

오펜전압방식을 이용한 3-레그 2상 인버터용 공간벡터 PWM 제어방식

박성광, 장도현
호서대학교 대학원 전기공학과

SVPWM Control Method for Two-Phase Induction Motor Fed Three-Leg Two-Phase Inverter

Seong Kwang Park, Do Hyun Jang
Hoseo University

ABSTRACT

본 논문에서는 2상 유도전동기의 가변속장치인 3 레그 2상 인버터의 PWM 방식을 공간벡터제어 방식으로 제안하였다. 기존의 3 레그 인버터의 PWM방식은 전형적인 SVPWM 방식을 적용하여 PWM 방식이 복잡하다. 본 논문에서는 3상 PWM 오펜전압방식을 응용하여 2상 인버터에 적용하여 기존의 공간벡터(space vector) PWM(SVPWM) 방식방식을 단순화 시킨 것이다. 제안된 3 레그 인버터의 PWM방식에 대한 타당성을 확인하기 위해 모의 실험과 실험이 실행되었다.

스위칭 소자로 구성되어있다. 여기서 레그 a s와 b s는 각 상의 전압을 제어하고, 나머지 하나의 레그는 n과 s사이의 오펜 전압을 제어한다.

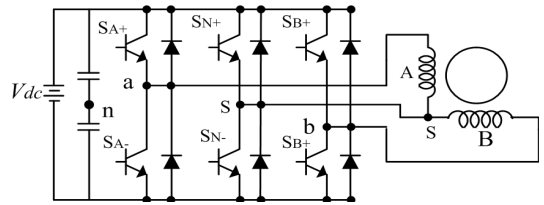


그림 1. 2상 유도전동기를 위한 3-레그 2상 인버터 시스템

1. 서론

최근 교류 전동기에 대한 연구 분야에서는 3상 유도전동기의 제어에 관한 연구보다는 단상 유도전동기를 사용하는 가전 기기들이 많아짐에 따라 단상 유도 전동기에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

단상 유도전동기를 인버터로 구동하여 속도 제어의 범위를 넓히고 복잡한 3상 교류 전동기 구동방식을 대체하여 구상할 수 있다^[1]. 단상 유도 전동기는 이론적으로 2상 유도전동기로 볼 수 있으며, 자체 기동 토크를 발생 할 수 없기 때문에 기동 토크를 발생시키기 위해서 보조권선과 주권선을 전기각으로 90°의 위상차가 나도록 감는 커패시터 기동형을 일반적으로 사용한다.

2상 유도전동기의 구동을 위한 2상 인버터에 대한 연구는 소자의 수가 적은 2 레그 인버터가 주종을 이루고 있으나, 최근에는 전원의 중성점이 요구되지 않고 출력전류의 리플이 감소되는 3 레그 2상 인버터에 대한 연구가 진행되고 있다^[2,3].

본 논문에서는 오펜전압 주입원리를 이용하는 3 레그 2상 인버터를 공간벡터 PWM(SVPWM) 방식을 제안하여 기존의 벡터 계산 방식의 SVPWM을 단순화하여 2상 출력전압을 구현하였다.

2 3-레그 2상 인버터의 출력 전압벡터

3 레그 2상 인버터의는 아래 그림 1과 같으며, 입력측에는 직류 전원, 출력측에는 2상 유도전동기가 연결되어 있고, 6개의

6개의 스위칭 상태에 따라 표 1과 같이 8개의 스위칭 상태가 존재한다.

표 1 3-레그 2상 인버터의 스위칭 상태와 벡터

SA+	SB+	SN+	Vector	V _{as}	V _{bs}
0	0	0	V ₀ = 0	0	0
1	0	0	V ₁ = V _{dc}	V _{dc}	0
1	1	0	V ₂ = √2 V _{dc} e ^{jπ/4}	V _{dc}	V _{dc}
0	1	0	V ₃ = V _{dc} e ^{jπ/2}	0	V _{dc}
0	1	1	V ₄ = V _{dc} e ^{jπ}	V _{dc}	0
0	0	1	V ₅ = √2 V _{dc} e ^{j5π/4}	V _{dc}	V _{dc}
1	0	1	V ₆ = V _{dc} e ^{j3π/2}	0	V _{dc}
1	1	1	V ₇ = 0	0	0

이러한 스위칭 상태는 그림 2(a)와 같이 6개의 유효한 전압 벡터와 두 개의 영 벡터로 되어있는 8개의 출력 전압 벡터로 정의 할 수 있다. 6개의 출력 전압 중에서 4개의 출력 전압 V₁, V₃, V₄, V₆은 크기는 V_{dc} 이며, 나머지 V₂, V₅의 크기는 √2 V_{dc}이다.

