

1. 서 론

Inverter 는 크게 전압원형과 전류원형으로 나뉘며, 전압원형 Inverter 중 PWM 을 채용한 방식은 PWM 에 의해 전압이 제어 되고, 고조파가 감소하는 잇점을 가지고 있다. PWM 은 그 방식에 따라 1) natural sampled PWM , 2) regular sampled PWM, 3) optimized PWM 으로 분류 된다. 이중 Optimized PWM 은 어떤 판정 조건에 대하여 optimal 하도록 스위칭 시점을 구하는 것으로 본 연구에서는 특정 고조파 제거라는 관점에서 optimal 한 PWM 에 대하여 논하였고 그것을 ROM-Digital 방식으로 실현하였다.

2. 본 론

1절. 고조파 제거와 전압 제어

Inverter 의 기본 구성은 그림 1 - a) 와 같이 나타낼 수 있고, Switch  $S_1, S_2$  ( $S_3, S_4$  또는  $S_5, S_6$ ) 가 닫히고 열리는 전기 각을 각각  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_6, \dots$  라 정의하면 A에서의 출력 파형은 그림

1-b) 와 같이 된다.

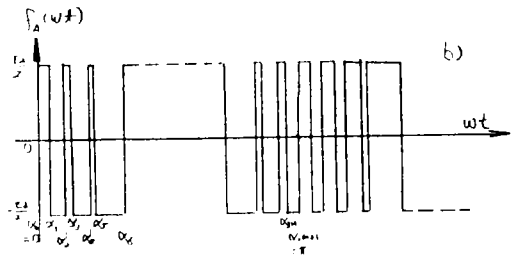
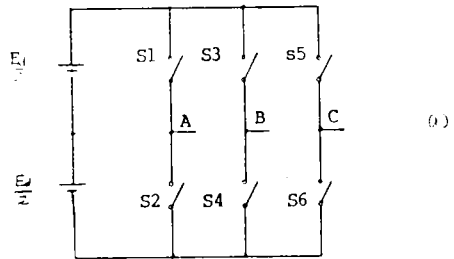


그림 1. a) 3상 인버터의 기본 구성

b) 인버터의 출력 파형

그림 1 - b)의 파형을 Fourier 급수 전개 하면

$$f_A(\omega t) = b_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ a_n \sin(n\omega t) + b_n \cos(n\omega t) \right\} \quad (1)$$

로 나타낼 수 있고, 만일 출력 파형을

$$f_A(\omega t) = -f_a(\omega t)$$

$$= f_A (-wt) \quad (2)$$

가 되게 하면, (1)식에서

$$b_n = 0 \quad \text{for all } n$$

$$a_n = 0 \quad \text{for even } n$$

이 된다.  $\frac{Ed}{2}$  를 1로 두고 (1)식을 정리 하면

$$Q_n = \frac{1}{\pi} \left\{ 1 + 2 \sum_{k=1}^M (-1)^k \cos(n\alpha_k) \right\} \quad (3)$$

$(n = 1, 3, 5 \dots)$

의 식을 변형하면

$$f_n(\alpha) = 1 + 2 \sum_{k=1}^M (-1)^k \cos n \alpha_k \quad (4)$$

여기서,  $\alpha = [\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_M]^T \quad (5)$

이다. 그리고

$$\underline{f} = [f_1, f_2, \dots, f_m]^T \quad (6)$$

로 두면, 기본파의 전압을 제어하고  
개의 고조파를 제거하기 위한 방적식은  
다음과 같이 된다.

$$\underline{f}(\alpha^*) = \underline{v} \quad (7)$$

$$\underline{v} = [v, 0, 0, \dots, 0]^T$$

여기서  $v$ 는 기본파의 크기이다. (7)식은  
해 근처에서 다음식을 만족시킨다.

$$\underline{f}(\alpha) + \frac{\partial \underline{f}}{\partial \alpha} \cdot d\alpha = \underline{v} \quad (8)$$

여기서  $\frac{\partial \underline{f}}{\partial \alpha}$ 는 Jacobian 이다.

(f)식을 Digital Computer 로 풀어서  
기본파 전압에 따른 스위칭 패턴을 얻는다.  
제거할 고조파를 결정하기 위해 (2)식을  
만족시키는 3상 PWM Inverter 의 특징을  
살펴보면

- 1) 파형의 대칭성에 의해 우수배 고조파가 제거되고
- 2) 3상 결선에 의해 3의 정수배 고조파가 제거되며

3) 유도성 부하 특히 유도 전동기 부하에서는  
낮은 고조파가 문제 된다.

그러므로, 제거해야 할 고조파는 5, 7, 11,  
13, 17, 19, ... 고조파 순이다.

그림2, 그림3는  $M=6, M=10$  인 경우의 기본파  
에 대한 해곡선이다. 횡축은  $\frac{E_d}{2}$  에  
대한 기본파의 최대치이다.

