

## 2상 유도전동기 구동 2상 인버터를 위한 새로운 PWM제어방식 II - 3-레그 타입의 경우 -

張 都 鉉<sup>†</sup>

### A Novel PWM Method for Three-Leg Two-Phase Inverter Fed Two-Phase Induction Motor

Do-Hyun Jang

#### 요 약

본 논문에서는 3-레그 2상 인버터의 새로운 PWM방식을 제안하였다. 기존의 3-레그 인버터의 PWM방식은 전형적인 SVPWM 방식을 적용하여 PWM 방식이 복잡하다. 3-레그 2상 인버터를 “중성점이 있는 4-레그 인버터”의 등가회로라고 할 때 3-레그 인버터에서 형성되는 6개의 섹터는 4개의 섹터로 축소되며, 각 영역에서는 SVPWM 방식 대신 단순화된 정현파형 PWM방식을 적용할 수 있다. 각 레그의 스위치마다 스위칭 시간을 계산하는 스위칭 패턴을 제시하였다. 제안된 3-레그 인버터의 PWM방식에 대한 타당성을 확인하기 위해 모의 실험과 실험이 실행되었다.

#### ABSTRACT

It is complex to realize the reference voltage vector by the space vector PWM method in three-leg two-phase inverter. In this paper a new PWM technique for three-leg two-phase inverter fed two-phase induction motor is proposed assuming that three-leg two-phase inverter is equivalent circuit for “four-leg two-phase inverter with the connected two windings”. From assumption, six sectors are decreased to four sectors, and simple sinusoidal PWM method instead of SVPWM is applied to three-leg two-phase inverter. Also, the switching pattern to determine the switching periods at each sector is proposed. Practical verification of theoretical predictions is presented to confirm the capabilities of the new techniques.

**Key Words** : three-leg two-phase inverter, two-phase induction motor drives, switching pattern, sinusoidal PWM method

#### 1. 서 론

2상 유도전동기의 구동을 위한 2상 인버터에 대한 연구는 소자의 수가 적은 2-레그 2상 인버터(2-레그 인버터)가 주종을 이루고 있으나, 최근에는 전원의 중

성점이 요구되지 않는 3-레그 2상 인버터에 대한 연구 결과들이 발표되기 시작하였다<sup>[1-3]</sup>. 3-레그 2상 인버터(3-레그 인버터)는 2-레그인버터에 비해 전원에 중성점이 없으며, 출력전류의 리플이 감소되는 등의 장점이 있으나, 6개의 전 압벡터로 이루어진 영역이 다른 형태의 모양을 가지므로 PWM기술을 구현하기가 쉽지 않다. Broeck가 제시한 3상 인버터용 공간전압벡터 PWM (Space Vector PWM : SVPWM) 방식<sup>[4]</sup>을 3-레그 인버터에 적용한 제안 방식이 제시되었으나 각

<sup>†</sup>교신저자 : 정회원, 호서대 전기정보공학부 교수

E-mail : jangdh@office.hoseo.ac.kr

접수일자 : 2005. 1. 18 1차 심사 : 2005. 2. 28

2차 심사 : 2005. 4. 11 심사완료 : 2005. 6. 16

섹터마다 전압벡터를 수행하는 스위칭 계산식이 복잡하고, PWM파형의 변조 방식이 아직 표준화되지 않았다<sup>[1, 2]</sup>.

본 논문에서는 3-레그 인버터의 새로운 PWM방식을 제안하였다. 3-레그 인버터의 구조를 “중성점이 있는 4-레그 2상 인버터(4-레그 인버터)”의 등가회로라고 할 때 6개의 전압제어영역은 4개로 축소되며, 각 영역에서는 SVPWM 방식 대신 단순화된 정현파형 PWM방식을 적용할 수 있다. 이에 따라 각각의 영역에서 각 샘플링 시간(sampling time) 동안의 스위칭 시간의 계산식을 유도하기 위한 스위칭 패턴을 제안하였다. 끝으로, 제안된 3-레그 인버터의 PWM방식에 대한 타당성을 확인하기 위해 Psim에 의해 모의 실험과 DSP2407에 의해 실험을 실행하고 비교하였다.

## 2. 3-레그 인버터의 출력 전압벡터

3-레그 인버터의 구조는 그림 1과 같이 한 개의 직류전원과 6개의 스위칭 소자로 구성되어 있다. 여기서 2개의 레그는 각 상의 전압을 제어하며 나머지 한 개의 레그는 입력전압의 중성점 n과 A상, B상 권선의 중성점 s사이의 윗셋 전압  $V_{sn}$ 을 제어하는 구조이다. 3-레그 인버터가 2상 유도전동기에 연결된다고 가정할 때 상전압( $V_{as}, V_{bs}$ )과 출력 전압( $V_{an}, V_{bn}$ )과의 관계식은 다음과 같다.

$$V_{an} = V_{as} + V_{sn} \quad (1)$$

$$V_{bn} = V_{bs} + V_{sn} \quad (2)$$

이러한 3-레그 인버터의 윗셋 전압은 3상 인버터와는 달리 중성점 s가 연결된 레그의 2개의 스위치에 의해 제어할 수 있다.