그림 2는 2 레그, 3 레그 인버터의 전압제어영역을 비교한 것이다. 2 레그 인버터의 최대 전압 변조지수 MI를 1이라고 할 때, 3 레그 인버터의 MI는 다음과 같다.

$$MI = \frac{|V_{Apeak}|}{V_{dc}/2} = \frac{\sqrt{2} V_{dc}/2}{V_{dc}/2} = 1.414 \quad (1)$$

최대 MI가 1인 2 레그 인버터에 비해 3 레그 인버터는 MI 지수가 41.4% 더 증가함을 알 수 있다.

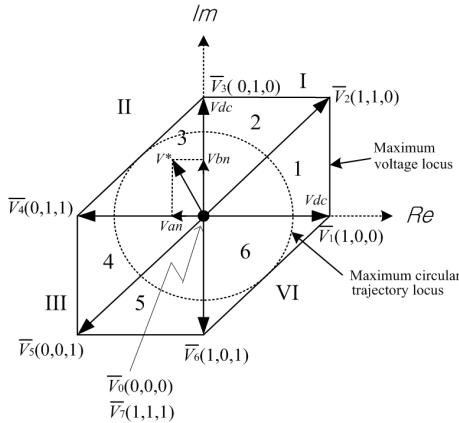


그림 2 3-레그 2상 인버터의 출력전압벡터

3 2상 공간벡터 PWM 제어방식

본 논문에서 제시된 3 레그 2상 인버터의 공간벡터 PWM 방식은 오프셋전압(Offset voltage) 방식에 의한 3상 인버터 인버터의 공간벡터 PWM 방식을 이용하였다. 이 기법은 오프셋 전압 V_{sn} 이란 개념을 이용하여 그림 3과 같이 기존에 알려진 여러 전압변조방식들을 삼각파 비교방식으로 구현할 수 있다.

그림 1에서 보이는 3 레그 인버터에서 극전압 V_{ds} , V_{qs} 상전압 V_{an} , V_{bn} , 오프셋전압 V_{sn} 과의 관계식은 다음과 같다.

$$V_{an} = V_{ds} + V_{sn} \quad (2)$$

$$V_{bn} = V_{qs} + V_{sn} \quad (3)$$

2상의 극전압 지령치는 다음과 같은 조건을 만족한다.

$$-V_{dc}/2 \leq V_{an}, V_{bn} \leq V_{dc}/2 \quad (4)$$

오프셋 전압의 범위는

$$-V_{dc}/2 - V_{min}^* \leq V_{sn} \leq V_{dc}/2 - V_{max}^* \quad (5)$$

위의 식으로부터 오프셋 전압은 다음과 같다.

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

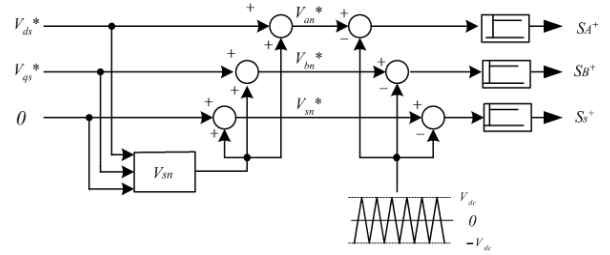


그림 3 오프셋전압을 이용한 3-레그 2상 인버터의 공간벡터.

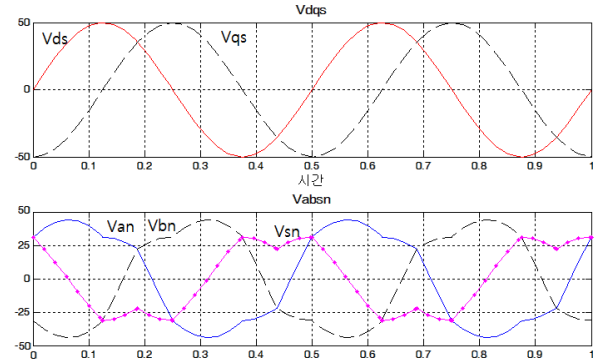


그림 4 상전압 V_{ds} , V_{qs} 에 대한 오프셋 전압 파형 V_{sn} 과 극전압 V_{an} , V_{bn} 및 상전압 V_{ds} , V_{qs} 파형 ($V_{dc}/2 = 50V$, 상전압 최대값 = 50 V)

