

고속 DSP를 이용한 인버터 GMA 용접시스템에 관한 연구 Study Development of Inveter GMA Welding System using DSP

박 형진*, 황 인성**, 강 문진**, 이 세현***

* 한양대학교 대학원/기계공학과

** 한국생산기술연구원/정밀접합팀

*** 한양대학교/기계공학부

This study used by high speed DSP for more developing capability of inverter GMA welding machine. It also is designed by high speed DSP GMA welding system for real time control and improve of welding capability throught the switching frequency control by using of high speed DSP.

1. 서 론

가스 메탈 아크(Gas Metal Arc: GMA) 용접기는 반도체 소자의 발전에 따라 경량화 되었고 용접전류와 전압을 정밀하게 제어할 수 있게 되었다. 대표적 예가 인버터 회로의 적용을 들 수 있으며, 이를 바탕으로 많은 연구들이 이루어지고 있다.

인버터 회로는 AC 전류를 DC로 변환시키고, 변환된 DC 전류를 스위칭 회로를 통하여 고주파 AC로 바꾸는 역할을 한다.

이러한 인버터 회로는 변압기(transformer)의 단면적과 권선의 개수를 주파수가 증가함에 따라 감소시킬 수 있으므로 인버터 회로에 의해 변환된 고주파의 AC 전류를 사용하면 변압기의 무게를 획기적으로 감소시킬 수 있다.

또한 고속 인버터 제어에 의해 파형제어가 가능하고, 기존의 용접기에 비해 아크의 안정성을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라, 사용을 및 용접 성능을 현저히 증가시킬 수 있다는 장점을 가지고 있다.

본 연구에서는 32 bit DSP를 이용한 실시간(real time) 용접 시스템을 구성하고 고속의 스위칭 주파수를 제어하였다.

2. 실시간 제어를 위한 시스템 구성

본 연구는 Texas Instruments사의 32 bit DSP (Digital Signal Processor)인 TMS320F2812를 이용하여 real time 인버터 용접 시스템을 구성

하였다. TMS320F2812는 32 bit 정수형 DSP로서, 150 MIPS(Million Instructions Per Second)의 처리속도를 가지고 있으며 인버터 출력을 위한 16 bit 정밀도의 timer counter가 내장되어 있고, 되먹임 제어(feedback control)를 위한 12 bit 정밀도의 A/D converter가 내장되어 있다.

본 연구에서는 Fig. 1과 같이 인버터 용접 시스템의 성능을 향상을 시키기 위해 2개의 32bit DSP를 이용하여 Dual DSP Mode의 용접시스템을 구성하였다.

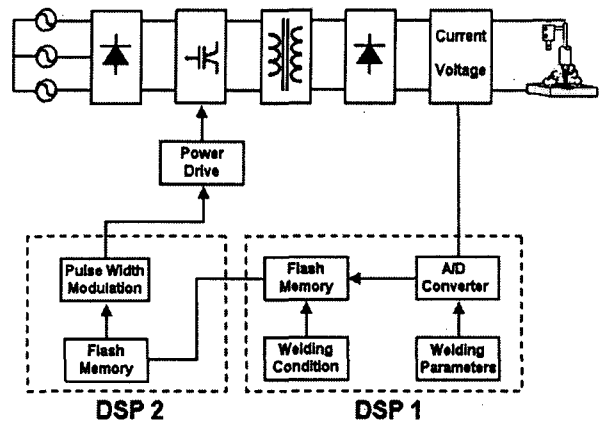


Fig. 1 The inverter system by using of DSP

Fig. 1에 있는 DSP 1은 용접공정 및 A/D Converter에 의한 전류·전압 Feedback 제어와 와이어 송급 속도 제어를 위한 전용 CPU이며, DSP 2는 고속의 인버터 회로 구동을 위한 PWM(Pulse Width Modulation)를 발생하는 전

용 CPU로 사용하였다. 150 MIPS의 처리속도를 가진 DSP를 사용함으로써 복잡한 연산을 일정 제어 주기로 처리하였다.

3. DSP에 의한 인버터 제어

3.1 인버터 스위칭 주파수

용접기는 고전압 저전류의 전력을 저전압 대전류의 전력으로 변환하여 사용한다. 이때 전력을 변환하는 과정에서 변압기 코어의 재질과 크기 및 전력제어주파수에 따라 전력손실이 달라진다. 일반적으로 전달되는 에너지는 식 (1)과 같다.

$$E = 4.44 \times B \times A \times n \times f \quad \text{----- (1)}$$

여기서 E 는 변압기 1차측에서 2차측으로 전달할 에너지(VA), B 는 변압기 코어의 자속밀도, A 는 코어의 단면적, n 는 1차와 2차측 권선비, f 는 전력제어주파수이다.

따라서 같은 에너지를 전달할 때 주파수를 5배 올리면 변압기의 코어의 크기를 약 5배 정도 작게 만들 수 있고, 이에 따라 코어에서 발생하는 손실을 대폭 줄일 수 있다.

즉 line source가 60 Hz인 thyristor 방식의 용접기는 16.67 ms마다 제어가 가능한 반면에 인버터 용접기는 스위칭 주파수가 20 KHz인 경우 0.05 ms 마다 제어가 가능하게 된다.

그러므로 인버터 용접기에서의 스위칭 주파수는 용접기 성능을 결정하는 가장 중요한 요소가 된다. 스위칭 주파수와 제어주기와의 관계는 식 (2)와 같이 계산된다.

