

3상 전압형 인버터의 디지털 PWM 제어에 관한 연구

설 남오, 김 영민

서남대학교 전자전기공학과, 담양전문대학 전기과

A study on digital PWM control of 3 ϕ voltage-type inverter

Nam O Seul, Young Min Kim

Dept. of Electrical Eng. Seonam University, Dept. of Electrical Dam Yang College

Abstract - It is suggested that the PWM inverter is controlled by Digital Software Programming.

VVVF(Variable Voltage Variable Frequency) inverter control being used by PWM control for driving the motor with speed-varying, makes the PWM pattern with calculating the output voltage and frequency, and with controlling the carrier and signal, so actually this method is difficult to correspond with driving the motor by using voltage-varying and frequency-varying.

Therefore 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 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-type Inverter.

리즘을 제안하였다. 즉, 미리 결정된 펄스 폭의 패턴을 ROM 등에 기억시키며 반송파 펄스에 의해 펄스 폭을 광범위하게 출력시킨다. 이것은 신호파의 파형과는 무관하게 패턴이 결정되며 반송파(clock)에 동기하여 원하는 펄스폭을 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. 그리고 이를 3상 전압형 인버터에 적용하여 그 유용성을 입증하였다.

본 연구에서는 디지털 소프트웨어에 의하여 펄스폭 변조파를 출력시켜 PWM인버터를 제어하는 프로그래밍 기법을 제안하였다.

펄스폭 변조파는 별도의 하드웨어와 디지털 소프트웨어에 의하여 실시간 제어가 가능하며, 프로그램 수행속도를 최대한 빠르게 하기 위하여 삼상 PWM인버터의 각각의 전력용 소자들을 스위칭하기 위한 제어신호들은 마이크로 프로세서와 외부의 별도 하드웨어에 의한 출력신호와 소프트웨어에 의한 제어신호를 동시에 이용하고 있다.

제안한 디지털 소프트웨어 제어기법은 아날로그 기법에서 이용되어온 변조파와 반송파의 기본 데이터를 미리 연산하여 데이터를 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 PWM인버터, 하드웨어 및 퍼스널 컴퓨터와 통신이 가능하도록 하는 인터페이스 부분으로 되어 있다. 제어 프로그램은 퍼스널 컴퓨터에서 작성하여 16비트 마이크로 프로세서로 전송시켜 제어기능을 수행하도록 구성하였다.

1. 서 론

사이리스터(SCR)가 개발된 이래로 대용량 Power-TR., GTO, Power-MOSFET, IGBT 등 자기 소호 능력을 지닌 전력용 반도체 스위칭 소자의 등장과 더불어 보다, 대용량화 및 고속 스위칭으로 반도체 전력 변환장치의 제어성은 한층 고도화되고 그 응용분야도 다양화되었다. 특히, 마이크로 컴퓨터 기술의 급속한 발달로 이들을 제어회로에 적용하게 되어 교류전동기 가변속 구동 시스템, 혹은 무정전 전원장치(UPS), 스위칭 레귤레이터 등 각종 응용시스템의 성능은 눈부시게 향상되었다. 한편, 유도전동기의 가변속 운전 을 위하여 가변 전압 가변 주파수의 전원으로서 PWM제어방식의 전압형 인버터가 널리 사용되고 있다. 이러한 인버터의 PWM제어에는 PWM패턴의 선택과 제어신호 발생 방법이 중요한 문제이다. 따라서 최근에는 PWM제어에 마이크로 프로세서를 이용한 디지털 제어가 일반화되고 있는 추세이다[1].

중전의 디지털 제어 방식은 전동기의 가변속 운전시 출력전압과 주파수를 연산하고 반송파와 신호파를 제어하여 PWM패턴을 발생하기 때문에 가변 전압 가변 주파수의 전동기 운전 에 효율적으로 대응하기 어렵다[2]. 따라서 본 연구에서는 신호파와 반송파의 기본 데이터를 이용하여 출력전압에 따라 여러 가지의 펄스폭 변조 형태를 미리 마이크로프로세서에 저장하여 제어하는 알고

2. 본 론

2.1 디지털 제어 프로그래밍 원리

인버터의 출력 주파수 제어는 16비트 마이크로 프로세서 외부에서 발생하는 전압을 A/D변환기로 읽어 들여 부하에 알맞은 프로그램에 의해 인버터를 조정하도록 하였다. 특정 고조파들을 제거하기 위하여 프로그램에 의해 변조지수와 주파수비를 바꾸어야 하는데, 이를 위한 제어신호는 외부 하드웨어를 이용하여 전동기와 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.

