

에너지 회생이 가능한 모듈형 AC 용접전원에 관한 연구

김민우, 최승원, 이일운, 이준영
 명지대학교*

Research for Modular AC Welding Power with Energy Regeneration

Min-Woo Kim, Seung-Won Choi, Il-Oun Lee, Jun-Young Lee
 Myongji University*

ABSTRACT

본 논문에서는 모듈형으로 제작된 DC 용접전원과 AC용접전원을 제안한다. DC 용접전원 모듈은 기체만 된 바 있으며 추가적으로 100kHz의 높은 스위칭주파수와 30kW 변압기의 분산설계로 전력밀도를 높였고, 변압기의 병렬에 의해 발생한 누설 인덕턴스의 차이는 CMCI (Common Mode Coupled Inductor)에 의해 개선되었다. 기존 AC 용접전원에서 출력단 스위치의 교번으로 인해 발생하는 서지성 에너지는 일반적으로 스너버를 이용하여 에너지의 최대값을 제한한다. 제안하는 AC 용접전원 모듈은 출력단 스위치의 교번으로 발생하는 서지 에너지를 캐패시터 뱅크로 완화하고, 완화된 서지 에너지를 환원하여 효율 개선을 목표로 한다.

1. 서 론

기술의 발달에 의해 고부가가치 산업이 지향되는 현재, 용접 기술은 제조 공정입에도 아직까지 국내의 경제 성장에 큰 기여를 하고 있다. 용접은 금속 가공 산업에 용접공정은 필수불가결한 요소로 두 개 이상의 금속을 접합하는 공정을 통해 금속 가공 부터 자동차, 선박조선까지 광범위한 분야에 사용된다. 오래전부터 사용된 용접기는 변압기를 이용해 상용주파수의 전원 전압을 변화시키고 사이리스터와 리액터를 이용하여 평활직류로 정류하는 방법을 사용하였다. 60Hz의 상용주파수를 그대로 사용하였기 때문에 자성체인 변압기와 리액터의 크기가 매우 커 용접기가 굉장히 무거웠다. 이후 IGBT를 이용한 인버터 제어방식의 고속 스위칭 용접전원이 나오면서 리액터와 변압기와 같은 자성소자의 크기가 줄어 용접기가 경량화 되었다. 거기에 출력 전류의 주파수가 높아졌기 때문에 정밀한 전류 제어가 가능해져 아크 전압의 안정화, 스패터 발생의 저감 등 작업 능률이 상승하였다. 최근에는 전력 반도체의 발달로 IGBT보다 빠른 스위칭 주파수를 가질 수 있는 FET를 사용하여 이전보다 더 빠른 전류제어 및 경량화로 성능을 개선한 제품도 있다.

용접기는 용접에 사용되는 차폐물질 등 재료에 따라, 금속을 접합하는 방법에 따라 여러 가지로 분류할 수 있다. 수많은 용접 분류 방법 중 직류용접과 교류용접으로 나눌 수 있는데, 직류용접기는 용접시 발생하는 아크의 안정성이 우수하고 무부하 전압이 낮아 전격의 위험이 낮지만 구조가 복잡하고 고장률이 높으며 철 자성물질을 용접할 때 유도전류의 자화로 인해 아크 쏠림현상이 발생할 수 있다. 교류 용접기는 직류와는 반대로

