

## 단상 AC/DC 승압형 컨버터를 이용한 피복 아크 용접기 역률 개선에 관한 연구

\*유영진, \*김이훈, \*김준호, \*원충연, \*\*김영렬, \*\*\*이상용,  
\*성균관대학교, \*\*안양대학교, \*\*\*한국머신

### A Study On Power Factor Correction of SMAW(shielded metal-arc welding) Using Single Phase AC/DC Boost Converter

\*Y. J. Yu, \*L. H. Kim, \*J. H. Kim, \*C. Y. Won, \*\*Y. R. Kim, \*\*\*S. Y. Lee  
\*Sungkyunkwan Univ. \*\*Anyang Univ. \*\*\*Hankukmachine.

#### ABSTRACT

In this paper, we proposed AC/DC boost converter to improve input current harmonic reduction in SMAW(shielded metal-arc welding). The proposed harmonic reduction with the boost converter design and the UC2854 integrated circuit which controls the converter.

The topology of welding power supply is made of a pair of boost converter and welder half-bridge IGBT inverter. The voltage arc is modeled by a variable resistance in series with a voltage source. The results has been confirmed by PSIM simulation tool.

The simulation results show that input ac current is nearly sinusoidal with low harmonic contents and sinusoidal input current waveform at high power factor.

#### 1. 서 론

산업현장에서 주로 사용되고 있는 인버터 피복 아크 용접기는 보통 다이오드 정류기를 사용한다. 이러한 일반적인 용접기 중에 피복아크용접은 압력을 가하지 않는 용접의 가장 흔한 형태로 피복체를 바른 용접봉과 모재사이에 전기아크에 의해 발생하는 열을 이용하여 용접하는 방식이다. 용접기는 저압, 대전류에서 발생하는 전기적인 에너지가 방전 현상에 의하여 생성되는 아크의 열로 변환되어 모재와 모재를 접합하는 방식이다. 입력전류는 교류 전압의 피크전압을 중심으로 15° 전후로 발생한다. 이로 인하여 출력전압 맥동이 크고 교류측 전류가 불연속적이된다.

인버터의 입력측에 사용된 평활용 커패시터로 인해 용접기의 입력전류는 입력전압이 출력 커패시터

의 충전전압을 초과할 때만 흐르게되어, 통상적인 운전 상태에서도 돌입전류에 가까운 전류가 흐르기 때문에 입력측에 많은 양의 고조파 전류를 함유하게 된다. 이러한 입력측 전압 및 전류의 왜형은 여타 기기에 오동작을 유발하며, 장치의 역률을 저하시켜 계통에 공급해야하는 피상전력의 크기를 증대시키는 단점이 있다. 이러한 이유로 전력변환장치의 역률 개선 및 전원고조파 저감에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있다.<sup>[1]-[5]</sup>

그림 1은 인버터 아크 용접기의 주회로와 각부 파형을 나타내고 있다.

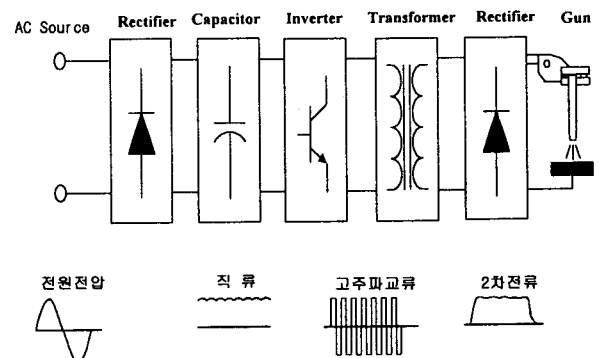


그림 1 인버터식 용접기의 주회로와 각부 파형

본 논문은 이러한 용접시에 발생하는 고조파 왜형 및 역률 보상을 위하여 인버터 피복아크 용접기의 전원측에 단상 AC/DC 승압형 컨버터를 삽입하여 용접기의 입력전류를 정현파 형태로 제어하여 입력측 역률 개선을 하였다.<sup>[3][4][6]</sup>

#### 2. 용접기시스템

그림 2는 용접기 시스템의 전체 구성도 이다. 용접기 시스템에 입력 교류측 전류를 정현파에 가깝게 제어하기 위해 AC/DC 컨버터를 삽입하여 전원

