

인버터를 이용한 저항 용접 시스템의 구현

오재훈
(주)효성 중공업연구소

A Development of Inverter Spot Welding System

Jaehoon Oh
Power & Industrial Systems R & D Center, HYOSUNG Corp.

ABSTRACT

Nowadays, a Spot Welding system has been widely used in all kinds of industries and the common control method of the system is a simple current control using SCR. But, that kind of system is less effective than a current control method using inverter. So, it is constantly proposed that an improvement of hard ware and control method of spot welding system in compliance with technological advancement in power electronics.

This paper deals with spot welding system using inverter. Especially, it deals with hard ware structure, features and output characteristics.

1. 서론

전력용 반도체 기술 및 디지털 제어 기술의 발전에 따라 각종 산업용 장치도 비약적인 발전을 하고 있다. 과거 SCR을 이용하던 전원 장치는 IGBT, IPM 등의 고성능 스위칭 소자로 빠르게 대체되고 있으며, 또한 저속의 프로세서를 이용하던 제어 장치는 고속의 프로세서를 이용하여 보다 정밀한 디지털 제어를 구현하고, 시스템 제어라는 본래의 기능 이외의 부가적인 기능들을 추가적으로 구성하여 보다 편리하고 보다 안전한 시스템으로 진화하고 있다. 이러한 기술적인 진보는 용접 기술 분야에도 활발히 적용되어 지속적으로 새롭고 효율적인 시스템에 대한 연구, 개발이 진행되고 있다.

저항 용접은 자동차 생산 라인을 비롯한 일반적인 산업 현장에서 광범위하게 사용되는 용접 시스템이다. 저항 용접 시스템의 주된 방식은 SCR을 이용한 위상 제어 방식의 정전류 제어 기술이다. SCR을 이용한 정전류 출력은 인버터를 이용한 방식에 비하여 효율적이지 못하고 또한 많은 단점을 갖고 있기 때문에 SCR을 이용한 저항 용접 시스템을 인버터를 이용한 시스템으로 대체하기 위한 연구 개발이 활발히 이루어졌으며, 현재 실제 현장에 적용되기 시작하는 단계에 있다.

본 논문에서는 인버터 전원 장치를 이용한 저항 용접 시스템의 개발을 다룬다. 인버터 저항 용접 시스템의 하드웨어적 구성과 특징, 그리고 개발품의 출력 특성을 소개한다.

2. 저항 용접 시스템

저항 용접은 전극 사이에 금속판을 놓고 압력을 가하면서 순간적으로 큰 전류를 인가하여 줄열에 의하여 금속판이 녹아서 접속이 되게 하는 용접 기술이다. 즉, 전극에 의하여 가압되는 부분으로 전류(I)가 흐르면서 접촉 저항(R)에 의한 줄열(Q)이 발생하고, 이 줄열에 의하여 금속이 국부적으로 용융되어 금속판은 접합되게 된다. 줄열은 아래의 수식과 같이 표현되어진다.

$$Q = 0.24 I^2 R t \text{ [cal]} \quad (1)$$

현재 산업 현장에서 널리 쓰이는 저항 용접기는 아래의 그림 1 과 같이 단상 SCR 제어 기반의 용접 시스템이다. 단상 상용 전원을 SCR로 제어하여 출력 전류를 만들고, 이것을 고주파 변압기를 통하여 큰 전류로 변환하여 피 용접물에 인가한다. 이 방식은 산업 현장에 10년 이상 적용된 기술로서, 관련된 많은 데이터들이 존재하는 매우 안정된 기술이라 할 수 있다. 하지만, 이에 반하여 개선되어야 할 점들도 많다. 상용 전원을 그대로 용접 전원으로 사용하기 때문에 디지털 제어가 60Hz 기반으로 즉, 16.6 ms 단위로 이루어지고 이것은 시스템을 제어에 둔감하게 만든다. 그리고 교류 파형 제어에 의한 전류의 불연속이 생기기 때문에 금속의 용융을 위한 충분한 줄열을 발생시키기 위해서는 전류를 가하는 시간이 길어져야 하고 이것은 용접 시간의 증가와 전력 소모의 증가를 야기한다. 또한 출력 전류 파형에 Peak가 생긴다는 점도 용접 품질의 관점에서 좋지 않은 영향으로 지적된다.