아크 안정성이 낮고 무부하 전압이 높아 전격 위험이 높은 대신 구조가 간단하여 고장률이 낮고 철 자성물질 용접시 교류전류가 유도전류를 발생시켜 자기장을 상쇄시켜 아크 쏠림현상을 감소시킬 수 있다. 설명한 방법 중 교류용접기는 직류 입력을 스위치의 교번 동작을 통해 교류로 변환하여 구현할 수 있으며, 저전압-고전류 특성을 갖는 용접기의 출력 특성에 의해 스위치로는 IGBT가 주로 사용된다. IGBT 스위치 역할이 바뀌는 동작에서 전력이 전달되지 않는 데드타임이 발생하는데, 이때 흐르는 전류의 페스가 끊겨 교류 용접기의 출력전압이 순간적으로 수 kV까지 크게 상승하게 된다. 이 때문에 AC용접기의 출력단과 IGBT의 Collector-Emitter 사이에는 높은 순간전압을 감소시켜 출력전압을 안정화 시키고 AC 인버터부 스위치 소자의 스트레스를 줄이기 위해 스너버를 부착하여 사용하는 경우가 많다. 본 논문에서는 출력 단자에 스너버를 부착하는 대신 출력 케이블 인덕턴스와 공진 동작을 하는 캐패시터를 추가하여 스너버의 조건을 완화시키고 펄스성 출력전압을 낮출 수 있는 연구 결과를 제시한다.

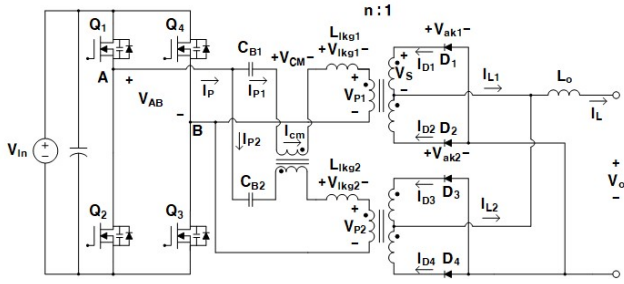
2. 본 론

2.1 실험에 사용된 용접전원의 제원

본 논문에서 제시하는 회로는 AC 인버터부를 주제로 하고 있지만, 단독으로 동작시킬 수 없어 제안하는 회로와 함께 제작한 DC-DC 용접전원과 연동하여 실험 하였다. 실험에 사용된 DC-DC 용접전원의 사양은 표 1과 같고, 회로도도 그림 1과 같다.

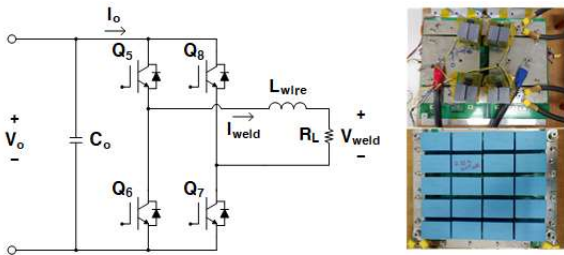
[표 1 - DC-DC용접전원의 제원]

입력 전압	620V _{DC}
출력 전력	30kW
출력 전압	50V _{DC}
스위칭 주파수	100kHz
효율(@Full Load)	94.13%



[그림 1 DC-DC 용접전원]

제안하는 컨버터인 AC 인버터부는 DC-DC 용접전원 출력단에 부착해서 사용하는 형태로, DC-DC 용접전원에서 받은 직류 전류를 IGBT 교번동작에 의해 교류로 바꿔주는 역할을 한다. AC인버터부의 회로도도 그림 2와 같다.



[그림 2 AC 인버터부의 회로도 및 AC 인버터부 회로]

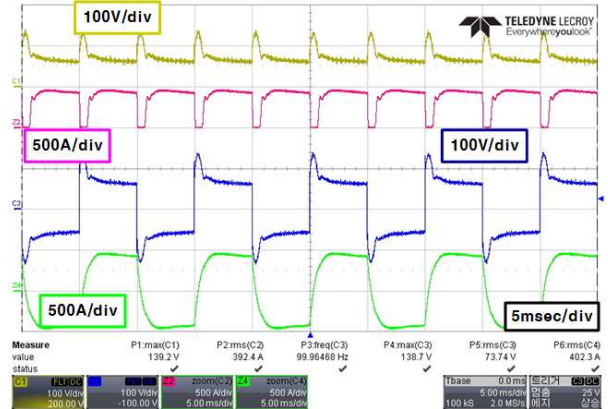
2.2 제안하는 회로의 효용성 확인

실험은 그림 1의 DC-DC 용접전원과 그림 2의 AC 인버터부를 연동하여 진행하고, 실험 조건은 표 2와 같다.