전압과 동상인 정현파형의 전류를 만들어 전원전류의 고조파 성분을 저감하고 동시에 역률개선 하였다. AC/DC 컨버터의 제어회로는 UC2854를 사용하고 인버터는 경제성이 있는 하프 브릿지로 하였다. TL494를 통하여 복잡한 PWM 회로의 구성을 피하고 고속응답성을 가지도록 전체 아날로그 회로의 구성을 간략화 하였다. [1][5][6][7]

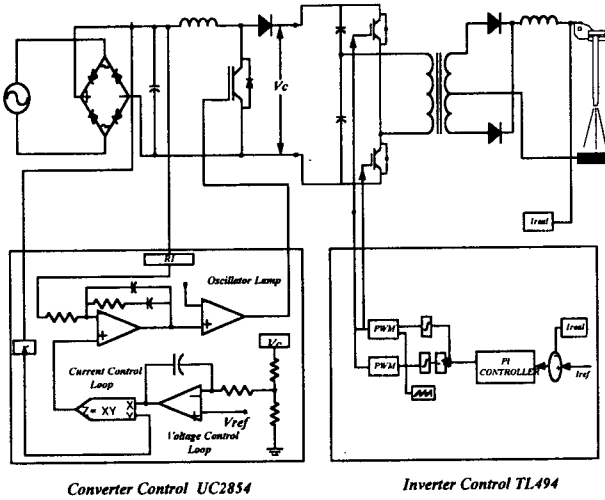


그림 2 전체 시스템 구성도

## 2.1 반파형 인버터 모드별 분석

본 논문에서는 용접기용 인버터로서 경제적인 반브릿지 인버터를 선택하였고, 반파형 인버터에서 발생하는 두 개의 DC-Link 콘덴서의 전압 불균형을 방지하기 위해 블로킹 커패시터를 변압기에 직렬로 연결하여 변압기 포화를 방지하였다. [1][8][9]

반파형 인버터 모드별 해석은 IGBT의 ON, OFF 상태에 따라 다음과 같이 4개의 모드로 구분된다. 반파형 인버터 회로방정식은 다음과 같다.

$$I_{d1} = I_{dc} - I_{s1} \quad (1)$$

$$I_{e2} = I_{d1} - I_A \quad (2)$$

$$V_{d1} = -\frac{1}{C_1} \int I_{d1} \cdot dt \quad (3)$$

$$V_{e2} = -\frac{1}{C_2} \int I_{e2} \cdot dt \quad (4)$$

$$V_{cb} = -\frac{1}{C_b} \int I_A \cdot dt \quad (5)$$

모드 1에서는  $S_a$  스위치가 온상태로  $S_b$ 는 오프상태로  $C_1-S_a-L_1-C_b$ 의 루프가 구성되며 식 (6)과 같은 전압이 1차측에 정방향으로 전달된다.

$$V_{L1} = V_{d1} - V_{cb} \quad (6)$$

$$I_{sa} = I_{L1} \quad (7)$$

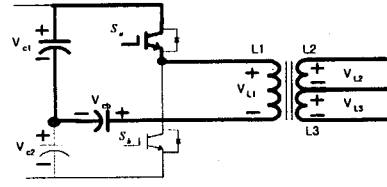


그림 3 모드 1

그림 4에 나타난 모드 2는 모드 1에서 스위치  $S_a$ 가 오프시 변압기 전류의 유무에 따라 a, b 상태로 나눌 수 있다. a는 변압기 인덕터 성분에 의해  $L_1-C_b-C_2-D_2$ 의 전류루프가 구성되며 상태 b는 전류가 흐르지 않아 루프가 구성되지 않는다.

$$a. I_{L1} > 0 \quad V_{L1} = -V_{e2} - V_{cb}, I_{sa} = 0 \quad (8)$$

$$b. I_{L1} = 0 \quad V_{L1} = 0 \quad I_{sa} = 0 \quad (9)$$

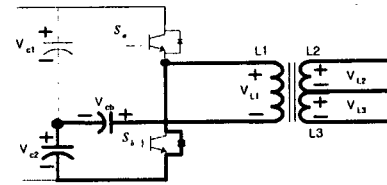


그림 4 모드 2

그림 5은  $S_a$ 은 오프,  $S_b$ 가 온 상태이다.  $C_2-C_b-L_1-S_b$ 의 루프가 구성되며,  $V_{e2}$ 가 변압기 1차측에 역방향으로 전달된다.