3-레그 인버터의 6개의 스위치의 턴온 또는 턴오프에 따라 표 1과 같이 8개의 스위칭 상태(switching state)가 존재한다. 이러한 스위칭 상태는 그림 2(a)와 같이 8개의 출력 전압 벡터로 나타낼 수 있으며, 이 중에서 6개는 유효한 전압 벡터가 되며 나머지 두 개는 영 벡터가 된다. 이 때 위상이 0인 기본 전압벡터의 위상은 그림 1 또는 그림 2(b)와 같이 A상, B상 권선의 극성이 서로 반대 방향으로 배치되어 있음을 고려하였다. 6개의 전압 벡터 중에서 4개의 전압 벡터의 크기는  $V_{dc}$  이며, 2개의 전압 벡터의 크기는  $\sqrt{2}V_{dc}$ 이다. 그림 2(b)는 3-레그 인버터와 2-레그, 4-레그 인버터의 전압제어영역을 비교한 것이다.

표 1 3-레그 인버터의 스위칭 상태와 벡터  
Table 1 Switching states and vectors in three-leg two-phase inverter

$S_{A+}$	$S_{B+}$	$S_{N+}$	Vector	$V_{as}$	$V_{bs}$
1	1	1	$V_0 = 0$	0	0
0	1	1	$V_1 = V_{dc}$	$V_{dc}$	0
0	0	1	$V_2 = \sqrt{2}V_{dc}e^{j\pi/4}$	$V_{dc}$	$V_{dc}$
1	0	1	$V_3 = V_{dc}e^{j\pi/2}$	0	$V_{dc}$
1	0	0	$V_4 = V_{dc}e^{j\pi}$	$-V_{dc}$	0
1	1	0	$V_5 = \sqrt{2}V_{dc}e^{j3\pi/4}$	$-V_{dc}$	$-V_{dc}$
0	1	0	$V_6 = V_{dc}e^{j3\pi/2}$	0	$-V_{dc}$
0	0	0	$V_7 = 0$	0	0

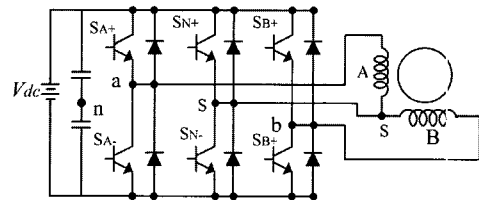


그림 1 2상 유도전동기를 위한 3-레그 인버터 시스템  
Fig. 1 Three-leg inverter for two-phase induction motor drives

2-레그 인버터의 최대전압 변조지수(Modulation Index : MI)를 1이라고 할 때, 3-레그 인버터의 MI는 다음과 같다.

$$MI = \frac{|V_A|_{peak}}{V_{dc}/2} = \frac{\sqrt{2}V_{dc}/2}{V_{dc}/2} = 1.414 \quad (3)$$

3-레그 2상 인버터의 MI는 최대 MI가 1인 2-레그 2상 인버터에 비해 41.4%가 증가함을 알 수 있다. 그러나, 최대 MI가 2인 4-레그 2상 인버터에 비해 70.7%로 감소한다.

## 3. 삼각파 PWM 제어방식

### 3.1 등가회로

본 논문에서 제안하는 3-레그 인버터의 삼각파 PWM (sinusoidal PWM : SPWM) 방식은 “윗셋전압의 원리”를 채택하는 대신 4-레그 인버터의 PWM 방식을 채택하고 응용하였다. 그림 3은 “중성점이 있는 4-레그 인버터”와 이에 대한 등가회로인 3-레그 인버터

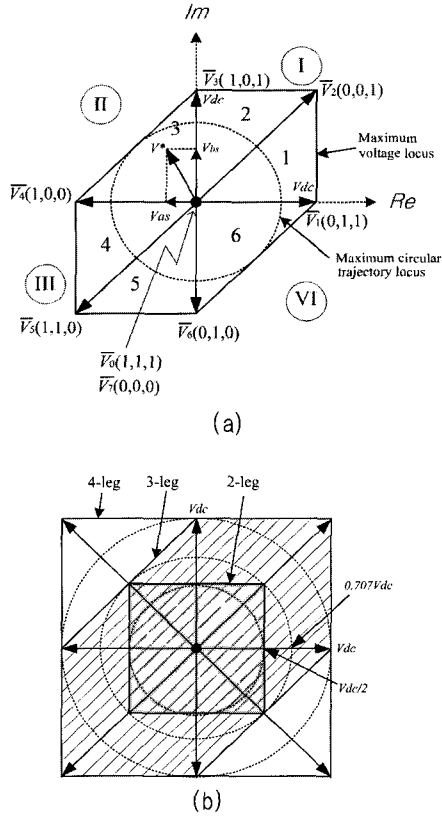


그림 2 3-레그 인버터의 (a) 출력전압벡터 (b) 2-레그, 4-레그 인버터와의 비교  
 Fig. 2 (a) Output voltage vector for three-leg two-phase inverter (b) Comparison to two-leg and four-leg inverter