여기서는 제어 컴퓨터로 프로그램을 입력한 다음 이를 다시 통신라인을 통해 16비트 마이크로 프로세서로 전송하도록 하고 있다. 제어는 16비트 마이크로 프로세서에 의하여 수행할 수 있으며 컴퓨터로 관리하도록 하였다.

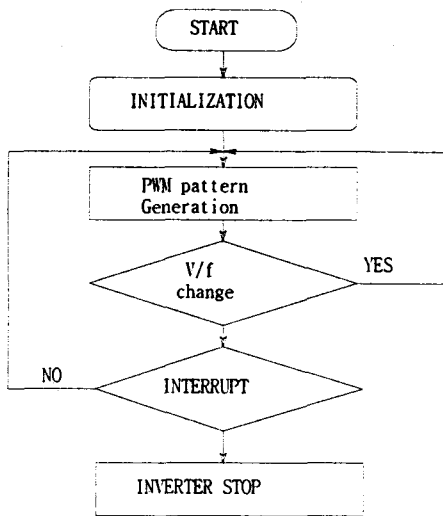


그림 1

그림 1. 제어 프로그램의 흐름도
Fig. 1. Flowchart of program

그림 1은 인버터 제어 프로그램의 실행시 흐름도를 나타낸 것이다.

중전의 디지털 방식에서는 신호파와 반송파를 변화시켜 특정 고조파를 제거할 수 있는 펄스폭 변조 형태를 만드는데, 펄스폭 변조에 인버터의 출력 전압의 변화를 출력 주파수의 변화에 대응하여 선형적으로 제어하기 어렵게 된다.

본 연구에서 제안한 디지털 소프트웨어에 의한 제어 기법은 변조파와 반송파의 기본 데이터를 이용하여 출력전압에 따라 여러 가지 펄스폭 변조의 형태를 미리 마이크로 프로세서에 저장하여 연산 프로그램에 의해 출력하며, 중전 아날로그 방식과는 달리 인버터의 출력전압의 변화에 대응하여 선형적으로 제어하기가 용이하다. 따라서 V/f 일정제어 등 응용의 경우에 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 제어시스템 구성

인버터 제어프로그램은 컴퓨터의 통신라인으로부터 마이크로 프로세서로 전송된다. 그림 2는 제어 시스템의 블록 다이어그램이다.

컴퓨터와 마이크로 프로세서 사이에는 설정된 인터럽트의 조건에 의해 인버터의 운전과 정지, 프로세서와의 송신 등을 할 수 있다. PWM인버터의 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 운전시에는 일정속도도 문제가 되지만, 인버터에서 발생하는 고조파에 의한 전자유도 장애, 전동기 과열 등도 문제가 되고 있는데, 정도오크 영역에서 고조파 성분을 낮추는 것이 필요하다. 그림 2에서의 전동기 구동 시스템은 출력측 부하변동에 따라 PWM인버터를 제어할 수 있도록 고려하였다. 마이크로 프로세서는

i80c196Kc프로세서를 사용하였고 변조지수를 바꾸기 위한 제어신호와 제어신호를 조절하는 제어부의 블록 다이어그램은 그림 3과 같다.

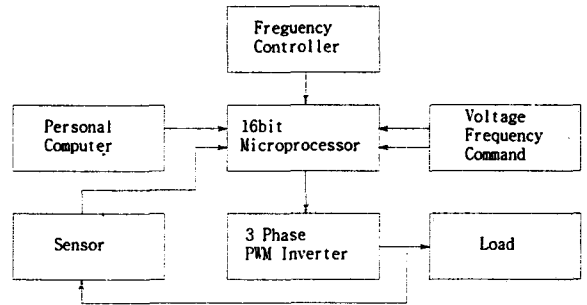


그림 2. 제어시스템의 블록선도
Fig. 2. Block diagram of Control system.