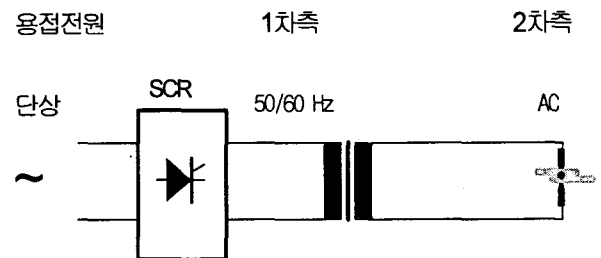


그림 1 단상 저항 용접 시스템의 구성도
Fig. 1 A System block diagram of single phase spot welding system

이와 같은 단상 저항 용접 시스템의 문제점으로 인하여 최근 산업 현장에서는 인버터 저항 용접기의 필요성이 빠르게 대두되고 있다.

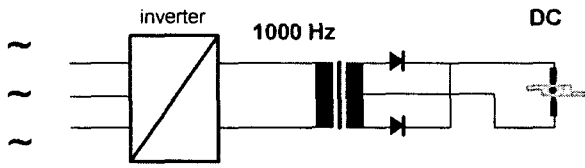


그림 2 인버터 저항 용접 시스템의 구성도
Fig. 2 A System block diagram of inverter spot welding system

위의 그림 2 는 단상 저항 용접기를 대체할 인버터 저항 용접 시스템의 구성도이다. 전류 제어를 위한 SCR은 인버터로 대체되었다. 또한 고주파 변압기 2 차측에는 다이오드 정류기를 장착하여 피용접물에 DC 전류가 인가 되도록 한다.

위와 같은 방식은 인버터의 사용으로 시스템은 제어 주기를 빠르게 가져갈 수 있으며 이에 따라 보다 정밀한 전류 제어가 가능해 진다. 또한 출력 전류의 주파수를 조정하여 전력 소비를 줄일 수 있고, 출력 전류의 주파수가 높아지면 고주파 변압기의 크기를 줄일 수 있다는 장점이 있다.

3. 인버터 저항 용접기의 개발

3.1 시스템 구성

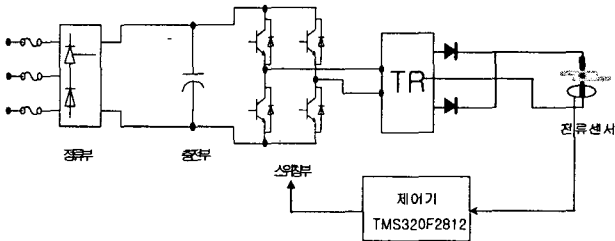


그림 3 개발품의 시스템의 구성도
Fig. 3 A System block diagram of Developed inverter spot welding system

위의 그림 3은 개발된 인버터 저항 용접 시스템의 구성도이다. 용접 전원은 3상 전원을 사용한다. 이것은 단상 타이머의 사용으로 인하여 발생할 수 있는 계통 전원의 불평형을 방지할 수 있다. 입력된 3상 전원은 정류부를 통하여 DC로 정류되어 충전되며, 스위칭부에서는 DC 전압을 스위칭하여 고주파수의 AC 출력을 만들어 낸다. 고주파 트랜스포머는 스위칭부의 출력을 변환하여 [kA] 단위의 전류로 만들어 준다. 고주파 트랜스포머 2 차측에는 단상 정류기가 설치되어 AC 출력을 DC로 변환하여 피용접부에 인가될 수 있도록 한다.

시스템의 제어는 TI사의 DSP 소자인 TMS320F2812를 사용하였다. 고속의 연산 속도를 갖는 DSP를 이용하여 시스템의 각종 값을 계측하고, 용접기 제어 알고리즘을 연산하며 이에 따른 제어 신호들을 시스템의 각 부분에 전달한다.