를 보여주고 있다. 그림 3(a)는 두 개의 단상 전 브릿지 인버터(single phase full bridge inverter)로 구성된 4-레그 인버터내에서 두 개의 상권선을 연결한 구조이다. 스위치 4개가 직병렬로 연결된 두 개의 레그는 하나의 레그로 축소할 수 있다. 따라서, 그림 3(a)는 그림 3(b)의 3-레그 인버터와 같은 등가회로가 된다.

그림 3(a)를 고려할 때 그림 3(b)의 3-레그 인버터를 구동시  $T_s$  동안 레그-N의 상하위 스위치의 단락을 피한다면 3-레그 인버터를 4-레그 인버터의 특성을 가질 수 있다. 그림 2(b)의 전압 제어영역에서 1상한 및 3 상한에서는 모든 샘플링 시간  $T_s$  동안 레그-N의 단락을 피할 수 있으므로 3-레그 인버터는 4-레그 인버터와 같이  $MI$ 가 2일 때까지 제어할 수 있다. 2상한 및 4 상한에서는  $T_s$  동안에서 레그-N의 단락을 피할 수 있는 시간은 한계가 있으며, 그 한계는  $MI$ 가 1.414 일 때까지 가능하다. 이러한 3-레그 인버터의 해석방

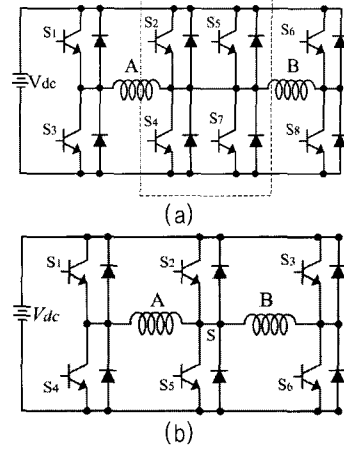


그림 3 등가회로 (a) 중성점이 있는 4-레그 인버터 (b) 3-레그 인버터  
 Fig. 3 Equivalent circuit (a) four-leg inverter with neutral point (b) three-leg inverter

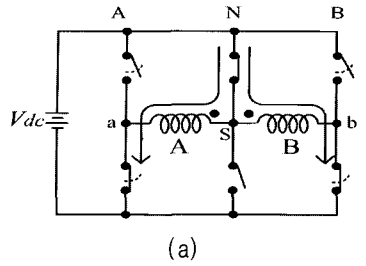
식에서 레그-N은 그림 3(a)와 같이 2개의 단상 전 브릿지 인버터중에서 좌 또는 우의 레그로 작용한다.

### 3.2 스위칭 패턴

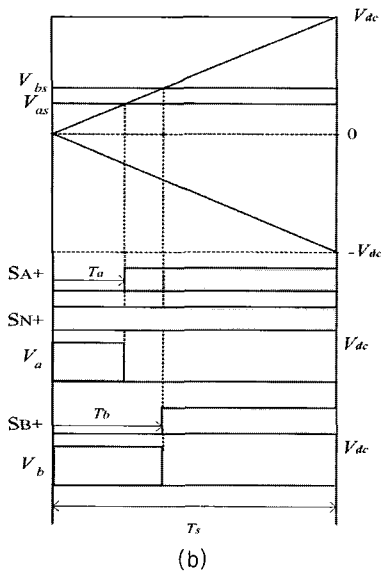
그림 2(a)에서 기존의 3-레그 인버터는 섹터 6개로 이루어져 있다. 섹터 1, 2, 4, 5의 삼각형 형태와 섹터 3, 6의 사각형 형태의 두 가지로 나누어져 있고, 형태에 따라 출력 전압 벡터가 다른 특징이 있다. 본 논문에서 4-레그 인버터를 기본으로 하므로 6개의 섹터가 아닌 각 전압 벡터의 위상차가  $90^\circ$ 인 4개의 섹터(I, II, III, IV)를 기준으로 하였다. 이를 토대로 각 레그별  $T_s$  동안의 스위칭 시간을 계산하기 위해 각 섹터의 스위칭 회로와 스위칭 패턴을 제안하였다. 이러한 스위칭 패턴의 기본적인 캐리어 파형은 샘플링 시간  $T_s$  동안 0에서  $V_{dc}$ 까지의 범위에서는 증가선으로, 0에서  $-V_{dc}$ 까지의 범위에서 감소선으로 배치하였다. 따라서,  $2 \cdot T_s$  동안 입력 신호가 대칭성이 있다고 가정할 때 캐리어 파형은 상하 두 개의 삼각파로 이루어졌다고 할 수 있다.

