

PWM 신호의 스위칭 함수에 의한 디지털 방식에 관한 연구

정 언 탁\* 이 중 수\*\*\* 배 상 준\*\* 백 중 현\*  
 명지대학교\* 영진전문대학\*\*\*

A study on digital signal method of PWM signal by switching position function

Y. T. Chung\*, J. S. Lee\*\*\*, S. J. Bae\*\*, J. H. Baek\*  
 Myung Ji UNIV.\* Yeung Jin Junior College\*\*\*

Abstract

The output characteristics of VSI by transistor depend upon bias signal with drive circuit. As the CTI is one of the VSI, takes case PWM output voltage.

This Inverter operation is based upon position and negative of sinusoidal PWM signal by carrier triangular wave and compared sine one. Besides, the Inverter operation system required digital signal for microprocessor, sampling method of Inverter driver signals study for get rid of generated signal is error.

In the paper, the method of 3 level PWM signal for CTI was studied.

This method of signals depend upon calculated switching position of natural sampling with 10° modulation error for time flowchart programs.

1. 서 론

유도전동기의 운전계통에서 인버터장치는 매우 중요한 요소이다. 이것은 속도-토크 관계에 의한 가변속 운전역할에 이용 되기때문에 유도전동기의 운전특성을 개선하게된다.

최근 인버터의 출력특성을 개선한 방식들이 발표되었다.<sup>1,2)</sup> 이들과운데 5전위의계단파 출력을 갖는 CTI 회로가 있다. 이 인버터를 구동시키는데는 3전위의 PWM 과 중성점 전위확보를 위한 클램프 신호인 두가지의 신호가 요구되었다.<sup>3)</sup> 이는 CTI 회로가 상보형 트랜지스트로 구성됨에 따라서 정·부의 PWM 신호인 정현 PWM 파이때 뿐이다. 더우기 마이크로프로세서에 의하여 인버터를 구동하는 시스템은 구동신호의 디지털방식에 의한다.<sup>4-6)</sup>

본 연구에서는 정현 PWM 과 변조방식인 Natural Sampling 과의변조오차가 10°범위인 디지털신호의 변환방식을 제시하고자한다.

2. 스위칭 함수

정현 PWM 신호의 변조관계는 그림 1(a)와 같고, 그림1(b)는 (a)에서  $e_s > e_r$ ,  $e_s < e_r$ 일때

비교기의 출력인 PWM 신호이다. 이때 (b)가 갖는 스위칭 온-오프의  $\theta_s$ 와  $\theta_r$ 에 대한 캐리어 삼각파의 관계는 그림1(c)와 같다.

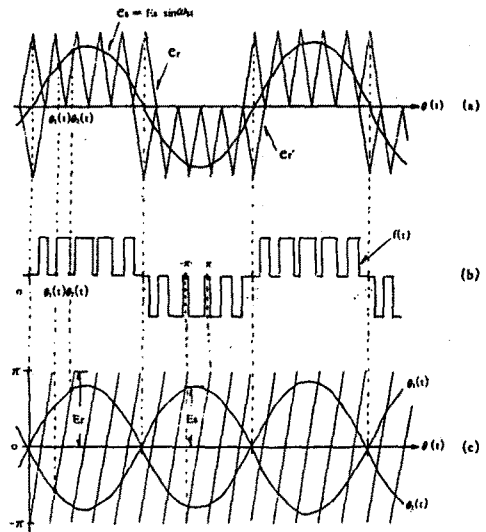


그림 1. 정현 PWM 신호

(1) 스위칭 위치

그림1(b)의 PWM 신호를 보면 정현적인 특성의 PWM신호이므로 1/2주기에 대한 스위칭위치에 의해서 전주기의 스위칭위치를 알수있다. 따라서 그림2와 같이 단위 구간이 되는 1/2주기의 스위칭 위치를 계산하기 위하여 단위함수의 스위칭 관계를 나타내면 식(1)과 같이된다.