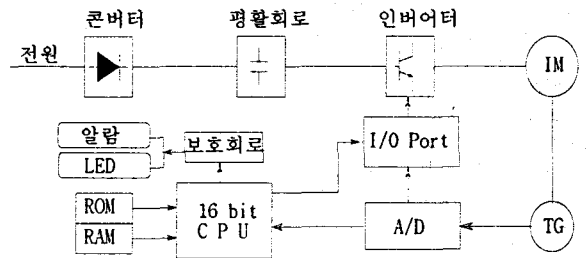


그림 3. 전압 및 주파수 제어부의 블록선도
Fig. 3. control part of voltage and frequency.

그림 3에서와 같이 예상되는 부하에 따라 일정한 프로그램 하고 이것을 16bit CPU에 저장하여 전동기에서 출력되는 전압 및 전류, 회전수에 따라 변환된 프로그램 신호를 발생한다. 디지털 소프트웨어에 출력되는 펄스폭 변조패턴은 인터페이스를 통해 펄스폭 변조 신호들이 만들어진다. 이 펄스폭 변조신호들은 Isolation Circuit를 거쳐 인버터의 주회로 스위칭 신호로 입력된다.

3. 실험 및 고찰

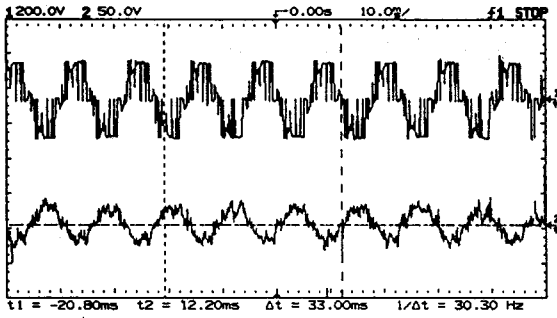
제안한 디지털 소프트웨어에 의한 PWM인버터를 제어하였을 때, 출력 파형에 포함된 고조파 성분들을 스펙트럼 어널라이저(ADVANTEST R9211A) 사용하여 분석하였다.

삼상 유도 전동기를 부하로 하여 효율적인 가변속 운전이 가능함을 출력 전압 및 출력 전류 파형 측정 결과로서 입증하였다. 아날로그 방식에 비하여 새로운 디지털 소프트웨어에 의한 제어 방식은 프로그램에 의하여 자유롭게 변화시킬 수 있는 특징이 있다.

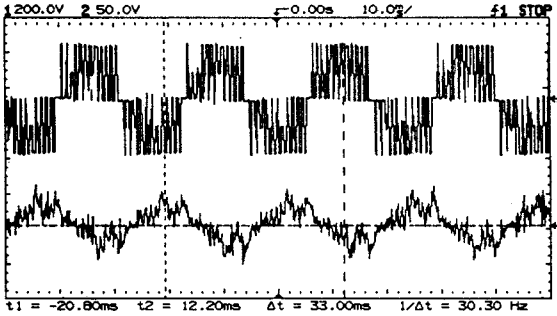
본 연구에서는 주파수를 23 ~ 92Hz까지 변화하면서 스펙트럼 어널라이저 이용하여 분석하였다.

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

그림 4 (a)~(b)는 PWM파형이며 그림 5 (a)~(b)는 계산된 프로그램에 의해 주파수를 변화시키면서 출력 파형에 포함된 고조파성분의 스펙트럼을 측정 한 결과이다.