$$V_{L1} = -V_{e2} - V_{cb} \quad (10)$$

$$I_{sa} = 0 \quad (11)$$

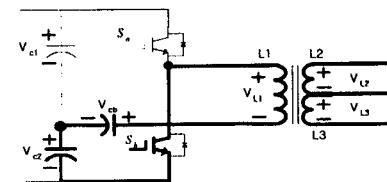


그림 5 모드 3

그림 6은 모드3에서 스위치  $S_b$ 를 오프시 변압기 에 전류의 유무에 따라 c, d 상태로 나눌수 있다. c 상태는 변압기 인덕터 성분에 의해  $L_1-D_1-C_1-C_b$ 의 전류 루프가 구성되며 상태 d는 전류가 흐르지 않아 루프가 구성되지 않는다.

$$c. I_{L1} < 0 \quad V_{L1} = -V_{d1} - V_{cb}, I_{sa} = I_{L1} \quad (12)$$

$$d. I_{L1} = 0 \quad V_{L1} = 0 \quad I_{sa} = 0 \quad (13)$$

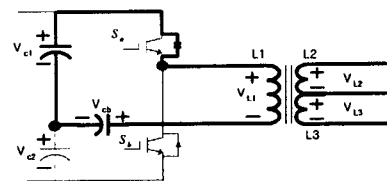


그림 6 모드 4

본 제어시스템에서는 신호발생용 IC로서 가장 많이 사용되고 있는 TL494를 통해 전체 아날로그 제어부의 구성을 간략화 시켰다.

### 3. 시뮬레이션

본 논문에서는 입력역률개선 단상 브리지형 인버터 아크 용접기의 실제용접을 모사하기 위하여 용접상태가 양호하다고 가정하고 용접봉과 모재사이의 전압강하를 저항에 의한 전압강하와 직렬로 연결된 전압원으로 모델링 하였다.<sup>[5]</sup>

역률개선회로 및 인버터부의 이론적인 동작특성을 확인하기 위해 PSIM 소프트웨어 프로그램을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다.<sup>[1]</sup> 용접기, 역률개선을 위한 3종류의 AC/DC 컨버터로 역률개선을 하였다. 사용된 변압기와 각종 소자값은 한국머신의 보디가드 용접기(3kW)를 참고로 하였다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터

소자	파라미터
컨버터 인덕터	950 $\mu$ H
커패시터	1500 $\mu$ F
인버터 스위칭 주파수	20kHz
변압기	권수비 12 : 5 : 5
	$L_1$ : 1628 $\mu$ F, 0.0147 $\Omega$
	$L_2$ : 293.6 $\mu$ F, 0.0117 $\Omega$
	$L_3$ : 293.6 $\mu$ F, 0.0117 $\Omega$

그림 7은 종래의 인버터 용접기를 PSIM으로 구현한 회로도이다.

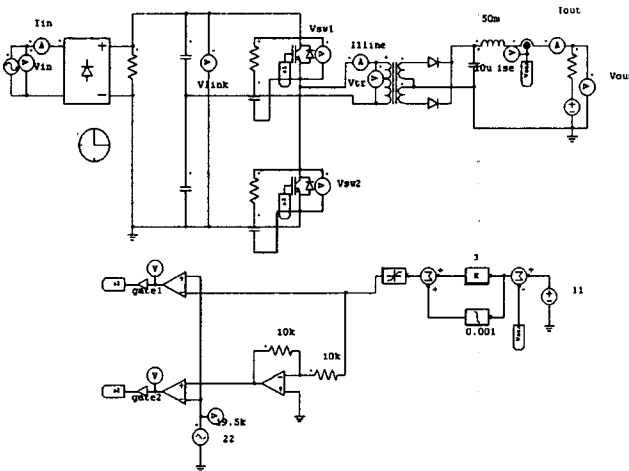


그림 7 다이오드 정류기를 사용한 인버터 아크 용접기 회로도

그림 8은 용접기의 입력전류 및 전압 파형을 나타

내고 있으며 그림 9는 입력전류에 FFT 분석이다.

