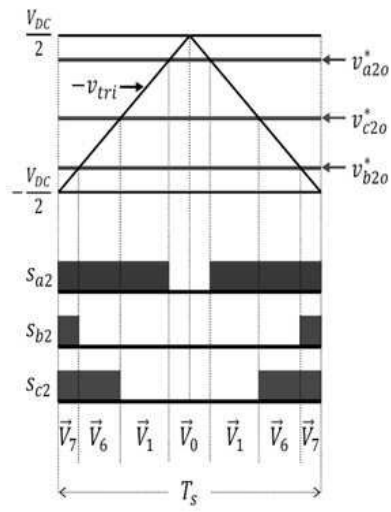
도면5



도면6

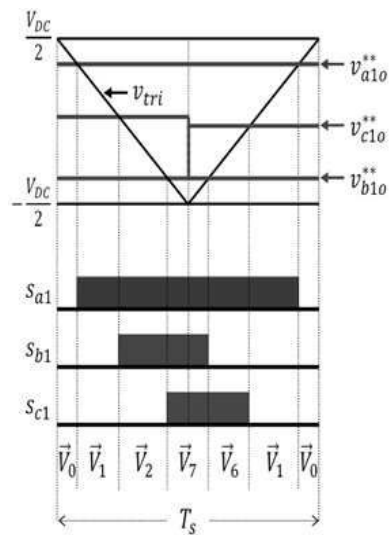


제1 인버터의 스위칭 함수

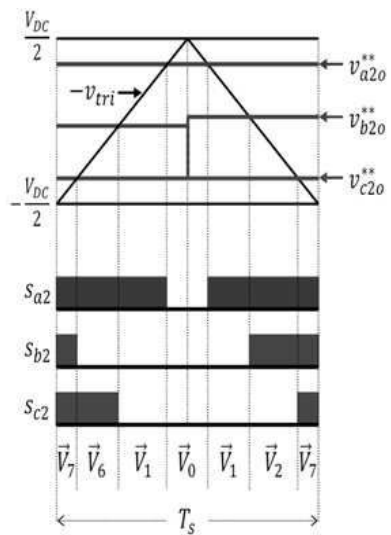


제2 인버터의 스위칭 함수

도면7

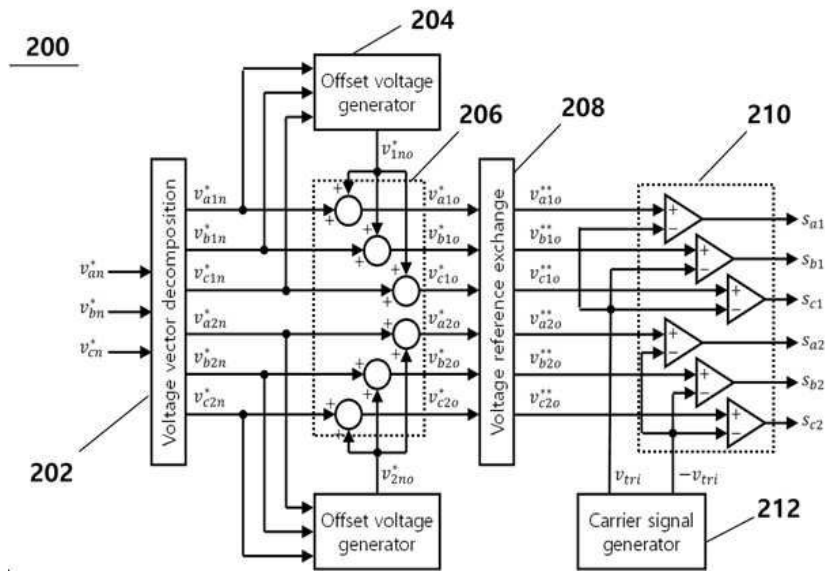