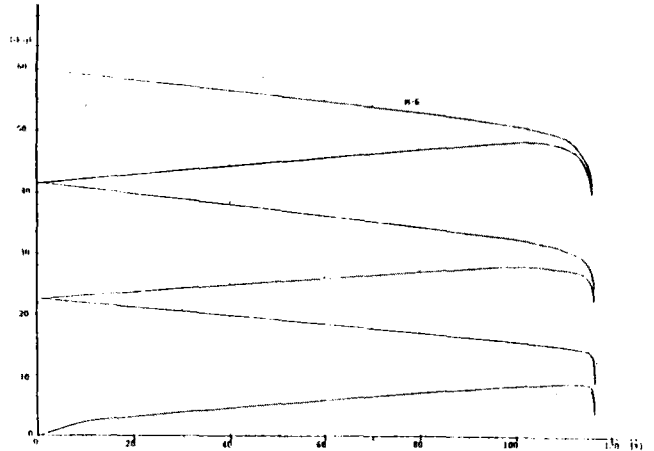


그림 2  $M = 6$  일때의 해곡선

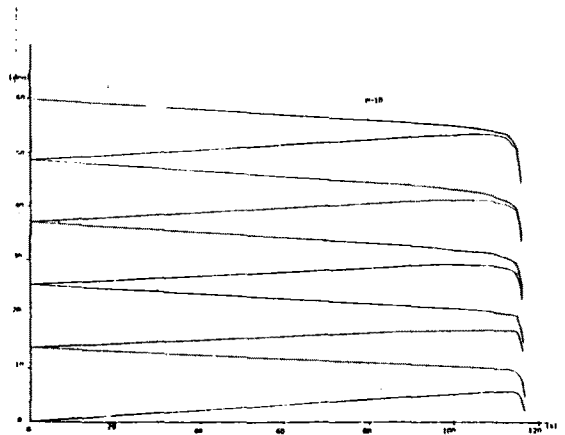


그림 3  $M = 10$  일때의 해곡선

본 연구에서는  $M = 6$ 인 경우를 실현하였다.  
 $M = 6$ 인 경우 한 상에서의 전압의 고조파  
성분비가 그림 4과 같다. 선간에서는 이들

중 3의 정수배 고조파는 나타나지 않는다.

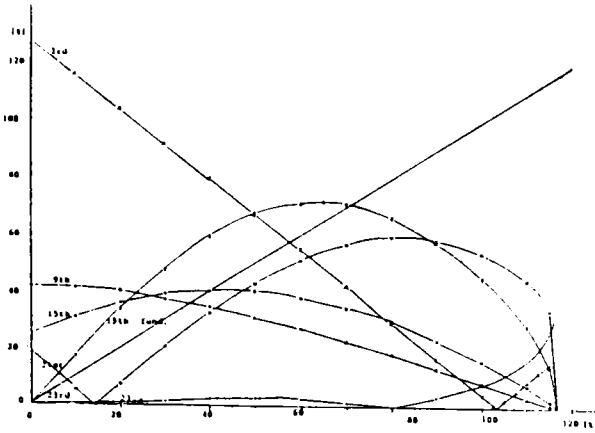


그림 4 M = 6인 경우의 고조파 포함비  
2절 Optimized PWM Inverter 의 실현  
본 연구에서 사용된 시스템은 그림 5과 같다.

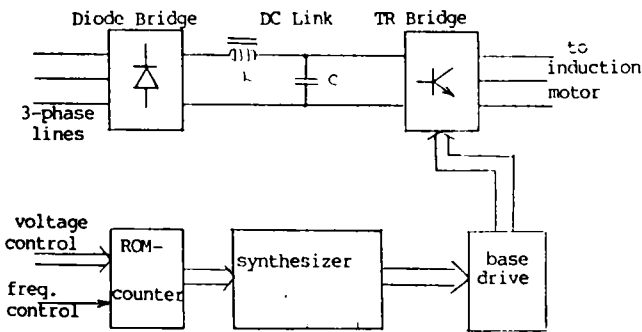


그림 5 시스템 블록 선도  
전체 시스템은 크게 제어 회로부와 주회로부  
로 나뉘어진다. 제어 회로부에서는 PWM  
정보를 제공하는 ROM - Counter 부,  
ROM - Counter 의 출력으로부터 PWM  
파형을 만드는 파형 Synthesizer, 그리고  
power TR 의 base 를 구동하는 Drive  
부로 구성되고, 주회로부는, Diode Bridge  
DC link , TR bridge 로 구성된다.

주 회 로 부

주회로부는 단순 Diode bridge, L 과 C 로  
평활한 DC 를 만드는 DC Link, 그리고  
전역적인 Transistorized Inverter 로  
구성하였다.

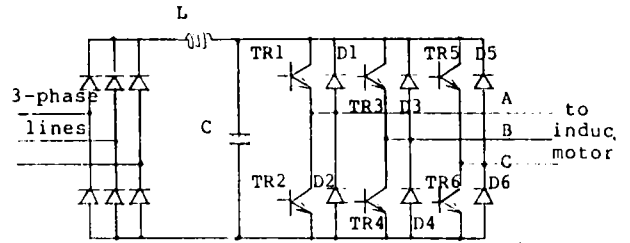


그림 6 주 회로부

제 어 회 로 부

그림 7 는 이 Optimized PWM 파형의  
개략도인데, 파형은 1주기가 6부분으로 나  
뉘어지는데, 특이한 것은 P 와  $\bar{P}$  에서는  
스위칭이 일어나지 않는다.