아래의 표 1은 개발품의 주요 사양을 보여준다. 용접을 위한 가장 중요한 요소인 용접 전류는 인버터 출력 기준 500[A]이며 이를 고주파 변압기의 변압비에 따라 용접기의 최종 출력

전류로 변환한다.

스위칭 소자의 PWM 주파수는 10[kHz]로 하였으며, 출력 전류의 주파수는 사용자의 설정에 따라 50, 60, 600, 800, 1000 [Hz] 중 택 1 하도록 하였다. 고속의 스위칭 및 대전류의 도통으로 인하여 스위칭 소자를 중심으로 높은 열이 발생하며 이를 냉각시켜 장치의 적절한 성능을 보장하기 위하여 강제 수냉 방식의 냉각 장치를 설치하였다.

정격 입력 전압	3상 440V(±10%) 50/60Hz
최대 출력 전류(인버터 출력)	500A
PWM Carrier 주파수	10 kHz
출력 전류 주파수	50, 60, 600, 800, 1000 Hz
냉각 방식	강제 수냉
CPU	TMS320F2812
데이터 통신	RS232, RS485, CAN
설정치 저장	NVRAM

표 1 개발품의 사양
Table 1 Descriptions of Product

3.2 전류 계측

용접 전류를 피드백 제어하기 위하여 전류를 계측해야 한다. 이 때 변압기 1차측의 전류로 제어하는 방법과 변압기 2 차측의 실제 용접 전류로 제어하는 방법이 있다. 전자의 경우 일반 CT를 이용하여 전류를 계측하여 피드백 제어에 적용할 수 있다. 하지만 후자의 경우 용접 전류가 수 [kA] 단위가기 때문에 일반 CT로는 계측이 어렵다. 그래서 많이 사용되어 지는 것으로 로고우스키 코일이라 불리는 공심형 코일이다.

로고우스키 코일은 최근 많이 부각되어 지는 대표적인 전자식 변성기로서 코어가 없기 때문에 포화가 발생하지 않고, 또한 코어가 없기 때문에 측정 주파수 대역폭이 넓다는 등의 기존의 철심 코어 CT에 비하여 많은 장점을 가지고 있다.

하지만 로고우스키 코일의 측정은 측정값의 미분 값을 출력해 주기 때문에 이를 처리하기 위해서는 출력 값을 적분하는 절차를 거쳐야 한다. 본 시스템에서는 하드웨어적인 적분기를 구성하여 전류를 계측하도록 하였다.

3.3 시스템 출력 특성

이상의 간략한 설명에서와 같이 인버터를 이용한 저항 용접 시스템을 구성하였으며, 시스템의 성능 평가 및 내구성 시험을 위하여 많은 시험을 수행하였다.

아래의 그림 4, 그림 5, 그림 6 은 성능 평가 시험 시 나타난 출력 특성들을 보인다. 그림은 용접 전류, 즉 변압기 2차측의 전류가 20,000 [A] 로 설정 되었을 때 각각 인버터의 출력 전압과 출력 전류 값을 보인다.

전류값이 빠르게 설정된 값으로 수렴해 가면서 안정된 제어 특성 보이며, 이에 따른 용접 전류 출력도 양호하게 나타나고 있음을 확인 할 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 인버터를 이용한 저항 용접 시스템의 개발에 관하여 논하였다.

본 개발은 비약적으로 발전하는 반도체 전력장치 기술과 마이크로 프로세서 제어 기술을 활용하여 현재까지 10여년 이상 산업 현장에서 사용되어온 단상 저항 용접 장치의 단점을 보완하여 더욱 효율적인 프로세스를 지향하며 개선된 용접 품질을 확보하기 위한 목적으로 진행되었다.

개발된 인버터 저항 용접 시스템은 기존의 단상 저항 용접 기의 단점을 보완하고 더욱 우수한 제어 성능으로 용접 품질 향상에 기여할 수 있음을 시험을 통하여 입증하였다.

