

인버터 용접기 2차측 출력 전압손실을 보상하는 제어방법

*배종일, *유치국, **주진호
 부경대학교 전기제어계측공학부*, (주)하나메카트로닉스**

The Control Method for Output Voltage Compensation on the Secondary of Inverter

*Jong-Il Bae, *Chi-Kook Ryu, **Jin-Ho Ju
 Division of Electrical Control & Instrumentation Engineering Pukyong National University*
 HANA Mechatronics Co.,Ltd**

Abstract - The power source of inverter welder stable power of low voltage and high current. Because if shouldn't be, it is caused to spark between the parent metal and the peak. So that, we designed to be base on high frequency transformer and reactor of DC part. Then, we optimized control of PWM, current rising slant, voltage, current, pulse current and inverter out-put voltage. Also we designed PCB for EMI and noises.

1. 서론

현재 널리 사용되어지고 있는 인버터 용접기는 용접하는 모재와 전극봉 사이의 피치 간격에 의한 2차측 전압 손실로 인하여 용접 시 용접의 불규칙적인 굽김 현상과 전압 상하강시에 용접상태가 고르지 못해 최상의 용접 조건을 기대하기 어렵다. 이러한 전압 손실을 보상하는 것은 용접 시 굽김 현상으로 발생되어지는 용접의 불규칙성과 용접기 자체의 용접 특성을 저하시키는 원인을 제공할 뿐 아니라 인버터 용접기의 중심 소자인 IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor) 에도 치명적인 손상을 입힌다. 나아가서는 잘못된 용접부위를 재차 용접하는 인력소모와 시간낭비 뿐만 아니라 용접 시 발생하는 전력소모를 줄임으로서 효율적인 작업을 기대할 수 있다.⁽¹⁾⁽¹⁰⁾

2. 본론

2.1 시스템의 구성

인버터 용접기의 효율개선을 함에 있어 여러가지 기술적인 면을 고려해야하는데 인버터 아크 용접기의 경우 인버터부는 스위칭 소자와 블로킹 캐피터, 고주파 변압기, 직류단 리액터로 구성되어 있다. 각 부분은 전기적 특성을 고려하여 설계하고 특히 출력단의 고주파 변압기와 직류단의 리액터의 설계는 전기적인 특성뿐만 아니라 용접성능과 직결되는 부분인 만큼 용접 특성을 고려해서 설계한다.⁽⁵⁾

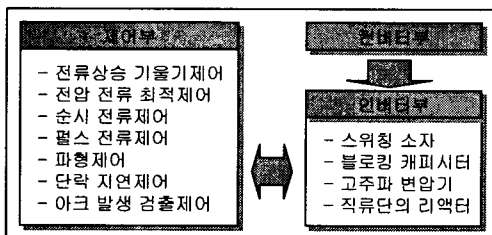
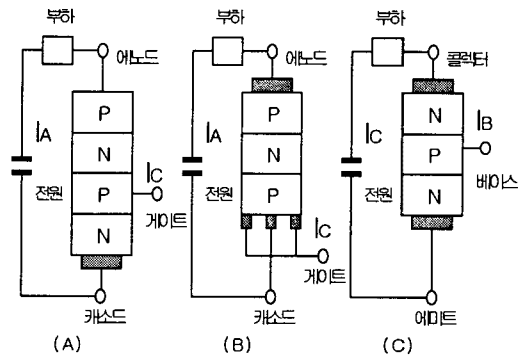


Fig.1 Basic structure of inverter control system

2.1.1 스위칭 소자의 구성

스위칭 소자의 선정은 인버터 입력전압인 DC링크단 전압을 V_d , 변압기 1차측 전압을 V_1 이라고 할 때 인버터에 사용되는 소자의 전압 및 전류의 정격을 선정할 수 있다. 인버터에 사용되는 소자의 콜렉터와 에미터 사이에 인가되는 정격전압인 V_{ss} 는 최대인가 전압인 V_{ecp} 나 스파크 전압의 피크치인 V_{csp} 보다 커야만 시스템이 안정적으로 동작한다. 일반적으로 V_{csp} 는 입력 전압에 대하여 과전압 설정치를 1.15배로, 또한 선로 리액턴스에 의한 스파이크 전압의 변동분을 1.5배로 선정하여 이와 같은 조건을 충족하도록 스위칭 소자의 전압정격을 결정하며 스위칭 소자의 주파수는 가칭주파수와 스위칭에 의한 전류 리플을 고려하여 일반적으로 15 - 20 KHz 정도로 한다.⁽¹¹⁾