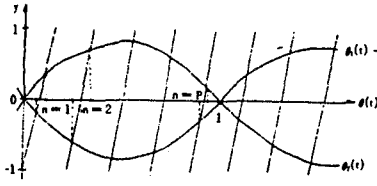


그림2. 단위 스위칭 위상관계

$$\theta_1(t) : V = \sqrt{2} P \theta_1(t) - (2n-1) = -a \sin \pi \theta_1(t) \dots (1)$$

$$\theta_2(t) : V = \sqrt{2} P \theta_2(t) - (2n-1) = a \sin \pi \theta_2(t)$$

단, P : PWM 신호의 펄스수,  $n = 1, 2, 3, \dots, P$   
 $a = E_s / E_r$   
 식(1)로부터 스위칭은  $\theta_1(t)$ 와 스위칭 오프 $a$ 의 단위값에 대한 위치를 얻기위해서 PWM 펄스수 P와 변조비 a를 결정하여야 한다. 이때 PWM 펄스수 P는 본 방식의 신호에 의한 CTI 출력특성에 의하여 결정한다. 즉 CTI 출력전압이 갖는 고조파특성은 고조파 발생 주파수 대 가운데 캐리어 삼각파 주파수의 3배수에 해당하는 측대파가 제거되기때문이다. 따라서 PWM 펄스수 P는 캐리어 삼각파 -1과 관계가있으므로 이에 따라서 선택된다. 또 변조비 a는 인버터 사용부하의 정격주파수가 60(Hz)이면 식(2)에 의하여 계산된다.

$$a = (f / 60)^2 \dots (2)$$

단,  $f = 1, 2, 3, \dots, 60$

그림1(c)에서 보인것과 같이 변조비는 두 변조 신호파의 크기관계이다. PWM파의 실효치는  $\theta_1(t)$ 와  $\theta_2(t)$ 의 값에 따라 변화한다. 따라서 실효치 E와 스위칭 위치  $\theta(t)$  및 변조비 a의 관계는 식(3)으로 된다.

$$E \propto \sqrt{\theta(t)}$$

$$\theta(t) \propto a \dots (3)$$

$$\theta(t) = \sum_{n=1}^P \theta_{2n}(t) - \theta_{1n}(t)$$

또, V/F 제어특성을 갖는 출력전압의 실효치와 주파수와의 관계는 변조비 1.0일때 정격출력주파수 60(Hz)에 대하여 식(4)로된다.

$$f = (E_f / E_1) \cdot 60 = 60\sqrt{a} \dots (4)$$

단,  $E_f : f(\text{Hz})$  실효치,  $E_1 : 60(\text{Hz})$  실효치  
 식(2)와(4)에서 임의의 주파수를 갖는 임정비를 V/F의 변조비를 얻을수있다.

따라서 P와 a의 결정으로 각 주파수에 해당하는 임정비 V/F의 스위칭 위치가 식(1)에서부터  $\theta_1(t)$ 와  $\theta_2(t)$ 의 값을 계산한다. 이때 계산값의 범위는 us 단위의 마이크로프로세서 계통구성을 위하여 10의 오차범위를 갖도록 결정한다.

이러한 계산결과는 식(1)에서  $\pi$ 로 인하여, 모든 차수의 계산범위가 단위함수의 99.9...9(%)로 결정된다. 이는 3배수 범위 이므로 3상의 스위칭

위치 값 선정이 가능함을 알수있다.

(3) PWM Data

3상(A, B, C)의 스위칭 위치값 선정은 각 상별로 정과부로 구분된다. 즉 A상의 정은 A+, A상의 부는 A-이다. 따라서 B+, B-, C+, C-로하면 계산에서구한 A+의  $\theta_1(t)$ 와  $\theta_2(t)$ 로부터 각상의 스위칭 위치값을 얻는다. 이때 A+의  $\theta(t)$  스위칭 값 범위는 10<sup>-6</sup>범위오차에서는 0.999999가 되므로, 이 값을 기준으로한다. 즉 A-상은 A+상에 0.999999를, B-상은 0.666666을, B+상은 1.66665를, C+상은 1.33332를, C-상은 0.33333을 각각 더하여  $\theta_1(t)$ 와  $\theta_2(t)$ 를 계산한다. 이 경우에 A상이 끝나는 A-상의 최종 턴오프 값인  $\theta_2(t)$ 를 넘지못하므로 1.999998(2 \* 0.999999)이상을 리셋트시킨다.

