

듀얼 인버터를 이용한 대용량 SAW 시스템의 설계

반중환, 은종목, 권완성, 이영진, 한동화, 김승열, 최규하
건국대학교 전력전자연구소

Design of High Power SAW System using Dual Inverter

Choong Hwan Ban, J.M Eun, W.S Kwon, Y.J Lee, D.H Han, S.Y Kim Gyu Ha Choe
Power Electronics Lab. Konkuk Univ.

ABSTRACT

In this paper, design relatively lightweight dual inverter SAW welding power system, compared to former large and weight system. In addition, we propose welding system topology with pulse frequency, width and current management through applying inverter to output.

1. 서 론

현재 조선 및 해양 플랜트 용접 공정에는 CO2용접기가 가장 많이 사용되어지고 있으나 최근 사용되어지고 있는 제품의 크기나 생산성 향상 및 용접공 기술의 차이로 인해 용접부의 결함으로 인해 구조물들의 파괴가 용접부에 서 일어나는 문제점으로 인해 자동화 용접 시스템이 많이 사용되어지고 있다. 자동화 용접 시스템 중 하나인 서브머지드 아크 용접기의 사용 또한 계속해서 늘어나고 있는데 서브머지드 아크 용접법이란 용접부 표면에 쌓아 올린 열을 받으면 용융되는 플럭스 속에 와이어를 넣어 와이어와 모재의 사이에서 아크를 발생시킴으로써 아크열에 의해 용융시켜 용접을 하는 자동 아크 용접법이다. 또한 조선분야 뿐만 아니라 플랜트 건설 분야, 발전소, 정유공장, 원자력 발전 설비 등에도 사용이 확대되어지고 있으며, 중, 후판의 용접 비중에 확대되어지고 있다. 특수금속의 배관 등의 두께는 20mm에서 200mm 이상의 경우도 있기 때문에 중, 후판의 용접을 위해서 SAW용접이나 MIG 용접기를 이용하여 용접와이어로 용융하여 용접 갭을 채우는 방식이 많이 적용되며, 용접 품질의 중요한 요소가 되어지고 있다. 이에 본 논문에서는 출력측의 인버터에 의해 출력 펄스의 주파수, 폭, 전류를 변화하여 용접할 수 있는 50[kW] SAW 시스템을 설계하여 연구를 진행하였다.

2. SAW 용접 시스템

2.1 시스템의 구성

본 논문에서 제안하는 50[kW] 서브머지드 아크 용접 시스템의 구성은 그림 1과 같으며, 3상 다이오드 정류기와 풀브릿지 컨버터, 하프 브릿지 인버터로 구성하였다. 하프 브릿지 인버터를 사용하여 출력측의 펄스폭 변화를 가능하게 하였으며,

50[V] 1000[A] 용량으로 설계하였다.

2.2 SAW 용접 시스템의 설계

본 절에서 사용되어진 SAW 시스템은 내부 소자들의 발열로 인한 소손 방지와 스위칭 손실을 줄이기 위해 전류를 분배할 수 있는 PIPO 토폴로지를 적용하였다.

표 1 SAW 시스템 사양

Table 1 SAW System Requirement

Input Voltage	380[V]
Output Voltage	50[V]
Output Current	0~1000[A]
DC Link Voltage	537[V]
Switching Frequency	20[kHz]
Transformer	14:21

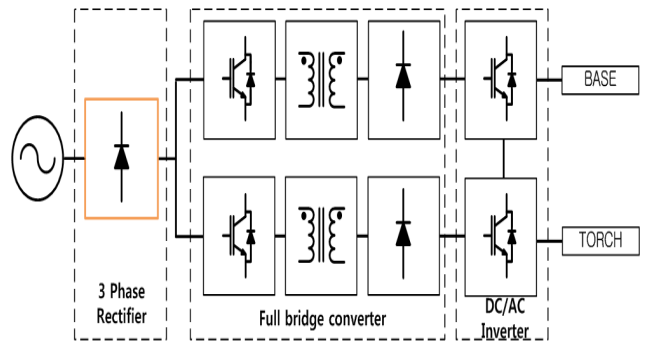


그림 1 SAW 시스템 토폴로지

Table 1 Topology of SAW System

2.2.1 풀브릿지 컨버터 설계

풀브릿지 컨버터의 설계는 각 부에 걸리는 구동전류와 전압, 주파수, 듀티 등을 고려하여 스위칭 소자와, 고주파 변압기, 출력 정류 다이오드, 출력 저역 통과 필터를 설계한다.

