

2상 풀브릿지 인버터의 정적 과변조 기법

최승철*, 김영기*, 김상훈**, 김형철***, 목형수*
 건국대학교 전기공학과*, 강원대학교 전기전자공학과**, 다사로봇***

Static Overmodulation Strategies of Two Phase Full Bridge Inverter

Seung-Cheol Choi, Young-Ki Kim, Sang-Hoon Kim, Hyung-Chul Kim, Hyung-Soo Mok
 Konkuk University*, Kangwon University**, Dasarobot***

ABSTRACT

In this paper, the static overmodulation is proposed for the 2-phase full bridge inverter. The overmodulation strategy increases a fundamental output voltage and improves a voltage utilization up to the maximum in the overmodulation range. To maintain a linearity of the relation between a reference voltage and a fundamental output voltage, this paper suggests a compensation voltage, whose magnitude or phase is modified to the proposed control scheme. Simulation and experimentation results demonstrate the effectiveness of the proposed algorithms.

1. 서론

본 논문에서는 2상 풀브릿지 인버터의 정적 과변조 기법을 제안한다. 과변조는 출력 전압의 기본파를 높이고 과변조 영역까지 전압 이용률을 향상시킨다. 2상 풀브릿지 인버터를 대상으로 선형 변조 영역 및 과변조 영역을 정의하고, PWM의 과변조 영역에서 출력 전압을 선형화하여 4-스텝 모드까지 전압 이용률을 높일 수 있는 과변조 기법을 제안한다. 과변조 영역에서 기준전압에 대한 출력전압의 기본파가 선형을 유지하도록 보상전압을 사용한다. 제안한 방법은 SPWM(Sinusoidal PWM)을 기본으로 하고 있으며 2상 정지 좌표계 상에서의 전압 변조 방법에 대한 분석 및 간단한 연산을 통하여 선형 및 과변조 영역 구분없이 과변조 기법을 구현한다. 시뮬레이션 및 실험을 통하여 제안한 방법의 유용성을 확인하였다.^[1]

2. 본론

2.1 2상 풀브릿지 인버터

그림 1과 2는 각각 2상 풀브릿지 인버터의 회로 구조와 전압벡터를 나타낸다. 2상 풀브릿지 인버터는 4개의 스위칭 소자를 가진 단상 풀브릿지 인버터가 병렬로 연결된 구조로 이루어져 있다. 2상 전동기 시스템에 2상 풀브릿지 인버터를 적용할 경우, 기존의 3상에 비하여 DC 링크 전압 이용률을 더 높일 수 있어 고속운전 시스템이나 전압이 낮은 분야에서 경쟁력을 높일 수 있다.^[2]

2상 풀브릿지 인버터의 최대 전압 운전은 4-step 모드로 동작할 때이며, 이 때 전압 변조 지수(MI)는 다음과 같다.^[3]

$$MI = \frac{4V_{dc}}{\pi} \simeq 1.2732V_{dc} \quad (1)$$

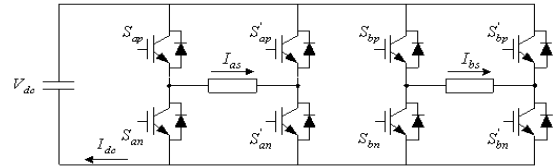


그림 1 2상 풀브릿지 인버터 구조
 Fig. 1 Topology of two phase full bridge inverter

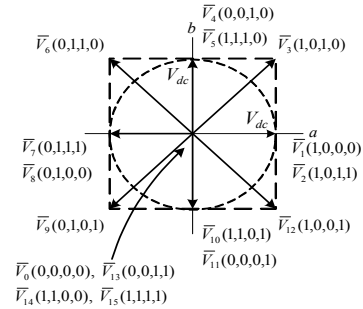


그림 2 2상 풀브릿지 인버터의 전압벡터
 Fig. 2 Voltage vectors of two phase full bridge inverter

2.2 제안한 2상 풀브릿지 인버터의 정적 과변조 기법
 제안한 과변조 기법은 기존의 방법과 같이 2영역으로 나누어 설명하기로 한다.

2.2.1 과변조 모드 1 (0.785 ≤ MI ≤ 0.886)

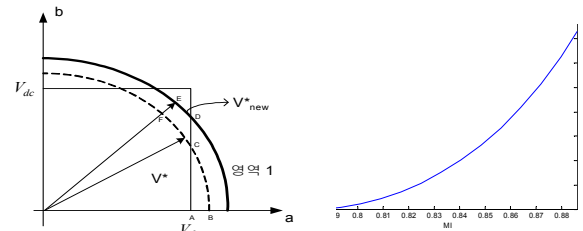


그림 3 영역1에서의 정적 과변조 기법과 보상 전압
 Fig. 3 Overmodulation Mode 1 and Compensation Voltage

그림 3는 과변조 영역 1에서의 제안된 기법을 나타낸다.

그림 3와 같이 정사각형의 변의 중심에서는 V_{dc} 까지 변조할 수 있지만, 꼭지점으로 갈수록 더 큰 전압의 변조가 가능하다. 꼭지점에서 최대 $\sqrt{2} V_{dc}$ 까지 전압을 변조할 수 있다. 이를 이용하여 사각형 밖의 ABC 영역에서 줄어든 전압을 사각형 안의 CDEF 영역에서 보충하여, 출력 전압의 기본파와 한주기 평균값이 지령 전압의 크기와 동일하게 되도록 제어를 한다.