제1 인버터의 스위칭 함수

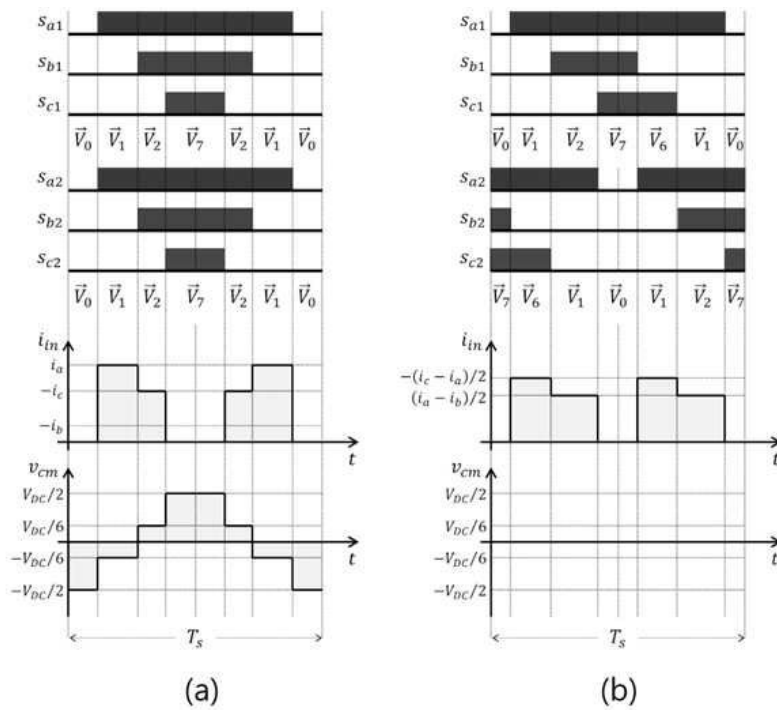


제2 인버터의 스위칭 함수

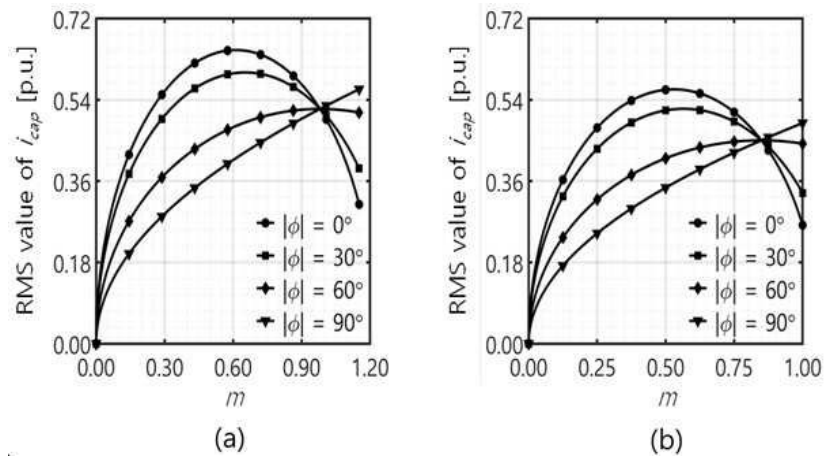
도면8



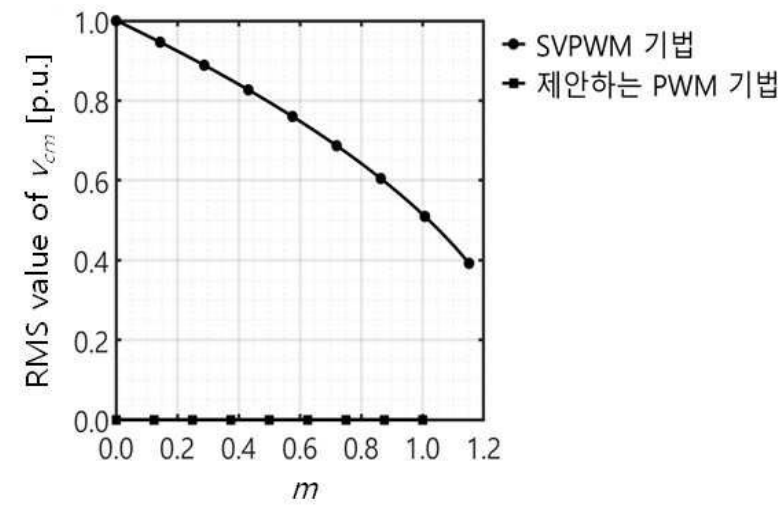
도면9



도면10



도면11



도면12