#### 3.2.1 섹터 I

섹터 I은 그림 2(a)에서 3-레그 인버터의 출력전압 벡터 중에서 A상 전압  $V_{as}$  및 B상 전압  $V_{bs}$ 가 영보다 크며, 가로, 세로의 크기가  $V_{dc}$ 인 정사각형을 이루는 영역이다. 그림 4(a)는 섹터 I 내에서 형성되는 스위칭 회로이며, 그림 4(b)는 각 상의 스위칭 시간을 SPWM 방식으로 결정하는 스위칭 패턴이다.  $T_s$  동안 레그-A,



(a)



(b)

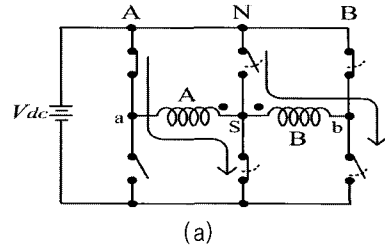
그림 4 섹터 I에서 (a)스위칭 회로 (b) 스위칭 시간의 결정

Fig. 4 (a) Switching circuit (b) Determination of switching period at sector I

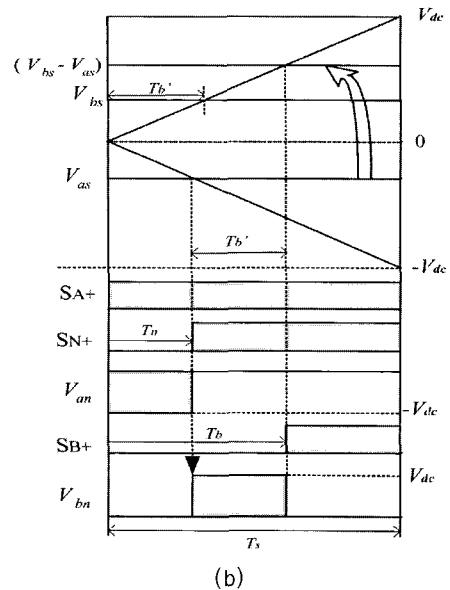
레그-B의 상위 스위치의 OFF시간은상전압  $V_{as}$ ,  $V_{bs}$ 에 의해 결정할 수 있다. 레그-N의 상위 스위치는 샘플링 시간  $T_s$  내에서 ON상태를 유지하며, 계산된 OFF시간에 따라 A, B상의 스위치를 적절하게 조정해야 한다.

섹터 I에서 사용 가능한 전압벡터는  $V_1, V_2, V_3$  및 영벡터  $V_0, V_7$ 가 있으나 제안된 섹터 I의 영역에서는 전압벡터는  $V_1, V_7$ 를 배제하고  $V_2(0,0,1) \rightarrow V_3(1,0,1) \rightarrow V_0(1,1,1) \rightarrow V_3(1,0,1) \rightarrow V_2(0,0,1)$ 의 순서로서 수행하며, 이것은  $T_s$ 동안 스위칭 변환이 한 번만 허용되는 DSP 2407의 특성을 고려한 것이다. 섹터 I에서 각 레그 상위 스위치의 OFF 시간을 수식적으로 표현하면 다음과 같다.

$$T_a = \frac{V_{as}}{V_{dc}} T_s \quad T_b = \frac{V_{bs}}{V_{dc}} T_s \quad T_n = 0 \quad (4)$$



(a)



(b)

그림 5 섹터 II에서 (a)스위칭 회로 (b)스위칭 시간의 결정

Fig. 5 (a) Switching circuit (b) Determination of switching period at sector II

### 3.2.2 섹터 II

섹터 II는  $V_{as}$ 는 영보다 작고,  $V_{bs}$ 는 영보다 크며 그 형태가 직각 이등변 삼각형으로서 최고 출력 전압 벡터의 크기가  $0.707 * V_{dc}$ 이다. 그림 5(a)은 섹터 II내에서 형성되는 스위칭 회로이며, 그림 5(b)는 섹터 II내에서 기본 전압 벡터를 구현하기 위한 스위칭 패턴으로서, 역전압  $V_a$ 가 수행된 후 정전압  $V_b$ 가 수행되는 과정을 보여준다.