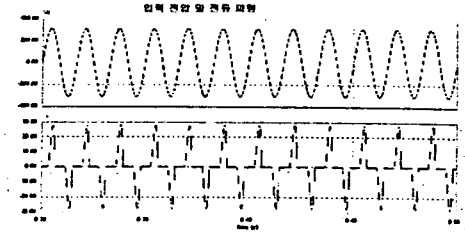


그림 8 용접기 입력전압 전류 파형

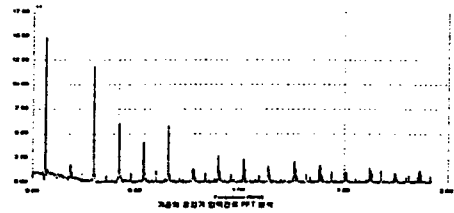


그림 9 용접기 입력전류 FFT 분석

그림 10은 역률개선을 위해 승압형 컨버터를 사용하고 제어 회로는 UC2854AN의 제어기능을 모사 하였다. 또한 정전류제어를 위한 단상 반 브리지형 인버터 회로는 20kHz의 스위칭 주파수와 PI 제어기를 구성하여 시뮬레이션 하였다.<sup>[3][5][8]</sup>

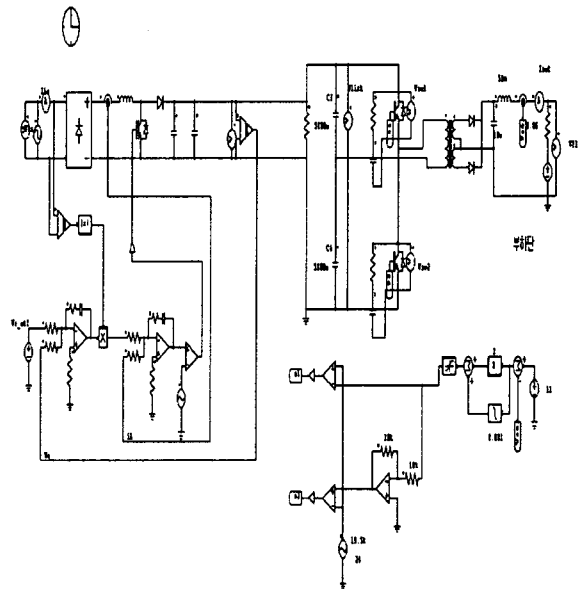


그림 10 승압용 컨버터를 사용한 인버터 아크 용접기 회로도

그림 11은 용접기에 승압형 컨버터를 사용하여 개선된 입력전류 및 전압파형을 나타내고 있으며 그림 12는 입력전류의 FFT 분석이다.

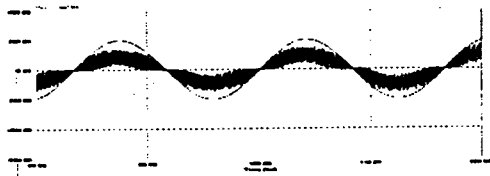


그림 11 승압형 컨버터 입력 전압전류

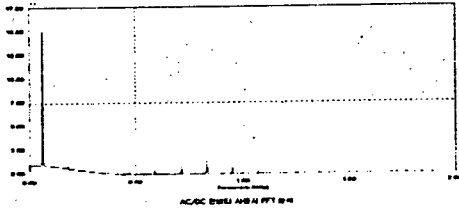


그림 12 승압형 컨버터 입력전류의 FFT분석

그림 13은 단상 반 브릿지 컨버터를 사용한 인버터 용접기의 PSIM 회로도이고 반브릿지 컨버터의 스위치를 PWM하기 위하여 PI 제어기를 사용하였다. [3][10]

