

반송파와 신호파의 기본 데이터를 이용한 3상 전압형

인버터의 THD 저감 제어

Control of Three Phase VSI using Fundamental Data of the Carrier and Signal for

Reducing the THD

김영민*, 황중선, 김종만, 박현철

(YeongMin Kim, JongSun Hwang, JongManI Kim, HyunChul Park)

Abstract

This research suggested the new algorithm controlled by micro processor which is already stored by various PWM form of output voltage by using fundamental data of the carrier and signal.

The determined PWM pattern is not concerned with the signal wave form and the new algorithm can obtain the desired pulse width by synchronous of carrier.

The PWM wave can be controlled with real time by using extra hardware and digital software and to speed up program processing, the control signals to switch the power semi-conductor of three phase PWM inverter, simultaneously use the output signal by microprocessor and extra hardware, and control signal by software .

In the end, this method was proved by applying to Three phase voltage source inverter.

Key words: new algorithm, PWM pattern, micro processor, real time

1. 장 서 론

자기소호 능력을 갖는 전력용 반도체 스위칭 소자의 대용량화 및 고속 스위칭화로 반도체 전력변환장치의 제어성은 한층 고도화되고 그 응용분야도 다양화되고 있다. 특히, 마이크로 프로세서 기술의 급속한 발달로 이들을 제어회로에 적용하게 되어 교류전동기 가변속 구동 시스템, 또는 무정전 전원장치(UPS), 스위칭 레귤레이터 등 각종 응용시스템의 성능이 눈부시게 향상되었다. 한편, 유도전동기의 가변속 운전 을 위하여 가변 전압 가변 주파수의 전원으로 서 PWM제어방식의 전압형 인버터가 널리 사용되

고 있다. 이러한 인버터의 PWM 제어에는 PWM 패턴의 선택과 제어신호 발생 방법이 중요한 문제이다. 따라서 최근에는 PWM 제어에 마이크로 프로세서를 이용한 프로그램 제어가 일반화되고 있다[1].

기존의 제어 방식은 전동기의 가변속 운전시 출력 전압과 주파수를 연산하고 반송파와 신호파를 제어하여 PWM 패턴을 발생하기 때문에 가변 전압 가변 주파수의 전동기 운전 에 효율적으로 대응하기 어려운 문제점이 있었다[2]. 따라서 본 연구에서는 신호 파와 반송파의 기본 데이터를 이용하여 출력전압에 따라 여러 가지의 펄스폭 변조 형태를 미리 마이크로 프로세서에 저장하여 제어하는 알고리즘을 제안 하였다. 즉, 펄스 폭 패턴을 미리 결정하여 ROM 등 에 기억시키며 반송파 펄스에 의해 펄스 폭을 광범 위하게 출력시킨다. 이것은 신호파의 파형과는 무관 하게 패턴이 결정되며 반송파에 동기하여 원하는 펄

* 담양대학 초고속정보통신공학부
(전남 담양군 담양읍 향교리 담양대학,
Fax: 061-380-8466
E-mail :ymkim@damyang.damyang.ac.kr)

스폭을 얻을 수 있다. 따라서 펄스 폭을 결정하는 입력신호는 평균화된 주파수 지령 f_{ref} 와 전압 지령 V_{ref} 로 된다. 이 방식은 주파수 지령전압을 교류신호로 변환하는 발진기(VCO; voltage controlled oscillator)의 기능도 변조회로에 삽입하는 것이 가능하며 회로구성이 간단해진다.

본 연구에서 제안한 제어기법은 아날로그 기법에서 이용되어 온 반송파와 신호파의 기본 데이터를 미리 연산하여 그 값을 저장하고 일정 V/F제어시 전압과 주파수를 선형적으로 제어하면서 고조파 전류율을 일정 범위 내에서 제어할 수 있다. 인버터의 제어 시스템 구성은 펄스폭 변조신호를 출력시켜 주는 제어부분과 PWM 인버터, 하드웨어 및 퍼스널 컴퓨터와 통신이 가능하도록 하는 인터페이스 부분으로 되어 있다. 제어 프로그램은 퍼스널 컴퓨터에서 작성하여 16비트 마이크로 프로세서로 전송시켜 제어기능을 수행하도록 구성하였다. 그리고 이를 3상 전압형 인버터에 적용하여 그 유용성을 입증하였다.