1) 변압기 설계

고주파변압기는 EE Type의 페라이트 코어를 사용하였으며, 정격에서의 시스템 듀티비는 수식(1)에 의해 0.45를 얻을 수 있다. 고주파 변압기의 1, 2차 턴 수는 식(2)에 의해 얻을 수 있다.

$$Duty = \frac{N_p}{2N_s} \cdot \frac{V_o}{V_i} \quad (1)$$

$$N_p = \frac{V_i \cdot Duty \cdot T_s}{\Delta B \cdot A_c}, N_s = \frac{V_{out} \cdot N_p}{Duty \cdot 2V_i} \quad (2)$$

여기서, T_s : 주기, ΔB : 자속밀도, A_c : 코어의 단면적

2) 주 스위치 설계

풀브리지 컨버터의 스위치는 스위칭시의 서지와 과도전류를 고려하여 약 2배 정도의 여유를 가져야하며, 충전시스템의 사양과 식(3), (4)를 계산하여 얻은 값을 통하여 IGBT 300GB 125D를 사용하였다.

$$V_{DS(max)} = V_{i(max)} [V] \quad (3)$$

$$I_{DS(max)} = \frac{N_s}{N_p} \cdot I_{out} [A] \quad (4)$$

3) 출력 정류다이오드

출력 정류다이오드를 사용하여 고주파변압기의 출력을 직류로 만들며, 다이오드 선정 시에는 최대 전압, 전류 및 스위칭 주파수를 고려하였으며, 수식(5), (6)을 고려하여 1600[V], 200[A]급 Fast Recovery 다이오드를 사용하였다.

$$V_R = \frac{N_s}{N_p} \cdot 2V_{i(max)} [V] \quad (5)$$

$$I_{p(max)} = I_{out} [A] \quad (6)$$

2.2.2 하프브릿지 인버터 설계

1) 주 스위치 설계

하프브릿지 인버터의 주스위치 또한 서지전압 및 전류를 고려하여 식(7), (8)을 계산하여 얻은 값보다 높은 정격을 가진

$$V_{DS(max)} = V_{i(max)} [V] \quad (7)$$

$$I_{DS(max)} = I_{out} [A] \quad (8)$$

2) 출력 저역통과 필터

출력 필터 인덕터, 표 1의 사양과 식(7), (8)을 고려하여, 인덕터 800[uH]와 출력 전압 리플 $\pm 2\%$ 를 만족하는 커패시터 3300[uH]를 설계하였으며, 출력 전류 리플 $\pm 2\%(\pm A)$ 를 만족하게 설계하였다.

$$L \geq \frac{V_o \left(\frac{1}{2} - Duty \right) T_s}{2\Delta I_{out}} [mH] (\Delta I_o : \text{출력전류리플}) \quad (7)$$

$$C \geq \frac{V_o \left(\frac{1}{2} - Duty \right)}{8L\Delta v_o f^2} [uF] (\Delta v_o : \text{출력전압리플}) \quad (8)$$

3. 해석 및 결과

그림 2의 (a)는 SAW 용접시스템의 출력을 교류출력으로 제어 하였을 때의 시뮬레이션 파형을 나타내며 (b)는 직류 출력으로 제어하였을 때의 파형을 나타낸다.

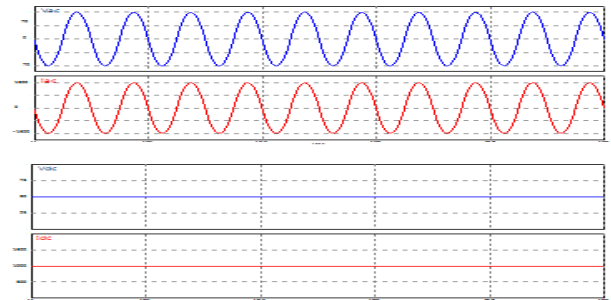


그림 2 SAW 시스템의 출력 AC/DC 전압, 전류 파형

Table 2 Topology of SAW System

4. 결론

본 논문에서는 듀얼 하프브릿지 인버터를 적용한 PIPO 풀브리지 컨버터를 이용하여 50[kW] 서브머지드 아크 용접 시스템을 설계하여 시뮬레이션 하였다. PIPO 풀브릿지 컨버터를 적용함으로써 전력을 분배하여 각 부 스위칭 소자 및 내부 소자들의 용량을 줄임으로써 스위칭 손실의 저감과 원가 절감을 이루었다. 차후 연구에서는 SAW 시스템을 실제 구축하여 용접 시 이음부의 신뢰도를 높이기 위한 연구를 진행할 예정이다.

○본 연구는 중소기업청의 중소기업 기술혁신개발사업 “미래선도과제”의 일환으로 수행되었습니다.(S2044471)

참고 문헌

- [1] 채영민 외 5명 "인버터 아크 용접기의 파형제어기법 및 성능향상에 관한 연구" 전력전자학회 논문지, 제4권 제2호 1999.4 page(s):128 137
- [2] 반충환 외 5명 "50kW 급속충전 시스템용 PISO 풀브리지 컨버터 설계 및 구현" 조명전기설비학회 2011 추계학술대회 논문집 2011.11, page(s):258 259
- [3] 고재석 외 4인 "단락순간의 전류제어에 의한 CO2 인버터 아크 용접기의 스파터 저감" 전력전자학회 논문집 1997.7, page(s):260 264
- [4] 우동학 외 5인 "사이리스터 정류기형 아크 용접기의 디지털 제어기 구현에 관한 연구" 전력전자학회 학술대회 논문집 1997.7, page(s):34 39