보상전압은 각 지령전압벡터에 대한 출력 전압을 FFT 분석하여 기본파의 크기를 구하면, 원하는 기본파 전압에 해당하는 보상전압을 알 수 있다.^[2]

2.2.2 과변조 모드 2 ($0.886 \leq MI \leq 1$)

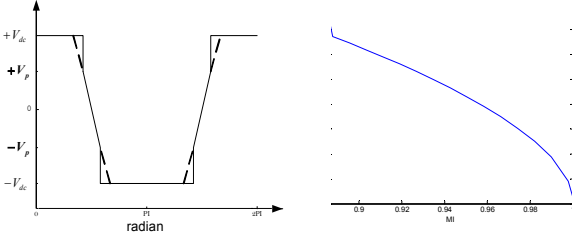


그림 4 영역2에서의 정적 과변조 기법과 보상 전압
Fig. 4 Overmodulation Mode 2 and Compensation Voltage

그림 4은 제안된 영역 2에서의 과변조 기법을 나타낸다.

이 모드는 과변조 모드 1 이상의 영역에서 4스텝 운전까지의 영역이다. 지령 전압 벡터의 크기와 위상을 유지할 수 없고 벡터의 크기와 위상을 모두 조절해야 한다. 지령 전압 벡터가 주어진 경우, 지령전압에 대한 출력 전압의 기본파가 선형을 유지할 수 있도록 연산을 수행하여 보상전압을 인가한다. 보상 전압을 구하는 방법은 영역 1과 같이 각 지령전압벡터에 대한 출력 파형을 FFT 분석하여 기본파의 크기를 구하면, 기본파 전압에 해당하는 보상전압을 알 수 있다.

전압 벡터의 크기와 위상을 조절하는 방법은 극전압의 크기에 좌우대칭으로 직접 $\pm V_{dc}$ 를 인가하는 것이다. 즉, 그림 3와 같이 지령 극전압의 크기가 $+V_p$ 보다 큰 구간에서는 $+V_{dc}$ 를 인가하고 $-V_p$ 보다 작은 구간에서는 $-V_{dc}$ 를 인가하여 지령 극전압을 보상한다.^[4]

그림 5는 변조지수(MI)에 따른 출력전압의 기본파를 나타내었다. 출력전압의 기본파는 4-스텝 모드 경우의 기본파크기 ($\frac{4}{\pi} V_{dc}$)를 1로 환산하였다. 그림에 보듯이 지령 전압과 출력전압의 기본파가 선형을 유지함을 알 수 있다.

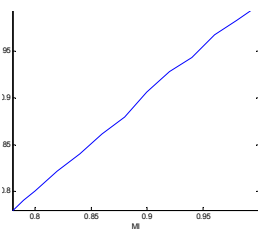


그림 5 변조지수와 출력전압의 기본파 관계
Fig. 5 Modulation Index VS Fundamental Voltage

3. 실험 및 결론

그림 6는 각각 실험을 통하여 과변조 영역 1과 2에서 변조된 상전압을 나타낸다. 지령 전압 벡터 주파수는 10Hz이고 직류단 전압은 48[V]이다.

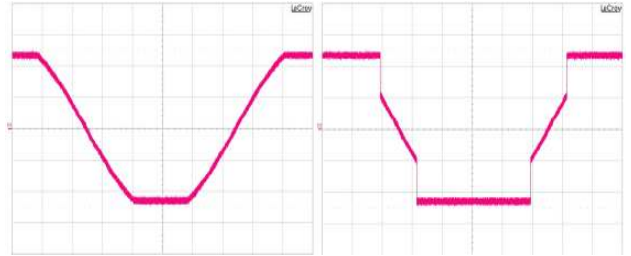


그림 6 과변조 영역 1과 영역 2에서의 실험 결과
Fig. 6 Experiments results of overmodulation region 1 and 2

본 논문은 정상상태에서 선형 제어가 불가능한 영역으로부터 4-스텝 모드 사이의 과변조 영역에서 지령 전압과 출력 전압의 기본파가 선형을 유지하도록 보상 전압을 이용하였다. 즉, 과변조 1영역에서는 지령 벡터와 같은 주파수를 갖는 보상 전압을 인가하여 상전압을 보상하였고, 과변조 2영역에서는 지령 전압과 보상전압을 비교하여 좌우대칭으로 V_{dc} 를 인가하여 상전압을 보상하였다. 제시한 기법은 실험과 시뮬레이션을 통해 지령 전압과 출력 전압의 기본파가 선형 관계를 갖는 것을 확인하였다.

이 논문은 다사로봇의 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다. 이에 깊은 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] 김영기, “오펜 전압을 이용한 2상 폴브릿지 인버터의 과변조 기법” 석사학위논문, 2009. 2.
- [2] 김상훈, “DC 및 AC 모터 제어” 북두출판사
- [3] 조영훈 외, “2상 폴브릿지 인버터의 동적 과변조 기법” 전력전자학회 하계 학술대회 2008
- [4] 한대웅 외, “폴전압을 이용한 SVPWM 인버터의 과변조 기법” 전력전자학회 2001년 추계학술대회논문집, pp. 181~184 2001. 12.
- [5] 최윤영 외, “SVPWM 인버터의 과변조 기법” 전력전자학회 2000년 추계학술대회논문집 pp. 135~138 2000.11.
- [6] 최승철 외, “2상 폴브릿지 인버터의 정적 과변조 기법” 한국철도학회 춘계 학술대회 2010