2.장 인버터 제어

인버터 제어를 위한 펄스폭 변조파는 별도의 하드웨어와 디지털 소프트웨어에 의하여 실시간 제어가 가능하도록 하였다. 프로그램 수행속도를 최대한 빠르게 하기 위하여 삼상 PWM 인버터의 각각의 전력용 소자들을 스위칭하기 위한 제어신호들은 마이크로프로세서 및 외부의 하드웨어에 의한 출력신호와 소프트웨어에 의한 제어신호를 동시에 이용하고 있다.

2.1 제어 프로그래밍 원리

인버터의 출력 주파수 제어는 16비트 마이크로 프로세서 외부에서 발생하는 전압을 A/D변환기로 읽어들이어 부하에 알맞은 프로그램에 의해 인버터를 조정하도록 하였다. 특정 고조파들을 제거하기 위하여 프로그램에 의해 변조지수와 주파수비를 바꾸어야 하는데, 이를 위한 제어신호는 외부 하드웨어를 이용하여 진동기와 접속된 타코-제너레이터에서 발생하는 전압을 A/D 변환하여 속도제어에 알맞은 프로그램을 출력하도록 하였다. 그리고 동시에 주파수 제어를 하여 가변 전압 가변 주파수 제어로 유도전동기의 가변속 응용시 일정 범위 내에서 제어할 수 있도록 하였다.

제어 컴퓨터로 프로그램을 입력한 다음 이를 다시 통신 라인을 통해 16비트 마이크로 프로세서로 전송

하도록 하고 있다. 제어는 16비트 마이크로 프로세서에 의하여 수행하였 있으며 퍼스널 컴퓨터로 관리할 수 있도록 하였다.

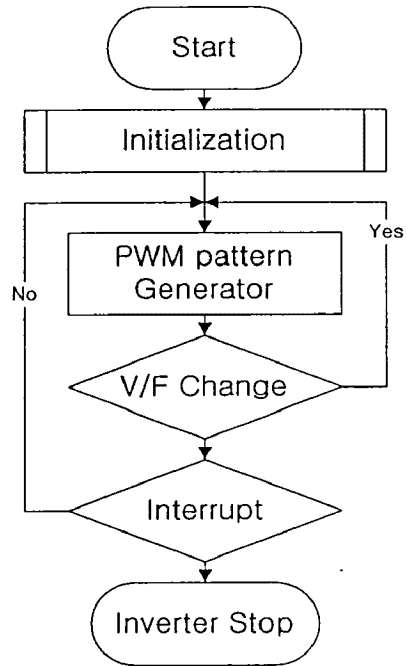


그림 2.1. 제어 흐름도

Fig. 2.1. Flowchart of program

그림 2.1은 인버터 제어 프로그램의 수행 흐름도를 나타낸 것이다.

종전의 디지털 방식에서는 신호파와 반송파를 변화시켜 특정 고조파를 제거할 수 있는 펄스폭 변조 형태를 만드는데, 펄스폭 변조시에 인버터의 출력 전압의 변화를 출력 주파수의 변화에 대응하여 선형적으로 제어하기 어려운 문제점이 있었다.

본 연구에서 제안한 제어기법은 신호파와 반송파의 기본 데이터를 이용하여 출력전압에 따라 여러 가지 펄스폭 변조의 형태를 미리 마이크로 프로세서에 저장한 후, 연산 프로그램에 의하여 출력하며, 종전 아날로그 방식과는 달리 인버터의 출력전압의 변화에 대응하여 선형적으로 제어하기가 용이하다. 따라서 V/F 일정제어와 같은 응용에 있어서 주파수비와 변조지수를 바꾸는 제어신호에 의해 여러 가지 펄스폭 변조 형태를 발생시킬 수 있는 다양한 프로그램을 통해 고조파 전류율을 낮출 수 있으며, 선형적인 제어로 가변속 구동 시스템을 효율적으로 운용할 수 있는 특징이 있다.