레그-A의 상위 스위치는  $T_s$ 내에서 항상 ON상태를 유지하여야 하고  $V_{as}$ 가 영보다 작은 값을 유지하기 위해서 레그-N의 스위치는 먼저  $V_{as}$ 에 의해 OFF시간을 조정해야 한다. 또한 레그-B의 상위스위치의 OFF 시간은 역전압의  $V_{as}$ 이  $T_a$  기간 동안 구현된 직후  $(T_s - T_a)$ 의 기간 내에서 수행되어야 한다. 따라서, 입력 전압  $V_{bs}$ 를  $(V_{bs} - V_{as})$ 로 수정하여 OFF시간을 조정한다. 이 때  $T_b$ 는  $T_s$ 를 초과할 수 없다.

섹터 II의 영역에서는  $V_4(1,0,0) \rightarrow V_3(1,0,1) \rightarrow V_0(1,1,1) \rightarrow V_3(1,0,1) \rightarrow V_4(1,0,0)$ 의 순서로 수행한다. 섹터 II에서 각 레그 상위 스위치의 OFF 시간을 수식적으로 표현하면 다음과 같다.

$$T_a = 0 \quad T_b = \frac{V_{bs} - V_{as}}{V_{dc}} T_s \quad T_n = -\frac{V_{as}}{V_{dc}} T_s \quad (5)$$

### 3.2.3 섹터 III

섹터 III는 섹터 I과는 서로 상보적(complementary)인 관계로서,  $V_{as}$  및  $V_{bs}$ 가 영보다 작으며, 가로, 세로의 크기가  $V_{dc}$ 인 정사각형을 이룬다. 그림 6(a)은 섹터 III내에서 스위칭 회로이며, 그림 6(b)는 섹터 III내에서 각 상의 스위칭 시간을 SPWM 방식으로 결정하는 스위칭 패턴으로서, 역 전압  $V_a$  및  $V_b$ 가 수행되는 과정을 보여준다. 레그-N의 상위스위치는  $T_s$  동안 항상 OFF상태를 유지하여야 하고, A상 전압  $V_a$  및 B상 전압  $V_b$ 은 역전압이므로 입력전압  $V_{dc}$ 를 합쳐 각각  $(V_{dc}+V_{bs})$  및  $(V_{dc}+V_{bs})$ 로 수정하여 OFF시간을 조정한다.

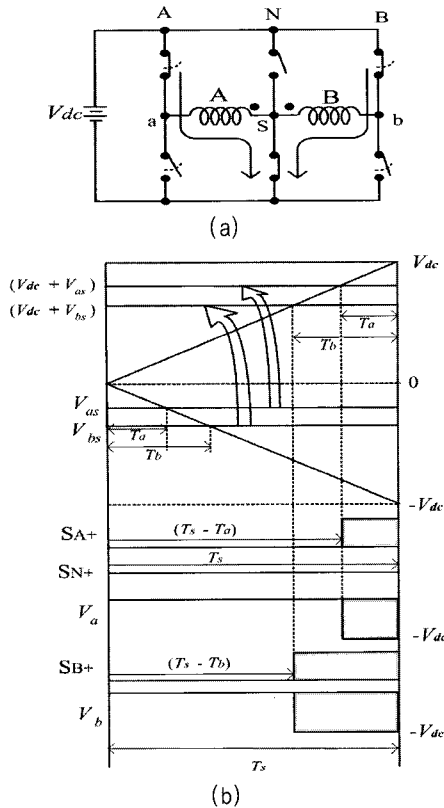


그림 6 섹터 III에서 (a)스위칭 회로 (b)스위칭 시간의 결정  
Fig. 6 (a) Switching circuit (b) Determination of switching period at sector III

섹터 III의 영역에서는  $V_7(0,0,0) \rightarrow V_6(0,1,0) \rightarrow V_5(1,1,0) \rightarrow V_6(0,1,0) \rightarrow V_7(0,0,0)$ 의 순서로서 수행한다. 섹터 III에서 각 레그의 상위 스위치의 OFF 시간을 수식적으로 표현하면 다음과 같다.

$$T_a = \frac{V_{dc} + V_{as}}{V_{dc}} T_s \quad T_b = \frac{V_{dc} + V_{bs}}{V_{dc}} T_s \quad T_n = T_s \quad (6)$$

### 3.2.4 섹터 IV

섹터 IV는 섹터 II와는 서로 상보적인 관계로서,  $V_{as}$ 는 영보다 크고  $V_{bs}$ 는 영보다 작은 영역이다. 그림 7(a)는 섹터 IV 내에서 형성되는 스위칭 회로이며, 그림 7(b)는 각 상의 스위칭 시간을 SPWM 방식으로 결정하는 스위칭 패턴으로서 역전압의  $V_b$ 가 수행된 후 정전압의  $V_a$ 가 수행되는 과정을 보여준다. 이 때  $T_b$ 는  $T_s$ 를 초과할 수 없다.

