

# 마이크로프로세서를 이용한 3상 브리지 컨버터의 제어회로 설계에 관한 연구

\* \* \* \*\* \*\*  
노창주 김윤식 김영길 유진열 류승각

\* 한국해양대학교 \*\* 한국해양대학교 대학원

A Study on the Design of a Control Circuit for Three-Phase  
Full Bridge Converter Using Microprocessor

\* \* \*\* \*\* \*\*  
C. J. Noh Y. S. Kim Y. G. Kim J. Y. Yu S. K. Ryu

\* Korea Maritime Univ. \*\* Graduate School of Korea Maritime Univ.

## Abstract

The three-phase full(6-pulse) bridge controlled rectifier is one of the most widely used types of solid-state converters in DC drive applications for higher performance. In most of the previous designs gate control circuits of the converter have been designed with analog method, which can be easily affected by noise. In this study microprocessor and peripheral LSIs are used for eliminating these problems and successful results have been obtained.

따라서 본 연구에서는 3상전원 위상검출부의  $\Delta-Y$  변압기 결선의 위상관계와 LSI 8253등을 이용하여 제어각 발생을 온라인으로 가능하게 함으로써 마이크로프로세서를 제어동작등에 보다 전담할 수 있게 하였다. 그리하여 기존의 방식에 비하여 간편하며 신뢰성 용용성 및 고기능을 갖추며 제어각  $0.5^\circ$ 의 분해능을 갖는 위상제어 범위가  $0^\circ - 180^\circ$ 의 3상 브리지 컨버터 제어회로를 설계 제작하여 직류 전동기 속도제어등의 분야에 사용할 수 있게 하였다.

## 1. 서론

## 2. 3상 브리지 컨버터의 기본 원리 및 구성

최근 다이리스터 등 전력용반도체 소자들의 대용량화 고속화 및 저가격화에 힘입어 반도체 전력변환 장치의 산업현장에서의 사용이 계속 확대되고 있으며, 그중 직류 전동기 가변속 제어, 교통수단 견인, 고압직류송전(HVDC Transmission) 및 초전도 전력저장 장치(SMES) 등의 응용분야에는 교류-직류 전력변환 장치인 다이리스터를 이용한 3상 브리지 컨버터가 핵심적으로 사용되고 있다. 그런데 이러한 컨버터들에 있어서 다이리스터의 위상제어가 기존의 아날로그 방식으로 행하여 지는 경우 온도 영향등에 의한 저항 및 선형소자등 제어회로의 정수값들의 변동에 의한 동기화의 곤란, 잡음의 영향, 성능의 용용성 및 고기능화에도 한계에 봉착하게 된다.

그림 1은 2상한 운전이 필요한 산업 응용분야에 널리 사용되고 있는 3상 다이리스터 브리지 컨버터의 기본회로로서 각 다이리스터들은 매  $60^\circ$  간격으로 점호되며, 이것의 출력 리플전압 주파수의 기본과 성분은 입력 전원전압 주파수의 6배가 되므로 단상 또는 3상 반파 컨버터(three-phase half-wave converters) 등에 비하여 출력전압에 대한 평활 필요성이 줄어든다.  $\omega t = \pi/6 + \alpha$  일 때 다이리스터 T 6는 이미 도통중이고 T 1이 점호된다.  $(\pi/6 + \alpha) \leq \omega t \leq (\pi/2 + \alpha)$  구간동안 다이리스터 T 1과 T 6가 도통되며 선간전압  $u_{ab} (= u_{an} - u_{bn})$ 가 부하 양단에 나타난다. 구간  $\omega t = \pi/2 + \alpha$ 에서 다이리스터 T 2가 점호되고 T 6는 즉시 역바이어스 된다. 자연 전류에 의하여 T 6가 소호되며,  $(\pi/2 + \alpha) \leq \omega t \leq (5\pi/6 + \alpha)$  구간 동안에 T 1과 T 2가 도통하여 선간전압  $u_{ac}$ 가 부하 양단에 나타난다. 다이리스터가 그림 1의 경우와 같이 번호 매겨졌다고 하면 점호 순서는 12, 23, 34, 56, 및 61과 같이 되고 입력상전압이

또한 마이크로프로세서에 의한 디지털 방식의 게이트 제어회로가 가급 연구발표되었으나 이들 연구에서는 위상제어가 발생을 주부 인터럽트 처리에 의해서 행하여 왔기 때문에 인터럽트 처리시간만큼의 시간간격동안은 페루프 제어동작등에 활애할 수 없고 컨버터의 위상제어각 분해능에도 영향을 준다.

$$u_{an} = V_m \sin \omega t$$

$$v_{bn} = V_m \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3}) \dots\dots\dots (1)$$

$$v_{cn} = V_m \sin(\omega t + \frac{2\pi}{3})$$

과 같은 경우 선간전압은

$$v_{ab} = v_{an} - v_{bn} = \sqrt{3} V_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{6})$$

$$v_{bc} = v_{bn} - v_{cn} = \sqrt{3} V_m \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) \dots\dots\dots (2)$$

$$v_{ca} = v_{cn} - v_{an} = \sqrt{3} V_m \sin(\omega t + \frac{5\pi}{6})$$

로 되고, 제어각  $\alpha$  인 경우 규준화된 출력 전압은

$$V_n = V_{dc} / V_{dmax} = \cos \alpha \dots\dots\dots (3)$$

로 되어 출력 전압은 제어각  $\alpha$  에 비례한다.