이와같이 계산된 3상의 전  $\theta_1(t)$ 와  $\theta_2(t)$  값을 크기로 순서로 배열하고, 이를 1.999998 f로 나누어 모든  $\theta(t)$ 값에 해당하는 주파수의 출력시간을 계산한다. 이때 각상의  $\theta_2(t)$  값과  $\theta_1(t)$  값의 시간차이가 출력시간이된다. 따라서 이들 출력상에 대한 출력방식은 PWM 신호 출력 상지정, 중성점 전위 확보출력 상지정, 이들 출력자료의 출력시간의 3요소로 결정된다. 본 방식은 전주파수에 걸쳐 펄스 발생순서가 같으나 각 펄스의 간격이 조금씩 다르기 때문에 이들 3요소는 다음과 같다. 즉 PWM 펄스수를 5로 할때 1(Hz) - 60(Hz)의 PWM 신호 출력 상지정방식은 6가지이고, 중성점전위확보 출력 상지정방식은 단일방식이며, 출력자료의 출력시간은 60가지로된다. 따라서 이들자료의 활용을 위한 단위출력계통구성이 중요하다. 표 1은 각 출력상의 출력데이터 선 지정방식이고, 표 2는 중성점전위 신호, 표 3은 PWM 신호의 출력 데이터 일부를 보인것이다.

표 1. 각 상별 출력 데이터

상	A+	A-	B+	B-	C+	C-
데이터 선	0	1	2	3	4	5

표 2. 중성점 전위 상지정 (1 - 60Hz)

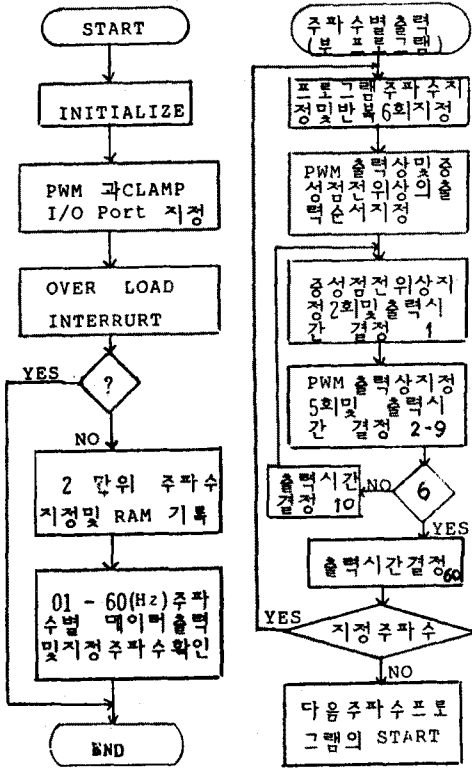
순번	출력상	순번	출력상	순번	출력상	순번	출력상	순번	출력상
1	18	3	09	5	21	7	24	9	06
2	19	4	29	6	25	8	26	10	16

표 3. PWM 신호 상 지정 (1 - 37Hz)

1	10	6	0E	11	01	1C	20	23	04	2E	02
2	01	7	2C	12	04	17	02	22	10	27	08
3	08	8	01	13	20	1E	04	23	02	28	10
4	10	9	0E	14	01	19	20	24	04	29	02
5	01	10	2C	15	04	20	02	25	10	3C	08

3. 신호의 발생

정현 PWM 신호의 디지털출력을 위하여 데이터의 처리를 위한 표 2-3은 단일 출력 흐름의 6회 반복이 한 주기분이다. 즉 중성점전위신호출력지정은 2번, PWM 신호출력지정은 5번을 흐름으로 하여 단일출력을 구성하게 된다. 그림 3은 본 연구의 신호발생을 위한 프로그램 흐름도이다. 그림 3(a)는 신호발생의 주 프로그램이고, (b)는 단일주파수의 부 프로그램이다.