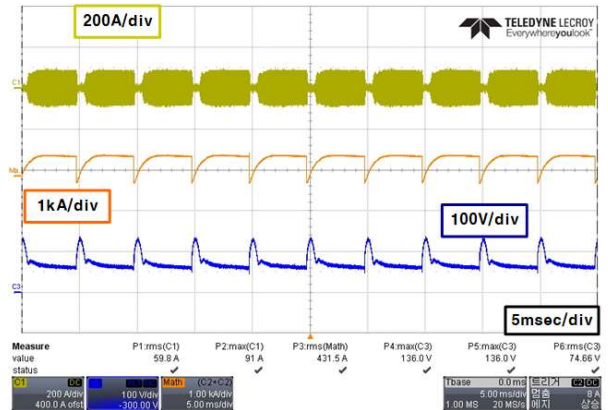
[표 2 - AC 인버터부의 제원]

출력 전력	20kW
출력 전압	50V _{AC}
스위칭 주파수	100Hz

제안하는 회로의 전압 감쇄 효과만을 확인하기 위해 20kW 출력 전력 환경에서 실험하였고, 교번동작하는 IGBT VGE 전압 0V to 0V 사이의 데드타임은 3.6μsec 조건에서 실험하였다. 출력 케이블에 의한 인덕턴스 L_{wire}는 약 120μH로, 파우더 코어로 제작한 인덕터 4개를 직렬로 연결하여 구현하였다. 캐패시터 뱅크 C_o의 값은 1200μF로 출력 케이블의 인덕턴스와 공진하여 펄스성 출력전압을 감소시키는 역할을 하고, 감소시킬 출력전압의 레벨 및 transition 시간에 따라 값을 다르게 설계한다. 본 논문에서 출력케이블의 라인인덕턴스 120μH와 캐패시터 뱅크 1200μF의 공진주기는 약 2.38msec이며 공진 주파수 음의 방향을 제외하여 공진주파수의 반주기인 1.19msec가 된다. 양의 공진파형으로 나타내게 되고, 이는 AC 인버터부 제어 주기의 10%정도이며 펄스성 출력전압이 공진파형으로 나타나는 transition 시간이 된다. 라인 인덕턴스의 에너지가 펄스성 전압의 원인이 되므로 transition 시간이 짧을수록 전압 레벨은 높아진다. 그림 3과 4는 20kW 출력부하 조건에서 진행한 AC 인버터부의 실험파형이다.



[그림 3 - 위로부터 V_o / I_L / V_{weld} / i_{weld} 파형 @20kW]



[그림 4 - 위로부터 i_p / I_o / V_o 파형 @20kW]

3. 결 론

AC인버터부 스위치 교번시간 동안 출력 케이블의 라인 인덕턴스에 의해 발생한 펄스성 출력전압은 제안하는 회로의 방법으로 공진파형의 모양을 보이면서 전압 레벨이 감소하는 것을 확인 할 수 있다. 감소된 출력전압의 전압 스트레스 레벨은 캐패시터 뱅크와 출력 케이블의 라인인덕턴스의 공진 주기에 반비례한다.

이 논문은 2020년도 정부(통상산업부)의 재원으로 한국산업 기술 평가관리원의 지원을 받아 수행된 연구임. (No, 10076430)

참 고 문 헌

- [1] 김규식, 원충연 “용접의 종류 및 원리”, 전력전자 학회, 전력전자학회지 제 4권 2호, 1999.04, page(s):14-19
- [2] 김영식 “용접 접합기술의 현재와 미래”, 대한용접·접합학회, 대한용접접합학회 2010년도 추계 학술발표대회 초록집 제 54권, 2010.11, page(s):1-6