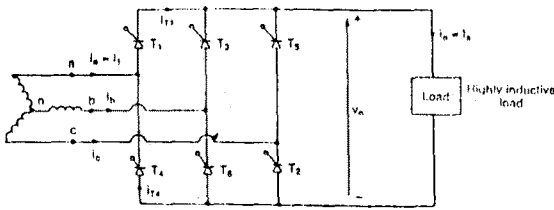


Fig.1 Power circuit of 3-phase full bridge converter.

### 3. 시스템의 설계

그림 2 는 전체 시스템의 블록도로서 전원과 제어회로 간의 동기신호 및 상교차점 신호 획득을 위한 부분(power signal operation & zero crossing detector)과 실제 제어각  $\alpha$  를 발생 시키기 위한 8253(programmable interval timer), 80286을 CPU로 갖는 IBM PC-AT, 게이트 신호 증폭

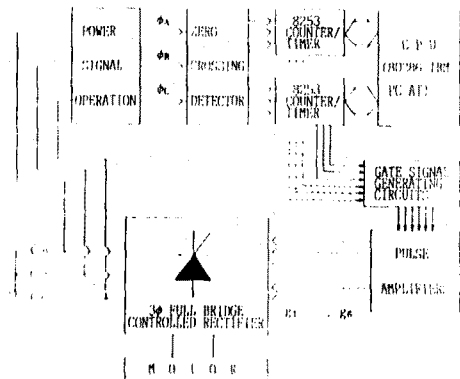


Fig.2 Block diagram of overall system.

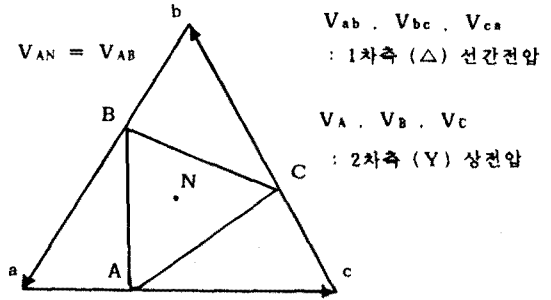


Fig.3 Phase diagram of  $\Delta$ -Y transformer connection.

부와 다이리스터 브리지, 부하로서 직류 전동기가 설치 되어 있다. 제어각 발생을 위한 8253은 Programmable One Shot 모드인 'MODE 1' 을 사용하였다. 8253의 게이트는 전원과 브리지회로와의 위상 관계를 고려하여 영교차점 신호(zero crossing signal)를 바로 이용하였다.

또한 다이리스터 T1 은  $v_{cb}$  와  $v_{ab}$  의 상교차점에서 부터 도통될 수 있는데 이 점은 바로  $v_{ac}$  의 영교차점이다. 그림 3은 전원과 제어회로 간의 위상신호 동기화 및 검출을 위한  $\Delta$ -Y 결선된 변압기의 1-2차측 간의 전압 위상선도로서 2차(Y)측 상전압은 1차( $\Delta$ )측 선간전압과 동상이다. 따라서  $v_{ac}$  의 영교차점이란  $-v_{cn}$  의 영교차점으로 2차(Y)측에서 얻어질 수 있다. 이렇게 구해진 상교차점은 논리회로를 거쳐 정형된후 8253에 게이트 신호로 인가되어 제어각  $\alpha$  에 해당하는 카운팅 데이터로서 2개의 8253 안에 있는 6개의 카운터에 미리 로드된 카운팅데이터 값을 카운트다운 함으로써 원하는 제어각  $\alpha$  를 발생시킨다. 그림 4와 5는 시스템구동 소프트웨어의 흐름도이며 프로세서로는 80286 마이크로프로세서의 8 MHz IBM PC-AT를 사용하였다.

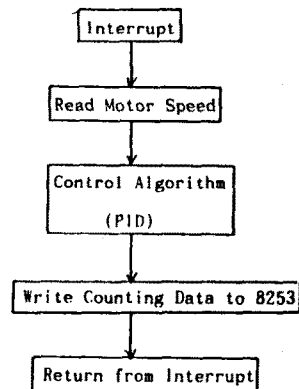


Fig.4 Flowchart of main program.