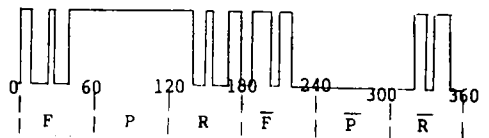


그림 7 Optimized PWM 에서의 파형 예  
 $F(R)$  는  $\bar{F}(\bar{R})$ 와 스위칭 소자 ( $S_1, S_2$ )  
의 순서가 반대이다.

각 상을 F, R, P 로 나타내면 표 1과 같다

표 1 F, R, P 로 표시한 세 상

A 상	F	P	R	$\bar{F}$	$\bar{P}$	$\bar{R}$
B 상	$\bar{P}$	$\bar{R}$	F	P	R	$\bar{F}$
C 상	R	$\bar{F}$	$\bar{P}$	$\bar{R}$	F	P

여기서 F, R 정보만으로 세 상을 모두 만들 수  
있음을 알 수 있다. 즉 memory 에 1주기  
의  $\frac{1}{6}$  에 해당하는 F, R 만의 정보를

기록한 후 계속 반복하면서 출력을 적절히 Muxing, Inverting 하여 3상 PWM 파형을 만들 수 있다. 그림 8은 PWM 파형 발생 회로이다. 2764의 Address line A<sub>6</sub>-A<sub>12</sub> 로 전압을 제어하고, A<sub>0</sub> - A<sub>5</sub> 로 0° - 60° 사이의 PWM 파형을 Scan 해 나간다.

FRD/REV 신호에 따라 출력의 상순이 바뀌어 전동기의 역회전이 가능하다.

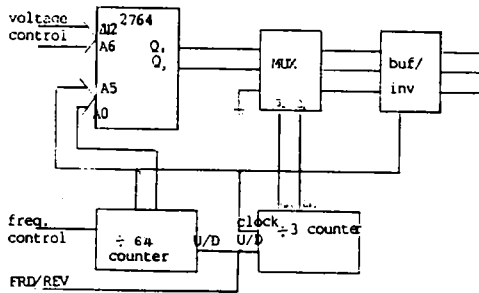


그림 8 PWM 파형 발생 회로

(ROM - counter+Synthesizer)

실험 및 고찰

상기의 시스템으로 220V 전원으로 부터 전력을 공급받아 3상 220V 10HP 용 유동전동기를 구동하였다. 그림 9는 파형발생회로에서 만들어 지 3상 PWM 파형이다.

그림 10은 A, B 상의 선간 전압과 B 상의 전류를 보여 준다. 전류 파형으로부터 고조파분이 매우 감소된 것을 볼 수 있다.

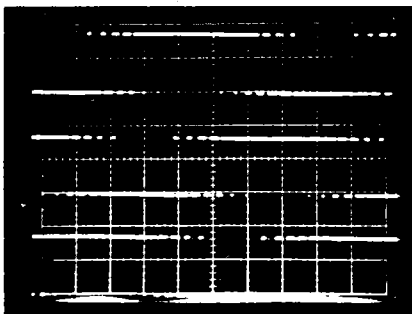
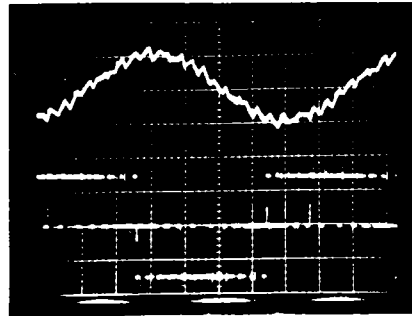


그림 9 3상 PWM 파형



상:전류파형  
40A/div  
하:전압파형  
200V/div  
횡축:  
2ms/div

그림 10 출력 파형

3. 결론

이상으로 Optimized PWM 을 채용한 Inverter 시스템은 고조파 제거에 매우 유용한 것을 알 수 있으며 전동기 구동 시스템 뿐 아니라, UPS 에 응용할 경우에도 많은 잇점이 있을 것으로 생각된다. 특히 시스템 전체가 micro Processor 를 사용하여 전압 및 주파수를 제어하기가 쉽게 되어있어 그 응용이 기대된다.

4. 참고 문헌

1. H.S. Patel and R.G HOFT, "Generalized Techniques of Harmonic Elimination and Voltage Control in thyristor Inverters : Part I - Harmonic", IEEE Trans. on Ind. Appl., Vol. IA-10, PP 666-673, Sep. 10 to, 1974
2. 상 동, "상 동: Part II-Voltage Control Techniques", IEEE Trans. on Ind. Appl., Vol. IA-10, PP 666-673, Sep. 10 to, 1974