2.2 제어 시스템 구성

인버터 제어 프로그램은 컴퓨터의 통신 라인으로 부터 마이크로 프로세서로 전송된다. 그림 2.2는 제어 시스템의 블록 다이어그램이다.

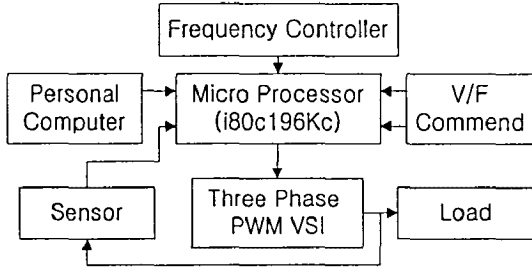


그림 2.2. 시스템의 블록선도
Fig. 2.2. Block diagrams of system

컴퓨터와 마이크로 프로세서 사이에는 설정된 인터럽트의 조건에 의해 인버터의 운전과 정지, 프로세서와의 통신 등을 할 수 있다. PWM 인버터의 변조지수나 주파수비를 바꾸어 프로그램 하였고 이 프로그램을 실행하는 것은 전동기의 부하변동에 따른 출력 전압에 의해 프로그램이 변동되어 인버터를 제어한다.

적용한 전동기의 정격은 220[V], 60[Hz], 0.75[Kw]이다. 제안한 방식은 전동기가 부하에 따라 속도가 변동하므로 일정제어를 하는데 유리하고 정격속도 이하의 속도 범위에서 주로 운전된다. 전동기 운전 시에는 일정속도도 문제가 되지만, 인버터에서 발생하는 고조파에 의한 전자유도 장애, 전동기 과열 등도 문제가 되고 있는데, 정토크 영역에서 고조파 성분을 낮추는 것이 필요하다. 그림 2.2에서의 전동기 구동 시스템은 출력측 부하변동에 따라 PWM 인버터를 제어할 수 있도록 고려하였다.

마이크로 프로세서는 i80c196Kc 프로세서를 적용하였고 변조지수를 바꾸기 위한 제어신호와 제어신호를 조절하는 제어부의 블록 다이어그램은 그림 2.3과 같다.

그림 2.3에서와 같이 예상되는 부하에 따른 일정 프로그램을 16bit CPU에 저장하여 전동기에서 출력되는 전압 및 전류, 회전수에 따라 변환된 프로그램 신호를 발생한다. 프로그램에 의해 출력되는 펄스폭 변조패턴은 인터페이스를 통해 펄스폭 변조 신호들이 만들어진다. 이 펄스폭 변조신호들은 절연 회로

를 거쳐 인버터 주회로의 스위칭 신호로 입력된다.

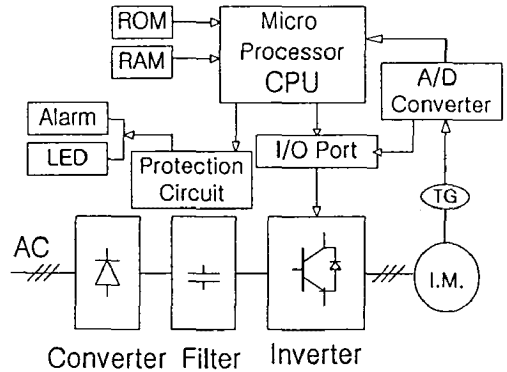


그림 2.3. V/F 제어부의 블록선도
Fig. 2.3. Block diagrams of V/F control part

3.장 실험 및 고찰

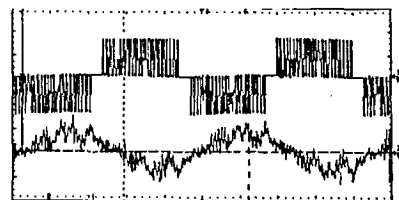
제안된 프로그램에 의한 PWM 인버터의 출력 파형에 포함된 고조파 성분들을 스펙트럼 어널라이저 (ADVANTEST R9211A) 사용하여 분석하였다.