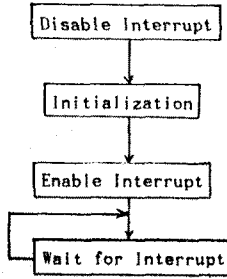


Fig.5 Flowchart of interrupt service routine.

#### 4. 실험 및 고찰

설계 제작된 마이크로프로세서 구동 3상 다이리스터 브리지를 0.5마력 직류 전동기에 인가하여 시운전 해본 결과 양호한 제어각 분해능과 전압제어 신호에 대한 시간 지연이 거의 없는 빠른 응답 특성과 원하는 가변전압 제어 성능을 확인할 수 있었다. 그림 6, 7은 각각 제어각  $\alpha$ 가  $15^\circ$  와  $60^\circ$  인 경우의 컨버터의 출력전압과 전동기 부하에 흐르는 전류를 보이고 있으며, 그림 8은 제어각  $\alpha$ 의 명령이  $15^\circ$  에서  $60^\circ$  로 바뀔때의 전동기 양단의 전압과 전류 파형을 보이고 있다.

#### 5. 결론 및 과제

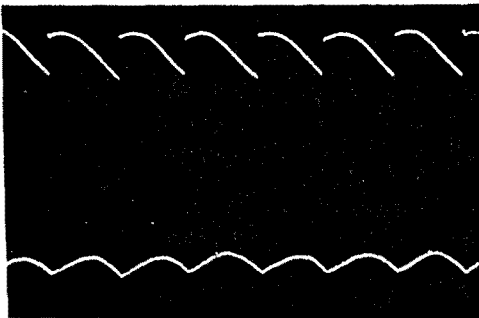


Fig. 6 Waveform of voltage and current at  $\alpha = 15^\circ$

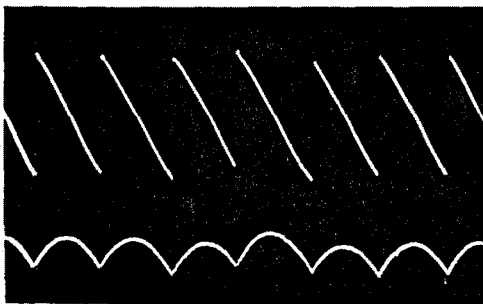


Fig. 7 Waveform of voltage and current at  $\alpha = 60^\circ$

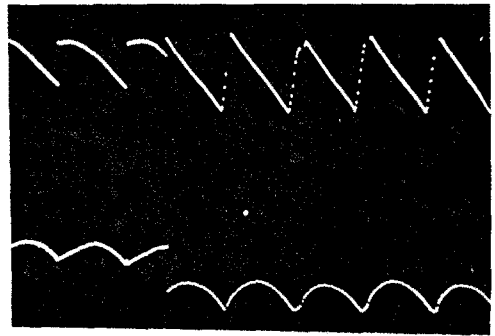


Fig.8 Waveform of voltage and current when voltage command was changed from  $\alpha = 15^\circ$  to  $60^\circ$

이상과 같은 마이크로프로세서를 이용한 3상 브리지 컨버터의 제어회로 설계에 관한 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 종래의 아날로그 방식의 단점인 온도변화등에 따르는 전원전압과 제어회로간의 동기화 문제 및 잡음의 영향등을 배제한 융통성을 갖는 양호한 성능의 컨버터를 실현하였으며 직류 전동기 가변속 제어 분야등에 활용할 수 있게 하였다.
- 2) 전원 전압과 다이리스터 브리지와의 위상 관계를 고려하여 영교차점(zero-crossing point)신호를 8253의 게이트 단자에 바로 인가함으로써 신호처리상 시간 지연을 최소화 하여 프로세서로 하여금 제어알고리즘등에 보다 많은 연산 시간을 할애하게 할 수 있었다.
- 3) 이후 연구과제로는 전류궤환 루프를 포함한 디지털 제어 알고리즘보완 적용과 이중 컨버터를 이용한 4상한 운전 및 사이클로컨버터에 의한 확장 문제 등이 남아있다.

#### 참 고 문 헌

1. P. C. Tang, S. S. Lu, and Y. C. Wu, "Microprocessor-based design of a firing circuit for three-phase full-wave thyristor dual converter", IEEE Trans. Ind. Electron., Vol. IE-29, pp. 67-73, Feb. 1982.
2. Ali Mirbod and Ahmed El-Amawy, "A general-purpose microprocessor-based control circuit for a three-phase controlled rectifier bridge", IEEE Trans. Ind. Elec., Vol. IE-33, No. 3, Aug. 1986.
3. S. B. Dewan and W. G. Dunford, "A microprocessor-based controller for a three-phase controlled rectifier bridge", IEEE Trans. Ind. App., Vol. IA-19, pp. 113-119, July/Aug. 1983.
4. S. B. Dewan, A. Straugen, Power semiconductor circuit, John Wiley & Sons Inc, pp. 214-276, 1975.