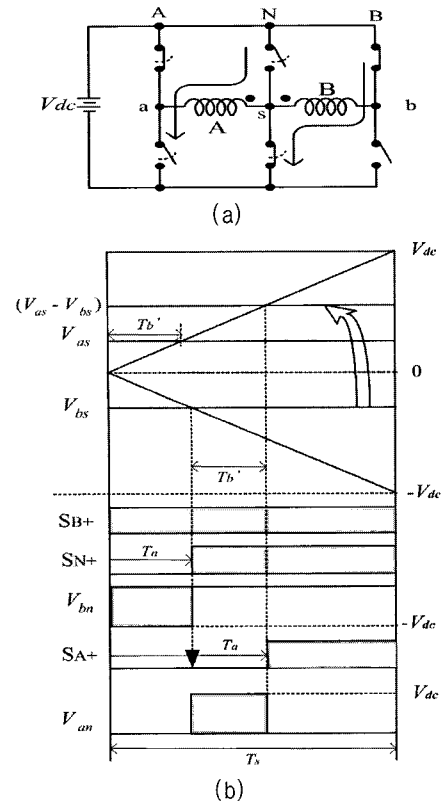


그림 7 섹터 IV에서 (a)스위칭 회로 (b)스위칭 시간의 결정  
Fig. 7 (a) Switching circuit (b) Determination of switching period at sector IV

레그-B의 상위 스위치는  $T_s$ 내에서 항상 ON 상태를

유지하여야 하고 레그-N의 상위 스위치는 먼저  $V_{bs}$ 를  $V_{dc}$ 에 비례하여 OFF시간을 조정해야 한다. 또한 레그-A의 상위 스위치의 OFF 기간은 역전압의  $V_{bs}$ 가 구현된 직후 ( $T_s - T_n$ )의 기간 내에서 수행되어야 한다. 따라서, 입력전압  $V_{as}$ 를 ( $V_{as} - V_{bs}$ )로 수정하여 OFF시간을 조정한다. 섹터 IV의 영역에서는  $V_6(0,1,0) \rightarrow V_1(0,1,1) \rightarrow V_0(1,1,1) \rightarrow V_1(0,1,1) \rightarrow V_6(0,1,0)$ 의 순서로 수행한다. 섹터 IV에서 각 레그 상위 스위치의 OFF 시간을 수식적으로 표현하면 다음과 같다.

$$T_a = \frac{V_{as} - V_{bs}}{V_{bc}} T_s \quad T_b = 0$$

$$T_n = -\frac{V_{bs}}{V_{dc}} T_s \quad (7)$$

표 2에서는 4개의 영역에서 계산된 각 레그의 상위 스위치의 OFF시간을 정리하였다. 그림 8은 표 1을 바탕으로  $MI=1.414$ 일 때 각 레그의 상위 스위치의 OFF 시간이 한 사이클에서 변화되는 추이를  $T_s$ 에 대한 비로서 보여주는 곡선이다. 각 레그의 스위칭 시간은 섹터에 따라 정현파 또는 정현파의 차로 나타나거나, 0 또는 1로 고정되어 나타난다.

표 2 4개의 섹터에서 계산된 각 레그의 상위스위치의 OFF시간

Table 2 OFF period of upper switches of three legs in four sectors

섹터	$T_a$	$T_b$	$T_n$
I	$(V_{as}/V_{dc})T_s$	$(V_{as}/V_{dc})T_s$	0
II	0	$((V_{bs}-V_{as})/V_{dc})T_s$	$-(V_{as}/V_{dc})T_s$
III	$((V_{dc}+V_{as})/V_{dc})T_s$	$((V_{dc}+V_{bs})/V_{dc})T_s$	$T_s$
IV	$((V_{as}-V_{bs})/V_{dc})T_s$	0	$-(V_{bs}/V_{dc})T_s$

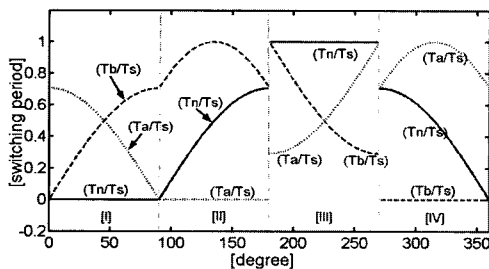


그림 8 각 레그의 상위 스위치의 OFF시간의 변환 추이  
Fig. 8 Transition for the OFF period in upper switch of each leg

#### 4. 모의 실험

본 논문에서 제시한 3-레그 인버터의 PWM방식을 확인하기 위하여 소프트웨어 패키지 Psim을 이용하여 모의 실험을 수행하였다. 여기서 입력전압을 200 [V]로, 부하측의 저항 R을 3.87[Ω], 인덕터 L을 0.0057[mH]로 고정하였다.

