

오프셋전압입력원리를 이용한 2상 인버터의 PWM 방식과 3상 인버터의 PWM 방식의 비교

장도현

호서대학교 대학원 전기공학과

PWM Control Method for Two-Phase Inverter Using Offset Voltage Inserting Concept Comparing for its Method of three-Phase Inverter.

Jang Do Hyun

Hoseo University

ABSTRACT

본 논문에서는 3상 PWM 오프셋전압방식을 응용하여 2상 인버터에 대한 PWM 제어방식을 확립하였다. 또한 기존의 3상 PWM 인버터 오프셋전압방식과의 최대 전압영역과 비교 분석하였다.

1. 서론

3상 인버터에서의 오프셋 전압 입력 원리(Offset voltage inserting method)를 이용하여 2상전동기에 적용할 수 있는 2 레그 및 3 레그 2상 인버터의 PWM 제어방식을 확립하였다. 또한, 오프셋 전압 입력 원리가 적용되지 않는 4 레그 인버터를 삼각파와 PWM방식을 제안방식과 접목할 수 있도록 하였다. 또한 제안된 통합방식을 이용하여 2 레그, 3 레그 및 4 레그 인버터를 선형적으로 제어할 수 출력 전압의 최대치를 비교하였으며, 기존의 3상 인버터에서의 PWM 방식과도 비교하였다.

기존의 3상 인버터 PWM 방식 및 2 레그, 3 레그, 4 레그 인버터에 연결된 평형 2상 유도전동기를 제안 PWM 방식으로 실행할 때의 출력전압과 출력전류를 모의 실험하였다.

2. 오프셋전압입력원리를 이용한 3상인버터의 PWM 방식

그림 1의 3상 인버터 회로에서 v_{an} , v_{bn} , v_{cn} 을 극전압, v_{as} , v_{bs} , v_{cs} 를 상전압, s와 n이 가상적으로 연결되었다고 가정할 때 v_{sn} 을 오프셋 전압으로 정의한다. 이때 극전압, 상전압 및 오프셋 전압의 관계식은 다음과 같다.

$$V_{an} = V_{as} + V_{sn}, \quad V_{bn} = V_{bs} + V_{sn}, \quad V_{cn} = V_{cs} + V_{sn} \quad (1)$$

오프셋 전압 V_{sn} 은 임의로 선정 가능하며 이 값에 따라 다양한 전압 변조 방식이 구현될 수 있다. 상전압 지령치의 최대치, 최소치를 다음과 같이 정의하면,

$$V_{\max}^* = \max(V_{as}^*, V_{bs}^*, V_{cs}^*), \quad V_{\min}^* = \min(V_{as}^*, V_{bs}^*, V_{cs}^*) \quad (2)$$

오프셋전압의 관계식은 다음과 같다.

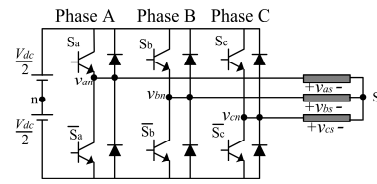


그림 1 3상 인버터의 구조

Fig.1 Configuration of three-phase inverter.

$$V_{sn} = -(V_{\max}^* + V_{\min}^*)/2 \quad (2)$$

이러한 오프셋전압이 3상 PWM인버터에 적용될 경우 기존의 3상인버터에 적용되는 공간전압 PWM(SVPWM)방식과 같은 특성을 가진다. 오프셋전압 3상 PWM 방식(이하, SVPWM방식)으로 구현할 때 최대 전압은 $V_{dc}/\sqrt{3}$ 이며, 최대 MI (= 전압 변조 지수)는 다음과 같다.

$$MI = \frac{|V_{Apeak}|}{V_{dc}/2} = \frac{V_{dc}/\sqrt{3}}{V_{dc}/2} = 1.155 \quad (3)$$

3. 오프셋전압입력원리를 이용한 2상 인버터

2상 인버터는 2 레그, 3 레그 및 4 레그 형태로 분류할 수 있다. 본 논문에서 각 레그 방식의 2상 PWM 인버터를 오프셋전압방식으로 통합하였다. 기본적으로 출력 전압과 연결되는 2상 전동기의 상전압의 위상차는 90°라고 가정한다. 그림 2는 3 레그 인버터로서, 두 개의 레그는 각 상의 전압을 제어하고, 하나의 레그는 n과 s사이의 오프셋 전압을 제어한다.

그림 2의 3 레그 3상 인버터 회로에서 극전압, 상전압 및 오프셋 전압의 관계식은 다음과 같다.

$$V_{an} = V_{as} + V_{sn}, \quad V_{bn} = V_{bs} + V_{sn} \quad (4)$$

상전압 지령치의 최대치, 최소치 및 오프셋전압은 다음과 같다.

$$V_{\max}^* = \max(V_{as}^*, V_{bs}^*, 0), \quad V_{\min}^* = \min(V_{as}^*, V_{bs}^*, 0) \quad (5)$$

$$V_{sn} = -(V_{\max}^* + V_{\min}^*)/2 \quad (6)$$

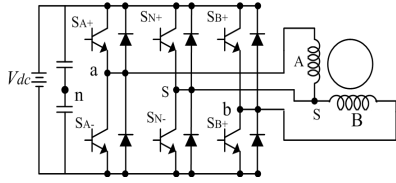


그림 2 2상 유도전동기를 위한 3 레그 인버터 시스템
Fig. 2 3 leg inverter for 2 phase induction motor drives.