(A) 실리콘소자
 (B) GTO실리콘소자
 (C) 트라이스터

Fig. 2 Compare of inverter element

2.1.2 출력단 고주파 변압기와 리액터의 설계

출력단 고주파 변압기와 직류단 리액터의 설계는 용접기 변압기의 정전류 특성은 수하특성을 갖고 있으므로 이를 위해 공극을 갖는 누설 변압기의 구조로 하지만 인버터 용접용 고주파 변압기의 경우 수하특성 등을 인버터 제어에 의해 구현하는 방법을 택하고 직류 리액터는 용접중 아크 전류를 안정하게 해주는 역할을 하는데 직류 리액턴스가 커질수록 스파터의 발생량은 줄어들지만 반면에 아크의 기동성이 저하되고 만약 직류 리액턴스가 너무 커지게 되면 아크의 발생이 어려워진다. 따라서 적절한 선정이 필요하다.⁽²⁾⁽¹³⁾

2.2 PWM 기법구현

PWM 기법구현은 용접기에서 사용하는 PWM 기법은 중대용량 통선용 DC/DC 컨버터와 유사하여 스위칭 기

범도 같은 방법으로 적용한다. 출력전압 기준치와 삼각파의 비교에 의해서 듀티비를 결정하고 나면 듀티는 펄스열의 형태로 나오게 된다. 그러나 실제로 인버터의 출력단은 변압기에 연결이 되어 있으므로 인버터의 출력은 (+), (-) 가 교번되어야 하며 출력이 교번되는 중간에는 (0)이 포함되어야 환류 모드를 제공하여야 한다. 따라서 인버터의 출력은 (+Vd)에서 (0)으로 다시 (-Vd)에서 (0)으로 되어야 한다. 이와 같은 스위칭 패턴을 인가하기 위해서는 위상제어(Phase Control)이라는 변조 기법을 사용한다.

위상제어는 스위칭 함수를 실제로 인가하기 위한 gating signal로 변환하기 위한 방법으로서 PLL(Phase Lock Loop) 회로를 이용한 방법과 프리플롭을 사용하는 방법이 있다. 본 연구에서는 프리플롭 형태를 먼저 적용한다.^[7]

2.2.1 전압, 전류 및 검출제어

전류 상승 기술기제어, 전압 전류 최적제어, 순시 전류제어, 펄스 전류제어, 단락 지연제어, 아크 재생 검출제어는 과형제어 기법으로서 급속 이행에 다른 스펙터럼 콘트롤 기능을 추가한 것으로서 단순하게 전류의 급속한 상승 및 하강에 따른 핀치력을 저감하여 스펙터럼을 줄일 목적으로 제시된 전류 상승기술기제어, 최적의 전압 및 전류 파형을 미리 선정하여 놓고 이를 추종하도록 인버터를 제어하는 전압 전류 최적제어 기법이 있다. 그리고 최적의 전류조건을 정하여 놓고, 순시적인 전류제어 기법을 통하여 기존 전류를 추종하도록 제어하는 기법과 한 스펙터럼의 발생량이 단락 발생 시점과 아크의 재발생 시점에서 가장 크므로 전류 상승을 지연시키는 단락 지연제어 기법 및 아크 재 발생 직전에 전류를 저 전류로 제어하여 과도한 에너지가 아크발생 시 투입되지 않도록 제어하는 아크 재생제어 기법이 있다.⁸

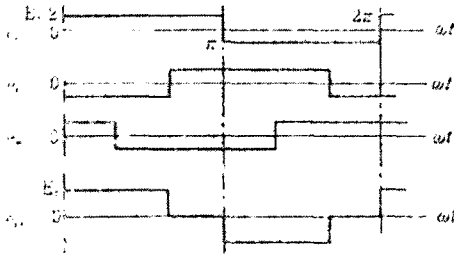


Fig. 3 PWM control by current estimation

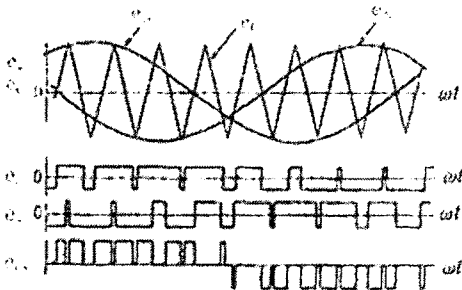


Fig. 4 Curve of three-phase PWM inverter

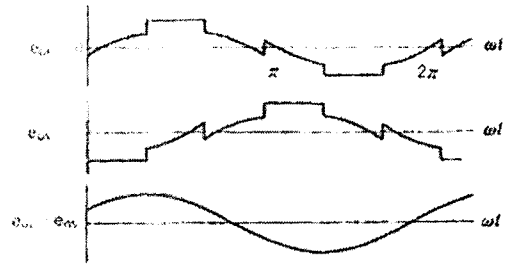


Fig. 5 Signal curve of three-phase PWM inverter by improving

2.2.2 인버터 출력 전압제어

인버터 출력 전압제어는 단순하게 출력 전압 지령치와 송급 속도의 지령치에 의해서 용접 전원을 제어하는 방법이다. 일반적인 제어 기법은 전압 지령치에 의해서 인버터의 듀티비를 조절하여 출력 전압을 제어하고, 전류 지령치에 의해서 송급 속도를 제어하는 방법이 있다. 또한 용접 전류를 센싱하여 출력전압 제어부에 전향제어하여 전원의 속응성을 확보하여 아크의 안정성을 도모한다.⁹

