

연료전지로 구동되는 TIG-용접기용 DC-DC 컨버터 개발

(Development of TIG-Welder DC-DC Converter Based on Fuel Cell Stack)

민명식* · 박상훈 · 전범수 · 원충연**

(Myung-Sik Min · Sang-Hoon Park · Byum-Soo Jeon · Chung-Yun Won)

요 약

본 논문은 연료전지스택을 입력전원으로 하는 TIG-용접기용 전력변환장치를 제안하였다. 일반적으로 TIG-용접기의 전원공급장치는 상용전원을 이용한 다이오드 브리지 정류회로를 사용한다. 이런 회로의 경우 다이오드 정류기와 용량이 큰 캐패시터를 사용하게 되므로 부피가 커지고, 입력전류는 맥동성분과 고조파를 포함하게 된다. 또한, TIG-용접기는 상용전원의 사용이 여의치 않은 도서산간지역이나 특수한 환경에서는 소형 경량의 이동성이 수월한 전원장치 및 전력원을 필요로 하게 된다. 따라서 본 논문의 TIG-용접기용 전력변환장치는 고체고분자형연료전지(PEMFC)를 입력전원으로 사용하고, 부스트 컨버터의 기능과 인버터 용접전원의 기능을 하나의 풀-브리지 컨버터로 구성하였다. 제안한 연료전지를 이용한 TIG-용접기용 전력변환장치는 컴퓨터 시뮬레이션과 실험을 통하여 성능을 검증하였다.

Abstract

This paper presents the power conversion system for TIG-welder using the fuel cell stack. Generally, power supply for TIG-welder uses the front-ended diode bridge rectifier by common AC power source. In this case, power supply of TIG-welder increases in volume because of using bulky capacitor and diode-rectifier. Also, input current includes ripple and harmonics. Moreover, TIG-welder will be demand the power supply with lightweight and easy movement in the areas like as the islands and mountainous areas or the special environment are not use common AC power source. Thus, input power of the power conversion system for TIG-welder is used PEMFC(Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell), and the power conversion system is comprised of full-bridge converter with function of boost converter and inverter welding source, in this paper. The proposed power conversion system which is power supply for TIG-welder was verified by computer simulations and experiments.

Key Words : TIG-welder, Fuel Cell, PEMFC, Full-Bridge Converter

* 주저자 : (주)에스원 테크놀로지
** 교신저자 : 성균관대학교 정보통신공학부 교수
Tel : 031-290-7169, Fax : 031-299-4623

E-mail : won@yurim.skku.ac.kr

접수일자 : 2009년 4월 14일

1차심사 : 2009년 4월 27일, 2차심사 : 2009년 5월 29일

심사완료 : 2009년 6월 10일

1. 서 론

TIG-용접은 아르곤 가스의 보호 속에서 텅스텐 금속전극과 모재사이에 아크를 발생시켜 용접하는

방법이다[1].

상용교류전원을 사용하는 다이리스터 제어 TIG 용접기는 부피가 크고 무게가 무거워서 이동과 작업 하는데 제약이 있다. 반면에 인버터 아크용접기는 20[kHz]이상의 높은 주파수로 스위칭하기 때문에 변압기가 소형 경량으로 설계할 수 있다. 그리고 이동과 작업하는데 편리하며 빠른 아크 용접특성으로 고품질의 용접이 가능하고 다이리스터 제어 방식 보다 에너지 절전형 용접이 가능하다[2-5].

그러나 상용교류전원이 없는 섬 지역 또는 기동성과 조용한 환경이 요구되는 군 작전 및 이동정비 용도에는 저소음과 작고 무게가 비교적 가벼운 연료전지 구동형 인버터 용접기가 적절하다. 연료전지 스택은 전압 및 전류를 발생시키는 단위 Cell들의 조합으로 구성되며 단위 Cell의 전기적 출력은 일반적으로 저전압 대전류의 특성을 가진다.

연료전지 Cell로부터 생성된 직류형태의 전력을 부하가 필요로 하는 적절한 크기의 전압과 주파수를 가진 교류전력형태로 변환하는 인버터가 필요하다. 이 경우 풀-브리지 컨버터와 인버터에 의한 전력 변환과정에서 2단 변환손실로 인하여 에너지 효율면에서 불리하고 비경제적이다.

따라서 본 논문에서는 풀-브리지 컨버터와 인버터를 사용하는 대신에 풀-브리지 컨버터 기능과 TIG 용접전원의 기능을 하나의 컨버터로 고체고분자형연료전지(PEMFC)의 광범위한 출력전압에 적용하도록 한 직접변환방식의 풀-브리지 컨버터 회로를 설계하고 제작하여 시뮬레이션과 실험과정을 통하여 용접성능을 확인하였다.

2. TIG-용접전원용 정류형 풀-브리지 컨버터 구성

그림 1의 NEXA 연료전지는 DC 1~46[A]의 출력 전류 범위에서 DC 26~42[V]까지의 광범위한 범위로 전압이 변한다.

