

# 인버터 저항 점 용접에서 스위칭 주파수에 따른 전류 파형 생성을 위한 회로 모델링에 관한 연구 A study of circuit modeling for welding current wave form according to variable switching frequency

김대형\*, 박민홍\*, 강문진\*\*, 이철구\*\*\*, 이세현\*\*\*\*

\* 한양대학교 정밀기계공학과

\*\* 한국생산기술연구원

\*\*\* 서울산업대학교

\*\*\*\* 한양대학교 기계공학부

## 1. 서 론

저항 점 용접 공정은 접합하고자 하는 금속 사이에 존재하는 접촉저항과 금속의 고유저항을 이용하여 대전류를 통전 시켜 발생하는 저항 줄 열을 이용하여 용접하는 공정이다. 지난 수십 년 동안 저항 점 용접에서는 용접에 필요한 전류로 교류(AC)와 직류(DC) 용접 전류를 사용하였다. 자동차 차체 조립 공정에서는 주로 교류를 사용하였고, 직류의 경우는 알루미늄의 용접이나 항공기 부품의 용접, 철도차량 등과 같은 분야에서 널리 사용되었다. 일반적으로 직류 전류를 저항 점 용접에 적용할 경우 교류 전류를 사용할 경우와 비교하여 적은 전류로 용접 공정을 수행하거나, 더 넓은 로브곡선에서의 적정 용접 범위를 가지거나, 보다 적은 전극 마모를 가져오는 장점을 얻을 수 있었다. 그러나, 자동차 차체 조립과 같은 용접 공정에서는 언급한 장점에도 불구하고 직류 저항 점 용접기보다는 교류 저항 점 용접기가 주로 사용되어 왔다. 직류 저항 점 용접기의 비싼 가격과 직류 사용 시 얻어지는 전력 감소의 정확한 평가가 이루어지지 못하였기 때문에 직류 저항 점 용접기의 보급이 부족하였다. 저항 점 용접기에서는 직류 전류를 생성하기 위해 인버터라고 불리는 전력 소자를 사용한다. 최근 IGBT, 다이오드 등과 같은 인버터 구성에 필요한 전력 소자의 소형화 및 가격 저하로 인해 용접기 제작에 소요되는 가격이 떨어졌고, 각 소자의 신뢰성이 향상되었기 때문에 자동차 산업과 같이 수많은 용접기가 필요한 공정에서도 그 사용이 확대

되고 있다.

직류 전류를 사용하는 인버터 저항 점 용접기에서는 인버터 전력 스위칭 주파수에 따라 용접기 회로의 특성들이 달라진다. 본 연구에서는 인버터에 인가되는 스위칭 주파수 변화시킴에 따라 달라지는 용접 전류의 형태를 분석하고자 하였다. 이를 위해서 용접기 회로를 모델링하여 시뮬레이션하고 얻어지는 전류 파형을 실제 용접기에서 측정한 전류 파형과 비교하였다.

## 2. 인버터 저항 점 용접기

인버터 용접기는 일반적으로 3상 전원(220, 480, 600V)를 사용한다. Fig.1에서 볼 수 있듯이 3상 전원은 6개의 다이오드 또는 사이리스터를 이용하여 정류한 다음, DC 링크라 불리는 캐패시터를 통해 평활화된 DC 전류를 얻는다. DC 링크는 회로에서 필터와 스너버의 기능을 발휘한다. DC 링크에서 형성된 전압은 인버터의 전원 역할을 한다. 인버터는 IGBT를 H 브리지 형태로 구성하여 단상 전압을 생성한다. 이 때 형성된 전압의 주파수는 일반적으로 교류 저항 점 용접에서 사용되는 60Hz 보다 더 높은 주파수를 사용한다. 보통 1000~2000Hz 정도를 사용하는데, 보통 중주파 직류(MFDC, 이하 MFDC로 명칭)라고 부른다. 스위칭 주파수의 증가로 인해 저항 점 용접기에서 대전류 생성을 위한 변압기의 크기가 줄어든다. 주파수가 증가된 용접 전원을 변압기를 통해 전류는 증폭시키고, 전압은 감소시

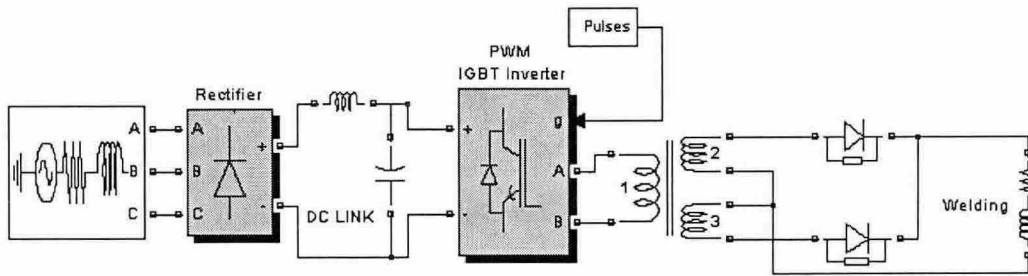


Fig 1. Simulation Model for Inverter Resistance Spot Welding Machine

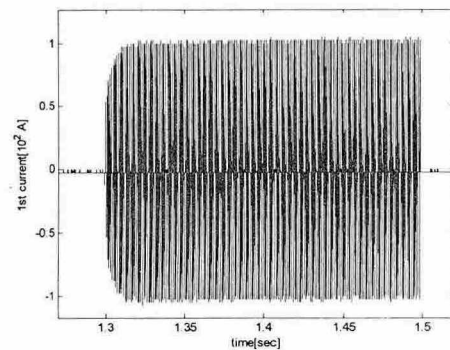
킨다. 변압기 2차측에서 증폭된 전원은 다시 다이오드를 이용하여 정류시키고, 리액터를 지나 직류로 변환된다.