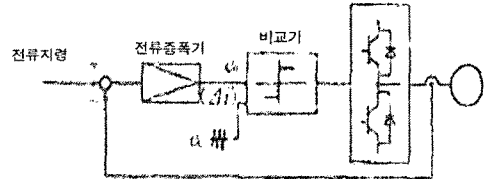


Fig. 6 Current control circuit by voltage PWM inverter

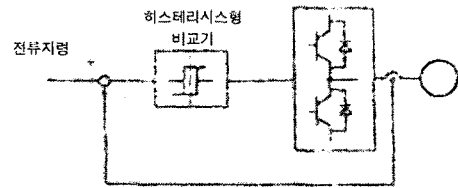


Fig. 7 Control of current estimation

2.2.3 PCB Art-Work 의 구현

전압 손실 보상용 콘트롤러의 각종 인버터 용접기에 접목할 수 있는 다기능제어 PCB구현은 현재 본 개발에서 중요시하는 부분으로서 Inverter 에 국한되지 않고 회로 설계와 Art-Work 시 여러 종류의 인버터 용접기의 설계 사항을 고려하여 설계한다. 즉 휴대용 인버터 용접기의 경우 Inverter 용접기에서 빠지는 회로 부분인 경우를 감안하여 설정부와 콘트롤부를 따로 설계하며 부품 배열을 획일적으로 함으로서 구분을 짓는다. 즉 인버터 용접기에 공통으로 들어가는 회로의 경우 PCB 가삭아지는 것을 감안하고 또한 PCB 가 커질 경우를 감안하여 중앙 콘트롤 부분은 PCB 의 가장 자리에 위치

하도록 설계하며 콘트롤라의 제어 목적인 전원 부분인 경우는 오른쪽 하단부터 설계를 한다. 설정부분의 경우는 Inverter, 휴대용 아크 용접기, 프라즈마 용접기는 각기 다르므로 왼쪽부분으로 설계하면서 언제든지 PCB를 조절하여 사용할 수 있도록 설계한다. 외부와의 연결책은 콘넥터로 연결하며 이 역시 콘넥터의 방향과 위치도 위에서 설명한 바와 같은 방법으로 설정 설계한다. 이로서 Inverter 용접기, 휴대용 아크 용접기 프라즈마 용접기 등 여러 요소의 용접기에 한 콘트롤라의 PCB로서 제어 할 수 있다. 설정부와 콘트롤라부의 노이즈 현상을 줄이는 Poly PCB 구현은 설정부 뿐만 아니라 콘트롤라 부분 역시 용접기라는 특성 때문에 상당히 많은 노이즈의 영향을 받는다. 노이즈의 원인은 여러가지로 발생할 수 있으므로 대비책은 다방면으로 설계를 하여야만 한다. 콘트롤라 PCB의 경우 노이즈로 인해서 실질적인 기능을 다할 수 없는 경우가 발생하므로 PCB의 설계는 Poly PCB를 기본으로 설계를 하여 PCB상에서 발생하는 노이즈와 외부로부터의 노이즈 차폐 효과를 기대한다. Poly PCB는 PCB 상에 Comp면과 Solder 면 양면을 그라운드 처리를 먼저 하여 부품의 위치를 결정하는데 부품의 위치는 앞에서 설명한 바와 같이 다기능 PCB를 감안하여 배열한다. 부품의 위치가 결정되면 먼저 콘트롤라의 전원부터 설계를 하고 그 뒤에 시그널 라인들을 설계한다. 모든 라인들은 Poly로 감싸져 있기 때문에 불필요한 Poly는 삭제한다. 이로서 라인 설계는 노이즈에도 영향을 덜 받게 되고 시그널과의 영향을 피할 수 있다. 또한 양면이기 때문에 비아가 생성될 경우도 위와 마찬가지로 Poly로 감싸는 형태로 설계한다.^{[3][6]}