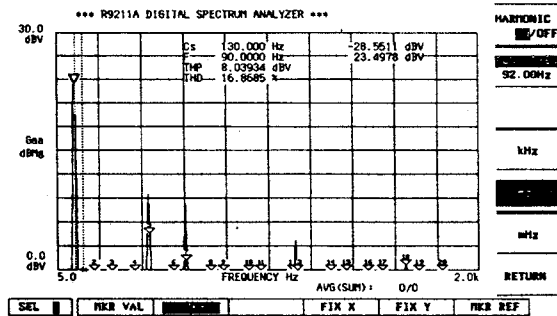


(a) 주파수 :23[Hz]

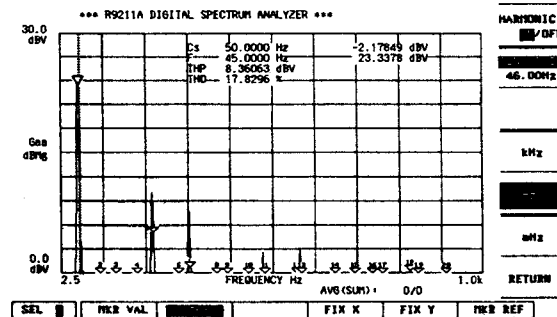


(b)주파수 :92[Hz]

그림 4. PWM 출력 전압 및 출력 전류파형
Fig. 4. waveforms of output current and output voltage (200V/div, 5 msec/div)



(a) 주파수 :29[Hz]



(b) 주파수 : 93[Hz]

그림 5. 스펙트럼 파형
Fig. 5. Curve of spectrum

인버터나 다른 기기들에서 발생하는 고조파는 약전류 계통에 전자유도장해 및 배전계통의 기기들을 오동작시키는 원인이 된다. 또한 전동기 속도제어의 경우에는 각종 손실의 원인이 되기도 한다. 이러한 여러 가지 문제들을 방지하기 위해서는 인버터 자체에서 고조파 성분을 제거할 수 있는 제어방법이 필요하다.

본 연구에서는 디지털 소프트웨어에 의한 PWM인버터의 제어를 통하여 출력파형에 포함된 고조파 성분을 제거할 수 있는 방안을 제시하였다. 유도전동기의 가변 전압 가변 주파수 운전의 경우에, 일정한 고조파 전류를 이내에서 고효율 운전이 가능하게 되며, 다른 전원 공급 시스템에 응용할 경우 출력파형 왜형율을 일정범위 이내에서 제어할 수 있어 시스템 성능을 향상시킬 수 있다.

16비트 i80c196k마이크로 프로세서에 의한 인버터 구동실험 결과는 다음과 같다.

1. 16비트 i80c196k마이크로 프로세서 제어에 의한 PWM인버터를 이용하여 출력파형에 포함된 고조파 성분을 저감하였다.

2. 유도전동기의 일정 V/f 제어에 이용하는 경우 전동기의 출력측 전압과 전류 및 속도를 고려하여 신호파와 반송파를 변환시키는데, 본 연구에서는 전동기 속도를 고려하여 전압 및 주파수 프로그램을 미리 연산하여 전동기 속도에 맞는 전압 및 주파수 프로그램을 출력하여 전동기 가변속 운전이 가능하였다.

3. 유도전동기의 일정 V/f 제어에서 저속에서 고속으로 주파수를 다양한 범위로 바꿀 수있고, 고조파 전류를 낮추면서, 전압 및 주파수 변화를 선형적으로 제어하여 고효율 가변속 운전이 가능해진다.

본 연구에서의 인버터의 디지털 제어 기법은 인버터가 사용되는 무정전 전원장치나 기타 시스템에 적용할 경우 효율적인 운전이 가능할 것으로 생각되며, 전동기의 운전특성 분석, 각각의 주파수변화에 따른 입력측 고조파에 대한 수치적 해석 등의 연구가 필요할 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [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
- [6] K. Taniguchi, Y. Ogino, and H. Irie, "PWM technique for power MOSFET inverter," IEEE Trans. Power Electronics, vol. PE-3, no. 3, pp. 328-334, 1988.
- [7] A.Metterns and D.M.Divan, "A High Frequency Resonant DC Link Inverter Using IGBTs", Proc. IPEC, Tokyo, April 1990, pp. 152-160.
- [8] S. fukuda, H. Hasegawa, and Y. Iwaji, "PWM technique for inverter with sinusoidal output current," in PESC Conf. Rec., 1988, pp. 35-41.