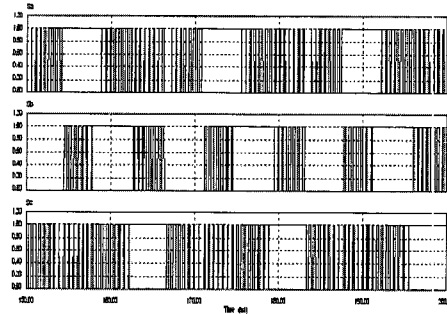


그림 9 3-레그 인버터의 입력 스위칭 신호 (MI=1.414)  
Fig. 9 Simulated, input switching signals in three-leg inverter.(MI=1.414)

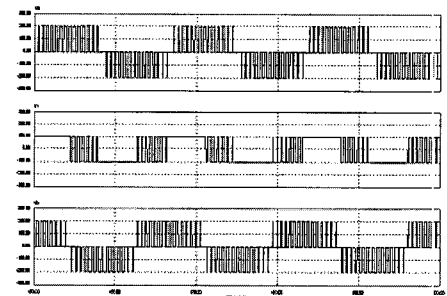


그림 10 3-레그 인버터의 출력전압(MI=1.414)  
Fig. 10 Simulated waveform for output voltage of phase A, B and neutral point in three-leg inverter(MI=1.414)

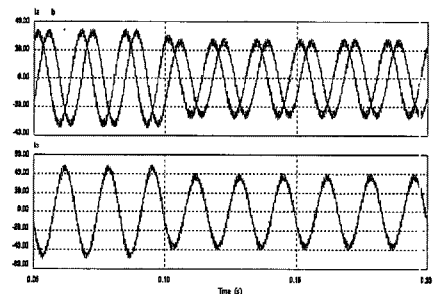


그림 11 3-레그 인버터의 2상 및 중성선 출력 전류  
Fig. 11 Simulated waveform for output currents of phase A, B and neutral line in three-leg inverter(MI=1.414)

그림 9는 MI의 최대값 1.414일 때 레그-A, 레그-B의 상위 스위칭 신호(1번째, 3번째) 및 레그 N의 상위 스위칭 신호(2번째)를 보여주고 있다. 여기서 각 구간마다 ON또는 OFF되는 스위칭 신호가 형성되어 있으며, 스위칭 신호 N은 옴셋 전압을 만들기 위한 스위칭 신호로서 PWM파형으로 나타난다.

그림 10은 스위칭 신호에 의해 인버터 스위치를 작동할 때 A, B상 부하에 나타나는 PWM 출력파형(첫 번째, 세 번째)과 레그-N에서 나타나는 전압 파형을 보여주고 있다. 출력전압의 파형은 3-레벨 PWM 파형 [-200V, 0, 200V]으로 나타난다. 레그-A와 레그-B를 공동으로 사용하는 레그-N(두 번째)은 입력 스위칭 신호에 의해 2-레벨 PWM [-100V, 100V] 전압 파형이 나타난다.

그림 11은 MI가 1.414에서 1.13(1.414\*0.8)로 변화될 때 A, B 상 부하 전류와 중성선에서 흐르는 전류를 보여주고 있다. 부하전류와 중성선 전류는 정현파를 이루며, 부하 전류의 최대치는 약 30A이며 중성점 전류의 최대치는 약 50 A로서, 중성점 전류가 부하 전류 보다  $\sqrt{2}$ 배 정도 크게 나타난다.

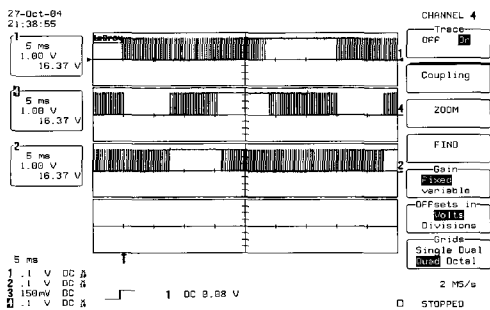


그림 12 실험시 3-레그 인버터의 스위칭 신호 (MI=1.414)  
Fig. 12 Experimental input switching signals in three-leg inverter. (MI=1.414)

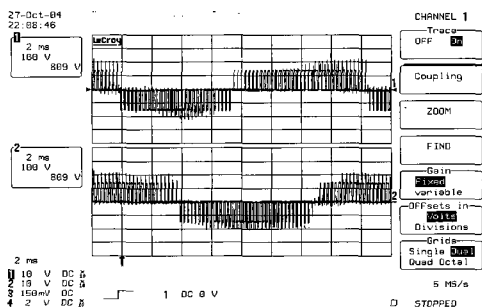


그림 13 실험시 3-레그 인버터의 출력전압(MI=1.414)  
Fig. 13 Experimental input voltage signal, carrier waveform, and output voltage in 3-leg two-phase inverter(MI=1.414)