(a) (b) 그림 3. 프로그램 흐름도

그림 4는 본 방식의 프로그램 데이터로부터 두 종류의 디지털신호를 얻기 위한 마이크로프로세서 시스템이다. ROM<sub>1</sub>은 1 - 60(Hz)전주파수 범위의 PWM 과 중성점 클램프 데이터 프로그램을 기록하고, ROM<sub>2</sub>는 주파수 지정 프로그램을 기록하였다. 어드레스 디코더는 PWM 과 중성점클램프의 8255<sub>2</sub>, 출력상태와 지정상태의 주파수를 알리는 8255<sub>1</sub>, RAM, ROM<sub>1</sub> 및 ROM<sub>2</sub>의 메모리요구 방식에 의한 어드레스선택에 의한다.

4. 결론

변조신호의 디지털변환 방식은 어드레스 선택 데이터에 의한 LOOK-UP TABLE 이 있었으나 이는 변조오차조절이 불가능하였다. 그러나 본 방식의 출력시간계산방식은 계산범위 선정으로 변조오차조절이 가능하였으며, 프로그램의 메모리 용량은 어드레스 방식의 10%정도였다. 이에 따라 P=5인 경우 Natural Sampling 의 정현 PWM 스위칭 데이터는 10<sup>-6</sup>인  $\mu\text{sec}$  시간오차범위로 디지털변환하였다. 이때 메모리의 용량은 OFF 범위였다.

참고 문헌

- (1) A. Naboe, "A new neutral - point - clamped PWM Inverter", IAS annual meeting, pp.761 - 766, 1980.
- (2) J.S. Lee, "A new digital method for stair case wave PWM Inverter", KIEE, 37, 2, pp80 - 88, 1988.
- (3) Kalyan P. Gokhale, "Dead beat microprocessor control of PWM Inverter for sinusoidal output waveforms synthe", IEEE Tran., IE - 33, 2, pp.193 - 200, 1986.
- (4) Katsunori, "Trapezoidal modulating signal for three phase PWM Inverter", IEEE Tran. Ind., IE - 33, 2, pp.193 - 200, 1986.
- (5) S.R. Bowes, "Microprocessor control of PWM Inverter", Proc. IEEE, 128, 6, pp.263 - 304, 1981.

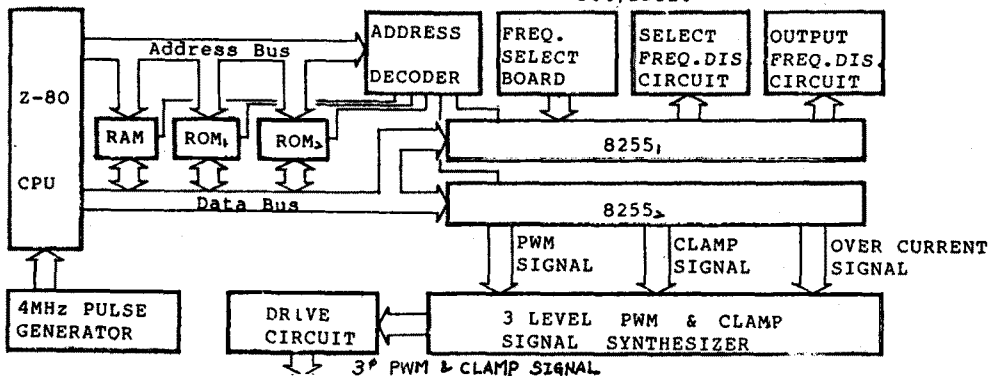


그림 4. 시스템 구성