교류 용접기의 경우 사인과 형태의 전압을 사이리스터와 같은 스위칭 소자를 이용해 턴온(turn-on)하기 때문에, 턴온 시점에서의 전압 변화가 변압기 2차측까지 연결되지만, 직류 용접기의 경우는 DC 링크에서 일정한 크기의 고정된 전압을 사용하여 변압기로 전달하기 때문에 그 제어 방법이 다르다. 인버터 저항 점 용접기에서는 일반적으로 PWM 제어 방식으로 IGBT의 ON/OFF 시기를 결정한다.

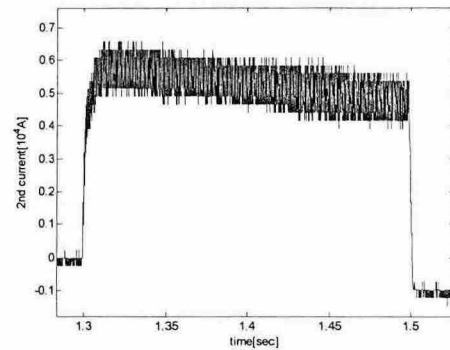
1000A정도로 나타났다.

### 3. 인버터 저항 점 용접 회로 모델링

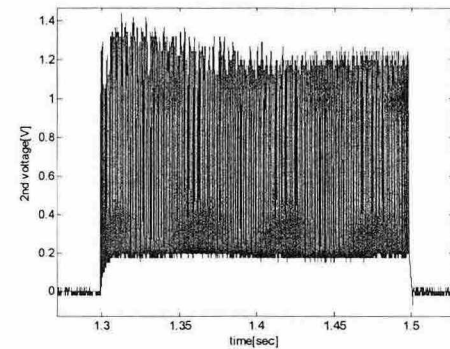
인버터 저항 점 용접기에서 인버터 스위칭 주파수에 따른 용접 전류 파형을 분석하기 위해 용접기 회로를 모델링 하였다. 모델링 방법은 전력 변환 및 전력 제어 회로 구성을 용이하게 할 수 있는 Mathworks사의 Matlab SIMULINK Toolbox의 SimPowerSystems를 이용하여 회로를 구성하였다. Fig.1은 구성된 용접기 회로 모델을 나타내고 있다. 회로 구성에 사용된 전력 소자의 값은 실제 인버터 용접기에 구성된 값을 사용하였다. 인버터 저항 점 용접 공정을 시뮬레이션 하기 위해서는 공정 중 변화하는 저항 변화를 반영하여야 한다. 이를 위해서 냉연강판 1.2mm를 이용하여 실제 용접을 수행한 후 얻어지는 동저항 변화를 사용하였다. Fig.2는 구성된 모델을 이용하여 인버터 스위칭 주파수를 1000Hz로 설정한 후 용접 공정 시 발생하는 1차측 전류, 2차측 전류/전압을 나타내었다. 1000 Hz의 경우 용접 공정 중 얻어지는 순시 전류의 변화 폭이



(a) 1st current



(b) 2nd welding current



(c) 2nd welding voltage

Fig.2 Results of welding circuit simulation for 1kHz Inverter RSW(welding current: 5kA)

#### 4. 결 론

인버터 저항 점 용접에서 스위칭 주파수에 따른 용접 전류 및 전압에 대한 특성을 파악하기 위해서 이를 분석할 수 있는 용접기 회로의 모델링이 필요하였다. 본 연구에서는 인버터 저항 점 용접기의 회로 모델을 개발하고 이를 실제 용접 현상과 동일한 결과를 얻을 수 있도록 용접 공정 중 발생하는 가상적인 저항 변화를 반영하였다. 스위칭 주파수에 따라 그 결과를 비교 분석 하였다. 따라서 적절한 스위칭 주파수 대역을 선택할 수 있었다.

#### 참고문헌

1. Harry B. and Reno B.: Selecting the correct size inverter for DC welding, Sheet Metal Welding Conference XI(2004), Sterling Heights, MI
2. Brown, B. M.: A comparison of AC and DC current in the resistance spot welding, Welding Journal, (1987), pp.18
3. Wei L., Eugene F., and Daniel C.: Energy consumption in AC and MFDC resistance spot welding, Sheet Metal Welding Conference XI(2004), Sterling Heights, MI
4. Matlab, SimPowerSystems Toolbox, [http:// www.mathworks.com](http://www.mathworks.com)
5. Mohan, Undeland, and Robbins: Power Electronics, 3rd Edition,(2003), John Wiley & Sons, Inc.