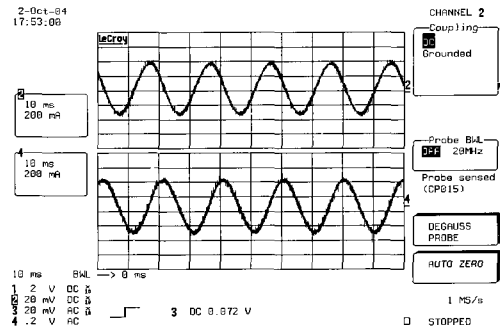


그림 14 실험시 3-레그 인버터의 A상 전류 및 B상 전류(MI=1.414)

Fig. 14 Experimental waveform for current of phase A and current B in 3-leg two-phase inverter(MI=1.414)

### 5. 실험

본 논문에서 제안한 PWM 방식에 대한 실험은 소형 90W급 2상 유도전동기를 3-레그 인버터에 연결하여 수행하였다. 제어기로서는 과거 고가의 3X계열의 DSP 대신 저가의 DSP TMS320C2407를 이용하여 실험하였다.

그림 12는 실험시 본 논문에서 제안한 알고리즘을 실험할 때 4 개 영역에서 나타나는 스위칭 신호를 보여 주고 있다. 실험시 단락방지를 데드타임(dead time)이 스위칭 신호에 포함되어 있으나, 그림 9의 모의 실험의 스위칭 신호와 거의 같은 형태로 나타나는 것을 알 수 있다. 그림 13는 입력전압을 100[V]로 고정하고 출력전압의 주파수를 40[Hz]이며, 전압변조지수 MI의 최대값 1.414로 고정할 때 2상 유도전동기의 A, B상에 인가되는 3-레벨 PWM 출력전압을 보여주고 있다. 여기서, 두 상간의 위상차는 90°로 나타나는 것을 알 수 있다. 그림 14는 그림 13의 조건하에서 A상, B상 전류를 보여주고 있다. A상, B상 전류는 그 크기가 같고 서로 90°의 위상차를 이루고 있는 것을 보여주고 있다. 그러나, 데드 타임 등의 영향으로 출력전류에서 왜곡이 발생한다.

### 6. 결론

기존의 3-레그 인버터의 PWM방식은 전형적인 SVPWM 방식을 적용하여 PWM 방식이 복잡하다. 본 논문에서는 3-레그 2상 인버터를 “중성점이 있는 4-레그 인버터”의 등가회로라고 할 때 3-레그 인버터의 새로운 PWM 방식을 제안하였다.

3-레그 인버터를 구동시 샘플링 시간 동안 레그-N의 상하위 스위치의 단락을 피한다면 3-레그 인버터는 4-레그 인버터의 특성을 가질 수 있다. 따라서, 본 논문에서 제안한 3-레그 인버터의 PWM방식은 이러한 특성을 이용하였다. 따라서, 기존의 3-레그 인버터에서 형성되는 6개의 섹터가 4개의 섹터로 축소되며, 각 영역에서는 SVPWM 방식 대신 단순화된 정현파형 PWM방식을 적용할 수 있다. 이에 따라 각 섹터마다 스위칭 시간을 계산하기 위한 스위칭 패턴을 제시하였으며, 각 레그의 스위치마다 스위칭 시간을 계산하였다. 본 논문에서는 제안 PWM 방식에 대한 실험이 일치함을 보여주고 있다.

그러나, 본 논문에서 제안한 방식은 데드타임 등의 문제 요인으로 인해 왜곡이 발생하는 문제점이 있으며, 향후 이를 개선해야 할 것이다.

이 논문은 산업자원부 전력산업연구개발사업 전력선행기술(자유공모과제 : R-2003-B-559)에 의하여 연구되었습

### 참 고 문 헌

- [1] M. B. R. Correa, C. B. Jacobina, A. M. N. Lima, and E. R. C. da Silva, "Three-leg voltage source inverter for two phase ac motor drive system", *IEEE Trans. on Power Electronics*, Vol.17, No.4, pp.517-523, July, 2002.
- [2] A.M.A.Jabbar, A.M.Khambadkone and Z. Yangfeng "Space-vector modulation in a two phase induction motor drive system," *IEEE trans. on Industrial Electronics*, Vol.51, No.5, pp.1081-1088, Oct., 2004
- [3] F.Blaabjerg, S.Lungeanu,, K.Skaug and M.Tonnes, "Two-phase induction motor drives," *IEEE Industry Application Magazine*, Vol.10, No.4, pp.24-32, July/Aug, 2004.
- [4] H. W. van der Broeck, H.C.Skudelny, and G. Stanke, "Analysis and realization of a pulsewidth modulator based on voltage space vectors," *IEEE Trans. on Ind. Applcat.*, Vol.24, No.1, pp.142-150, 1988.

### 저 자 소 개



**장도현(張都鉉)**

1956년 8월 24일생. 1980년 한양대 전기공학과 졸업. 1982년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1989년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1993년~1994년 미국 Tesax A&M Univ. Visiting Scalar. 현재 호서대 전기공학과 교수. 당 학회 조사이사.