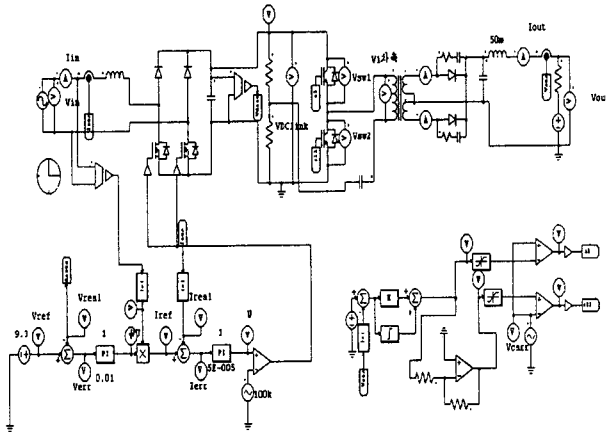


그림 13 단상 반 브릿지 컨버터를 사용한 회로도

그림 14는 반 브릿지 컨버터를 사용한 인버터 용접기의 입력 전류, 전압 파형이고, 그림 15는 입력 전류 파형을 FFT 분석한 것이다.

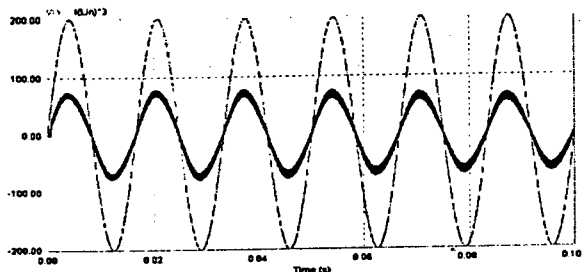


그림 14 반 브릿지 컨버터를 사용한 용접기 입력전류

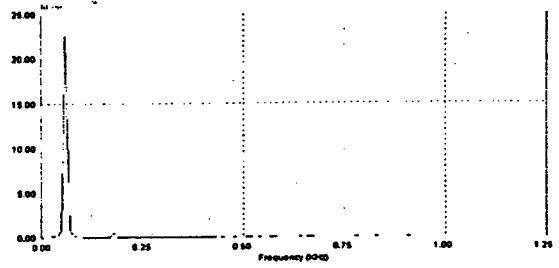


그림 15 반 브릿지 컨버터의 입력전류 FFT

#### 4. 결 론

종래의 인버터 용접기는 커패시터 삼입형 정류기로 인해 낮은 입력역률을 가진다. 본 논문에서는 다이오드 정류기, 승압형 컨버터, 반 브릿지 컨버터를 용접기 입력단에 사용하여 시뮬레이션으로 입력측 역률개선 정도를 확인하였다.

#### 참 고 문 헌

- [1] J. S. Gho, " A Study on the Effect of Wire Feeding Speed Controller in Inverter Arc Welding Machine ", PEDS'99, July 1999, Hong Kong.
- [2] Y-M. Chae, " A New Instantaneous Output Current Control Method for Inverter Arc Welding Machine ", IEEE 1999, pp. 521~526
- [3] M. Horvath, J. Borka, " Welding Equipment with Power Factor Correction ", PEMC, pp.181 - 185, Vol. 2, 1995.
- [4] Martin Schlecht, Brett Miwa, " Active Power Factor Correction for Switching Power Supplies ", IEEE Trans. on Power Electronics, Vol. PE-2, No.4, Oct. pp. 273~281, 1987.
- [5] Philip C. Todd, " UC3854 Controlled Power Factor Correction Circuit Design ", Unitorde Application Note, pp. 10-303~10-322, 1994.
- [6] Marty Brown, " Power Supply Cookbook ", pp.195~206, 1994.
- [7] 이정호, 김준호, 원충연, 외2인, " IGBT인버터제어 TIG용접기 성능 개선에 관한 연구 ", 대한전기학회 창립50주년 하계학술대회 논문집, pp. 1~5, 1997. 7
- [8] 이정훈, 외 5인, " 3상 AC-DC 스위치모드 승압형 컨버터를 이용한 CO<sub>2</sub> 아크용접기의 역률개선에 관한 연구 ", 전력전자학회 논문집, pp. 149~153, 1998.
- [9] 채영민, 외4인, " 싱글칩 마이크로 프로세서를 이용한 고역율 인버터 아크 용접기에 관한연구 ", 전력전자학회 논문집, 제2권 제4호, 1997. 12.
- [10] 이태원, " 단상 반 브리지형 컨버터를 이용한 TIG 용접기의 역률 개선 ", 성균관대학교 석사학위 논문, 1999.
- [11] 엄기원, 최신용접공학, 동명사, pp. 1~5, 1996,