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{----- (2)}$$

만약, 100 KHz의 스위칭 주파수라면 제어주기는 10 μ s가 됨을 알 수 있다.

3.2 DSP에 의한 스위칭 주파수 제어

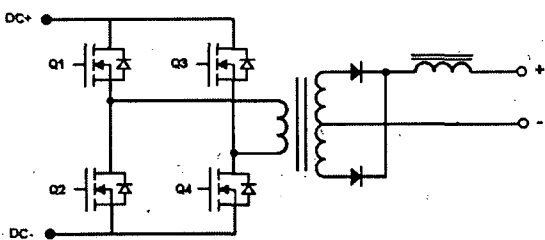


Fig. 2 Full bridge type of a inverter circuit

Fig. 2는 본 연구에서 사용한 full bridge형 인버터 회로부와 용접 출력부를 나타내고 있다.

Table. 1 switching devices of properties

구분	특징
Power Transistor Module	고내압, 대용량 가능. 스위칭 주파수 (7~8kHz)제한
Power MOSFET	고속 스위칭 (200kHz) 가능 대용량화 난점
IGBT	Power MOSFET 와 Power TR의 장점점비. 고속 스위칭(20kHz) 가능

높은 스위칭 주파수 및 전력 용량 등을 고려하여 Table. 1에 스위칭 소자 중에서 MOSFET를 스위칭 소자로 사용하였다.

인버터 회로의 작동원리는 PWM 방식에 제어 신호를 MOSFET의 Gate단에 인가함으로써 원하는 용접 출력을 얻게 된다. 그러므로 PWM의 주파수 및 duty의 분해능이 Inverter 용접기의 성능을 좌우하게 된다.

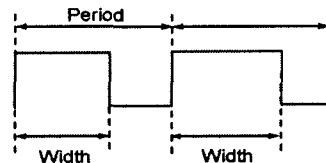


Fig. 3 The general PWM signal

8 bit 타이머 카운터 경우에는 255개의 timer value 값을 가질 수 있으나 16 bit 타이머 카운터의 경우에는 65535개의 Timer value 값을 가질 수 있다.

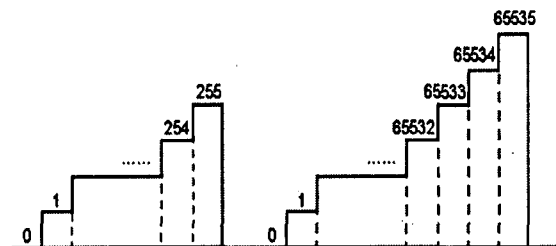


Fig. 4 8 bit PWM & 16 bit PWM

본 연구에서 사용한 TMS320F2812는 최고 150 MIPS의 속도와 16 bit 타이머 카운터 레지스터를 가지고 있다.

Fig. 5는 스위칭 주파수가 100 kHz일때 DSP에서 출력되는 PWM 파형을 계측한 결과이다. 각 PWM의 주기가 10 μ s가 됨을 알 수 있다.

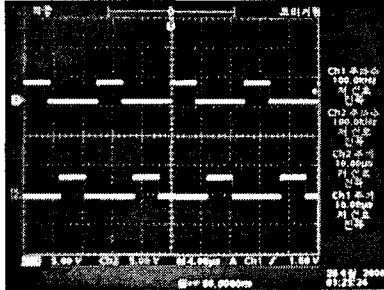


Fig. 5 The shape of wave in 100 kHz

4. 실험 결과

고속 스위칭 주파수를 실험하기 위한 용접 조건은 Table. 2 와 같다.

Table. 2 Welding Conditions

Conditions	Values
Wire	1.2mm Φ AWS ER 70S-6
Shielding gas	100% CO ₂ , 20
Welding speed	300mm/min
CTWD	20mm
Type of welding	Bead on plate welding
Welding voltage	30V
Welding current	300A

Fig. 6는 Table. 2의 조건을 2회 반복 실험한 결과로 각각의 용접비드 형상을 보여주고 있다.

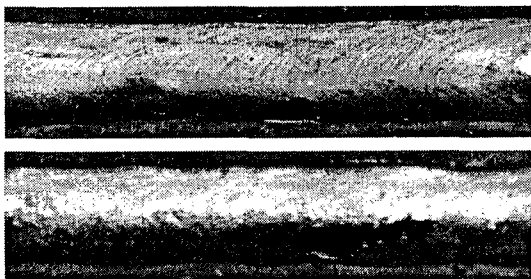


Fig. 6 Weld bead shape

4. 결 론

본 연구에서는 32 bit DSP를 이용한 real time control 용접 시스템을 구성하고 고속의 스위칭 주파수를 제어하였다.

- 1) GMA 용접기의 real time control를 위해 2개의 32bit DSP를 사용하여 Dual DSP mode의 시스템을 설계하였다.
- 2) MOSFET의 Gate단에 인가되는 PWM의 성능 및 분해능을 높이기 위해 16 bit 타이머 카운터 레지스터를 이용하여 인버터 용접기의 성능을 향상시켰다.

후 기

본 연구는 산업자원부에서 시행한 산업기술개발사업의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Mohan, Undeland and Robbins : Power Electronics(Third Edition), WILEY & SONS, INC. 2003, 200-202
2. Gyu-Ha Choe, Young-Min Chae : The Power Conversion Circuit and Its Control Method of Inverter Welding Machines, Journal of KWS, 16-3 (1998) 29-39
3. TMS320C/F28X Peripheral Reference Guide : Texas Instrument co. 2005