위 방법 외에도 주의하여 설계를 항목은

- ① IC(직접회로)의 배열은 같은 방향으로 설계를 한다.
- ② 저항 및 다이오드는 가로 혹은 세로의 방향을 가급적이면 맞추도록 설계한다(세로 방향과 가로 방향의 규칙성을 따른다)
- ③ 전해 콘덴서 및 극성이 있는 부품 역시 가로 세로 혹은 같은 극성으로 배열한다. 이는 노이즈와도 관계가 있지만 회로의 점접과 수리 시 용이하다)
- ④ AC 와 DC의 라인은 최소 4mm 이상 간격을 유지하면서 설계를 한다. 단 DC 와 DC는 3mm 라인의 간격을 유지한다.
- ⑤ Comp 면과 Solder 면의 설계 시 뒷면이 세로 방향이면 아래면은 반드시 가로 방향으로 설계하여 확일적인 설계를 유지한다.
- ⑥ 라인과 라인이 붙어 있는 경우 중간에 라인으로서 연결이 필요한 부분은 제일 가까운 패더 솔더면에서 연결을 원칙으로 설계한다.

위와 같은 방법을 준수하여 설계를 하면 여러 가지로 작용할 수 있는 노이즈를 사전에 상당히 줄일 수 있으므로 현장에서 발생하는 노이즈 또한 대응할 수 있다.^[4]

3. 결 론

용접 기술은 용접 시공 기술이 주도를 하고 있는 것이 사실이지만 이를 뒷받침하는 용접 기자재 생산 기술 또한 중요한 분야이다. 하지만 국내의 용접기자재 생산 기술은 선진국에 비해 많이 뒤떨어져 있다. 이는 용접기자재 기술 개발에 소홀한 점이 중요한 원인으로 작용한다. 본 연구 목표인 전압 손실 보상용 콘트롤라는 전극봉과 모재에 저전압, 대전류의 안정된 전력을 공급함으로써 아크를 원활히 발생하여 고품질의 용접을 구현한다. 이는 현존하는 용접기에서 발생하는 용접기 자체의 굽김 현상과 용접기의 중심 소자인 IGBT를 치명적인 손상으로부터 보호하고 한 종류의 전압 보상용 콘트롤라 PCB로 휴대용 인버터 용접기, 에어 플라즈마 용접기 등에 간편히 적용할 수 있어 다 기능적인 콘트롤라를 구현한다. 용접의 목표인 용접 품질을 향상시키기 위한 방법은 전력전자 기술의 발달로 싸이리스트 용접기에서 인버터 용접기로 변하여 가는 시점이다. 위에서도 언급한바와 같이 전압 보상용 콘트롤라 용접기 PCB는 용접의 목표인 품질은 기본으로 수행하고 용접의 굽김 현상으로부터 품질 저하를 방지하며 재차 용접하는 인력의 낭비와 시간적인 소모등을 줄일 수 있으며 무엇보다 용접 시드는 용접 비용을 현저히 낮출 수 있다. 또한 용접 기술이 선진국에 비해 떨어지는 것이 용접기술의 저하도 있지만 용접기자재의 개발로 인하여 기술 도입비 및 수입에 의존도도 낮출 수 있다고 하겠다.

본 연구의 전압손실용 콘트롤라는 한 종류의 제품에만 적용되는 것이 아니라 인버터 용접기 상당수에 적용된다고 해도 과언이 아니다. 인버터 방식을 채택한 용접기는 용접 피치의 불 균일성으로 인하여 발생하는 문제점을 보완하였기 때문에 인버터 방식의 용접기에는 적용이 된다고 하겠다. 무엇보다 용접기의 생명인 용접 품질을 한층 끌어올림으로서 휴대용 아크 용접기, 에어 플라즈마 용접기 등에 같은 종류의 PCB로 사용을 할 수 있어 편리하다. 나아가 한층 진보된 캐리지 용접기에도 용접 피치의 불 균일성을 해소하여 고품격 적인 용접기를 구현한다.^[12]

(참 고 문 헌)

- [1] 윤두근, "용접기술과 작업 방법", 문운당, 1996
- [2] 김윤석, "용접기술-특수 용접의 이론과 실제", 일진사, 1991
- [3] 김형록, "PCB 공정 기술학", 홍릉과학출판사, 2002
- [4] 엄광천, "Power PCB", 글로벌, 2002
- [5] 조영석, "마이크로 콘트롤러 활용", 북두출판사, 2001
- [6] 최영규, "인쇄회로 설계기초", 홍릉과학출판사, 1998
- [7] 권혁준, "일반용접 공학", 선학출판사, 2003
- [8] 이철구, "용접 공학", 청문각, 2002
- [9] Howard. B Cary, "신용접 공학", 피어슨 에듀케이션 코리아, 2002
- [10] 강인찬, "현대 용접공학", 구민사, 2001
- [11] 국정환, 김덕중, 연운모, "용접 재료학", 선학출판사, 2001
- [12] 이용, "용접검사의 기초", 대신기술사, 2000
- [13] 박종우, "정밀 용접공학", 일진사, 1999