그림 4는 상전압 V_{ds} , V_{qs} 에 대한 오프셋 전압 파형 V_{sn} 과 극전압 V_{an} , V_{bn} 및 상전압 V_{ds} , V_{qs} 파형을 보여주고 있다. 상전압의 최대값은 50V이며 위상차는 90°이다. 2 레그 인버터의 입력전압 $V_{dc}/2$ 을 50V로 가정하였다. 오프셋전압을 상전압에 투입함으로써 극전압 파형은 왜곡 현상이 발생하지만 2 레그 인버터에 비해 출력 전압 영역을 확대시킬 수 있다.

4 실험

본 논문에서 제안한 PWM 방식은 소형 2상 유도전동기를 3 레그 인버터에 연결하여 수행하였다. 입력전압을 200 [V]로, 부하저항을 3.87 [Ω], 인덕터를 0.0057 [mH]로 하여 본 논문에서 제안한 3 레그 2상 인버터의 SVPWM방식을 실험을 수행하였다. 제어기로서는 DSP TMS320F28335를 이용하였다.

그림 5은 2상 유도전동기의 A, B상에 인가되는 3 레벨 PWM 출력전압이며, 두 상은 90°의 위상차를 보여주고 있음을 알 수 있다.

그림 6는 A상 출력 전압(1번째), A상과 B상의 전류(각 2번째, 3번째) 및 중성선 출력 전류(4번째)를 나타내고 있다. A상, B상 전류가 일정한 위상차를 이루고 있으며, 중성선 전류의 실효치는 A, B상 전류의 실효치 보다 오히려 큰 것을 보여주고 있다. 그러나, 데드 타임 등의 영향으로 출력전류에서 왜곡이 발생한다.

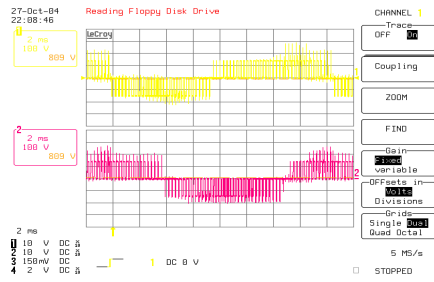


그림 5. 실험시 3-레그 2상 인버터의 출력전압(MI=1.414)

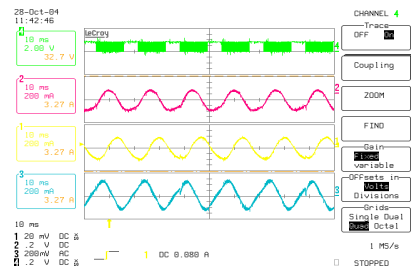


그림 6. 실험시 3-레그 2상 인버터의 기본 스위칭 신호, 2상 전류, 및 중성선 출력 전류

5. 결론

본 논문에서는 2상 유도전동기를 구동시키기 위한 장치 중 하나인 3 레그 인버터를 3상 PWM 육상전압방식을 응용하여 2상 인버터에 적용하여 기존의SVPWM 방식방식을 단순화 시킨 것이다. 제안된 3 레그 인버터의 PWM방식에 대한 타당성을 확인하기 위해 실험을 실행한 결과, 모의실험과 거의 일치됨을 보여주고 있다.

이 논문은 (주)SyncWorks의 연구비 지원에 의하여 연구되었습

참 고 문 헌

- [1] 장도현, 조영훈, “2상 유도전동기 구동 2상 인버터의 벡터 제어”, 전력전자학회, vol.12 no.4, pp.310, 2007.
- [2] M. B. R. Correa, C. B. Jacobina, A. M. N. Lima, and E. R. C. da Silva, “Three leg voltage source inverterfor two phase ac motor drivesystem”, *IEEE Trans. on Power Electronics*, vol.9, no.4, pp.377 383,
- [3] A. M.A.Jabbar, A.M Khambadkoneand and Z. Yangfeng “Space vector modulation in a two phase induction motor drive for constant power operation,” *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, vol.51, no5, pp.1081 1088, 2004