삼상 유도 전동기를 부하로 하여 효율적인 가변속 운전이 가능함을 출력 전압 및 출력 전류 파형 측정 결과로서 입증하였다.

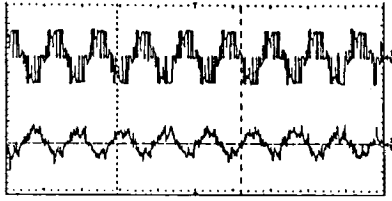
본 연구에서는 주파수를 23~92[Hz]까지 변화시키면서 스펙트럼 어널라이저 이용하여 분석하였다.

부하는 인버터 출력단에 삼상 유도전동기(정격전압 220V, 극 수 4P, 정격출력 0.75KW, 정격전류 4.2A, 정격주파수 60[Hz], 정격회전수 1710rpm)를 연결하여 측정하였다.

그림 3.1의 (a), (b)는 PWM 제어시 전압(上), 전류(下)파형이며 그림 3.2 (a), (b)는 계산된 프로그램에 의해 주파수를 변화시키면서 출력 전압파형에 포함된 고조파성분의 스펙트럼을 측정한 결과이다.



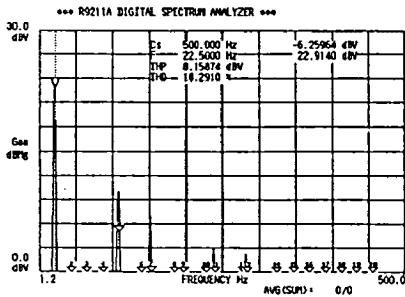
(a) (f=23)



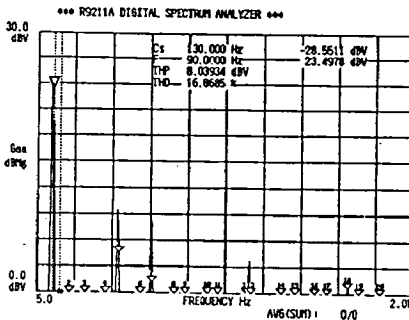
(b) (f=92)

그림 3.1. PWM 출력 전압/ 전류파형

Fig. 3.1. Waveforms of output current and output voltage.(200V/div, 5 msec/div)



(a) (f=23)



(b) (f=92)

그림 3.2. 출력 전압파형의 고조파 스펙트럼

Fig. 3.2 Spectrums of harmonic

4.장 결론

제안된 방법에 의한 PWM 인버터의 제어를 통하여 출력전압 파형에 포함된 고조파 성분을 저감시킬 수 있었고, 유도 전동기의 가변 전압 가변 주파수 운전의 경우에, 일정한 고조파 전류율 이내에서 고효율 운전이 가능하게 되며, 다른 전원공급 시스템에 응용할 경우 출력전압 파형의 왜형율을 일정범위 이내로 제어할 수 있어 시스템 성능을 향상시킬 수

있다.

제안된 방식의 제어 기법은 인버터가 사용되는 무정전 전원장치나 기타 시스템에 적용할 경우 효율적인 운전이 가능할 것으로 생각되며, 전동기의 운전 특성 및 각각의 주파수 변화에 따른 입력측 고조파에 대한 수치적 해석 등의 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] S.R.Bowes and R.R.Clements, "Computer aided design of PWM inverter system," Pro. IEE, Vol. 129, pp. 1-17, Jan., 1992
- [2] S.R.Bowes and P.R.Clark, "Transporter based harmonic-elimination PWM control of inverter drives," IEEE Trans. on Ind. Appl., Vol. 28, No.1, pp. 81-88, J./Feb. 1992
- [3] L. Salazar, G. Joos, "PSPICE simulation of three-phase inverters by means of switching functions", IEEE Trans. on power electronics, Vol. 9, No. 1, pp. 35-42, January 1994
- [4] Vichai Saechout, Michio Nakano, Yoshiaki Matsuo, "An Optimum Switching Control for Feedback Sinusoidal Inverters" T.IEE Japan, Vol.113-D, No.7, pp.840-848, 1993.
- [5] Inter Embedded Applications, 1993/1994