향후 전류 제어의 범위를 넘어 용접 품질에 영향을 줄 수 있는 다른 요소들의 제어에 관한 연구를 지속적으로 수행한다면 보다 완전한 용접 품질을 제공할 수 있는 용접 시스템을 구현할 수 있을 것으로 기대되며, 이것은 용접 기술이 모든 생산 기술의 근간이 되는 것임을 생각해 볼 때, 산업 전반적인 품질 향상으로 파급될 것으로 전망된다.

참 고 문 헌

- [1] 김명준, 저항용접, 기문사, 1995.
- [2] 김재문, 원충연, 최규하, 김규식, 목형수, "인버터 스폿용접 기의 용접품질 향상을 위한 동저항 데이터베이스 구축", 전력전자학회논문지, 294-303, JUN, 1999.
- [3] 채영민, 이승요, 신우석, 목형수, 최규하, "싱글칩 마이크로 프로세서를 이용한 고역율 인버터 아크 용접기에 관한 연구", 전력전자학회 논문지, 56-64, DEC, 1997.

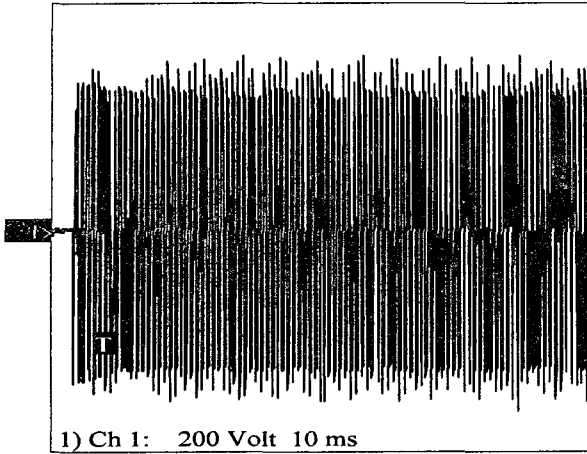


그림 4 용접 전류 20,000A 시 인버터 출력 전압
Fig. 4 Inverter Output voltage when the welding current is 20,000[A]

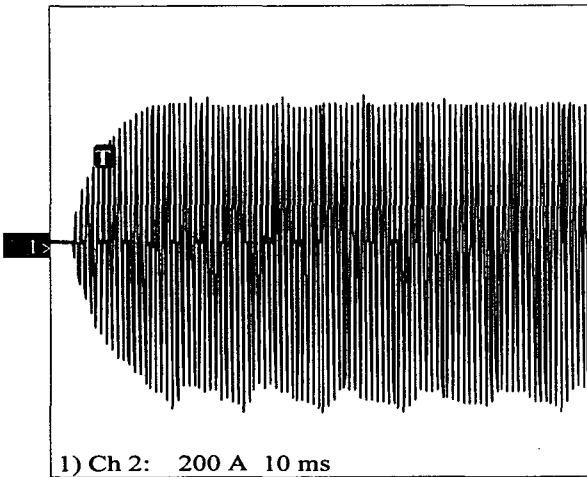


그림 5 용접 전류 20,000A 시 인버터 출력 전류
Fig. 5 Inverter Output current when the welding current is 20,000[A]

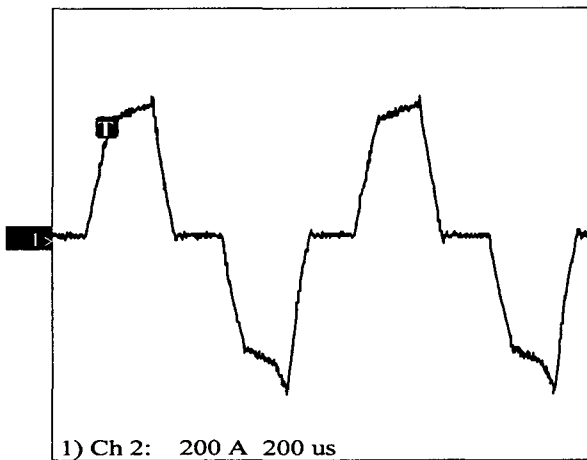


그림 6 용접 전류 20,000A 시 확대된 인버터 출력 전류
Fig. 6 Focused Inverter Output current when the welding current is 20,000[A]