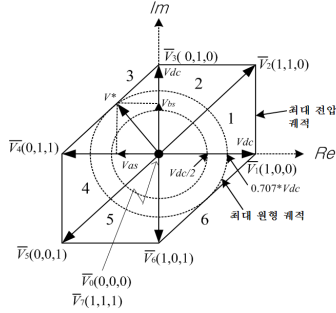


그림 3 3-레그 2상 인버터의 출력전압벡터
Fig.3 Output voltage vector for 3-leg 2-phase inverter.

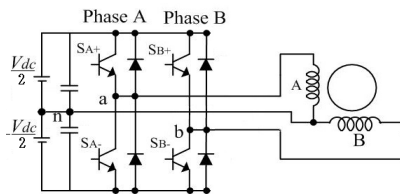


그림 4 2상 유도 전동기를 위한 2-레그 인버터 시스템
Fig.4 2-leg inverter for 2-phase induction motor drives.

그림 3의 3 레그 인버터에서 최대 전압제어 영역은 6각형을 내접하는 원의 반지름의 최대 크기로서 $V_{dc}/\sqrt{2}$ 이다. 그림 4는 2 레그 2상 인버터로서 식(4)의 육상전압은 zero 값이므로, 최대 전압 제어영역은 $V_{dc}/2$ (MI=1)이다. 따라서 3 레그 2상 인버터의 최대 전압 제어영역은 $V_{dc}/\sqrt{2}$ 로서 최대 MI는 1.414가 된다. (※ 4 레그 2상 인버터의 특성은 지면상 생략함.)

그림 5는 2 레그, 3 레그 및 4 레그 인버터의 전압제어영역을 비교한 것이다. 2 레그 인버터의 MI를 1이라고 할 때, 3 레그 인버터의 MI는 1.414이며, 4 레그 인버터의 MI는 2가 된다. 즉 레그 수가 많아질수록 최대 MI가 커지는 것을 알 수 있다.

4. 2-레그, 3-레그, 4-레그 2상 인버터 및 3상 인버터에서 전압 제어영역의 비교

3상 인버터를 PWM 방식으로 구현할 때 최대 전압 제어 영역은 $0.5 V_{dc}$ (MI=1)이며, 육상전압 원리로 구현할 때 최대 전압 제어 영역은 그림 6과 같이 $0.5775 V_{dc}$ (MI=1.155)이다. 따라서, 전력 스위치 수가 같은 3상 인버터의 최대 전압 제어 영역과 3 레그 2상 인버터의 최대 전압 제어 영역의 비는,

$$R_{2-3} = \frac{1.414}{1.155} = 1.224$$

(7)

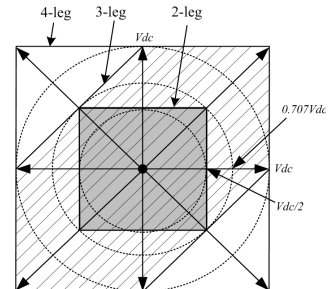


그림 5 2 레그, 3 레그, 및 4 레그 인버터의 최대 MI의 비교
Fig.5 Comparison to maximum MI of two leg, three leg and four leg inverter.

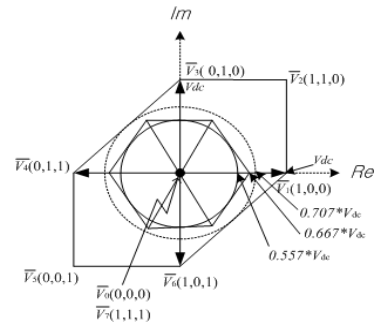


그림 6 2 레그, 3 레그 및 4 레그 인버터의 최대 MI의 비교
Fig.19 Comparison to maximum MI of three leg and three phase inverter.

따라서, 최대 MI가 1.414인 3 레그 2상 인버터는 최대 MI가 1.155인 3상 인버터에 비해 22.4%가 크다는 것을 알 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 3상 인버터에서의 육상전압 입력 원리를 이용하여 단순화된 2 레그 및 3 레그 2상 인버터의 PWM 제어방식을 확립하였다. 또한 제안된 3 레그 2상 인버터 방식의 최대 MI가 3상인버터의 MI보다 22.4 % 크다는 것을 보여주었다. 기존의 3상 인버터 PWM 방식 및 2상 인버터에 연결된 평형 2상 유도전동기를 제안 PWM 방식으로 실행할 때의 출력전압과 출력전류를 모의 실험하였으나 지면상 생략하였다.

참고 문헌

- [1] M. B. R. Correa, and etc., "Three leg voltage source inverterfor two phase ac motor drivesystem", *IEEE Trans. on Power Electronics*, vol.9, no.4, pp.377-383,
- [2] A. M,A.Jabbar, and etc., "Space vector modulation in a two phase induction motor drive for constant power operation," *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, vol.51, no.5, pp.1081-1088, 2004
- [3] F.Blaabjerg, and etc., "A new optimized space vector modulation strategy for a component minimized voltage source inverter," *IEEE on Power Electronics*, vol.12,