그러므로 일반적인 TIG 용접 전원을 사용할 경우 이러한 광범위한 입력전압 변동을 흡수하여 일정한 고전압으로 출력할 수 있는 풀-브리지 컨버터가 필요하게 된다.

풀-브리지 컨버터의 회로방식은 초퍼 방식과 브리지 방식이 있는데 연료전지의 최소 출력전압 DC 26[V]에서 용접전원에서 필요한 일정한 DC 전압 300[V]로 승압시키기 위해서는 승압비가 적어도 12 배 이상이 되어야 한다.

그러나 초퍼 방식은 승압비가 3~4배가 한계이며 입·출력이 비절연형이다. 높은 승압비를 얻기 위해서는 고주파변압기의 권선비를 이용하여 승압비를 조절할 수 있는 정류형 하프-브리지 또는 풀 브리지형 컨버터를 사용하는 것이 일반적이다[6].

그림 2의 직접 변환형 TIG 용접전원은 부스트 컨버터 없이 연료전지의 넓은 출력 전압특성에 적응하면서도 수하특성(Drooping characteristic)의 TIG 용접을 가능하게 한다. 이것은 상용 인버터 TIG 용접전원의 전력변환회로가 풀-브리지 컨버터와 거의 같은 원리의 회로로 구성되어 있다.

풀-브리지 컨버터에서 승압된 전압은 인버터 TIG 용접특성인 수하특성을 만들기 위하여 무 부하 전압이 DC 75[V] 정도가 되도록 용접전원의 전력변환회로에서 다시 강압하게 된다. 즉, 인버터 TIG 용접전원의 전력변환회로에서 풀-브리지 컨버터의 승압기능과 TIG 용접전원의 정전류 출력기능을 하나의 회

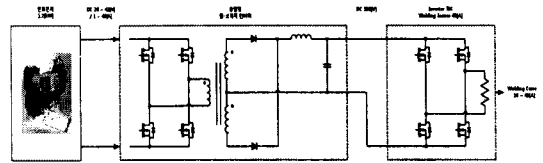


그림 1. 풀-브리지 컨버터와 인버터를 이용한 TIG-용접전원의 블록도

Fig. 1. Block diagram of TIG-welder power source using Full bridge converter and inverter

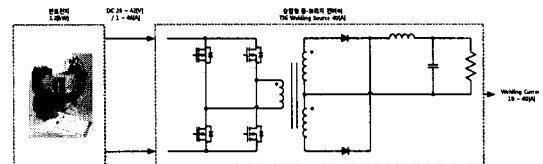


그림 2. 풀-브리지 컨버터를 이용한 직접변환형 TIG-용접전원의 블록도

Fig. 2. Block diagram of the direct conversion type TIG-welder power source using Full bridge converter

연료전지로 구동되는 TIG-용접기용 DC-DC 컨버터 개발

로 구현할 수 있도록 하였다.

그런데 어떤 원인으로 연료전지의 출력전압이 저하할 경우 정전류 전원의 원리상 출력전압에 대해서는 제어가 되지 않으므로 용접전원의 무 부하 출력전압은 입력전압에 추종하여 결정된다. 즉, 풀-브리지 컨버터를 사용하지 않을 경우, 정전압 기능이 없으므로 연료전지 출력전압이 변함에 따라 TIG 용접전원의 무 부하 출력전압은 주변변압기의 권선비에 비례하여 변하게 된다. 결과적으로, 연료전지의 최저전압에 승압비를 맞추어서 설계하면 연료전지의 최고 출력전압에서는 용접전원의 무 부하 전압이 너무 높아져서 용접 작업 중에 감전사고 위험이 일어날 수 있다.

반대로 연료전지의 최대 출력전압에 승압비를 맞추어서 설계할 경우, 출력전압이 어떠한 원인으로 낮아지게 되면 용접전원의 무 부하 전압은 입력전압에 추종하여 낮아지므로 아크 스타트가 원활하게 되지 않는 단점이 생긴다. 따라서 연료전지로 구동되는 TIG 용접전원에서 무 부하 전압영역에서는 정전압 특성을 가지면서 용접전류영역에서는 정전류 수하특성을 가지는 TIG 용접기용 풀-브리지 컨버터가 필요하게 된다.

본 논문에서 무 부하 출력전압 영역에서는 정전압 제어로 동작하고 용접 시에는 설정된 전류값의 정전류 제어로 전환되는 특성을 가진 풀-브리지 컨버터를 이용한 직접 변환형 TIG 용접기용 전력변환회로를 제안하였다.

3. TIG-용접전류와 연료전지 출력전압의 관계

연료전지 스택의 직류전압을 TIG 용접전원의 입력으로 사용했을 때 TIG 용접전류에 따른 연료전지 출력전압과의 관계는 그림 3과 같은 형태로 나타난다.

용접전류를 D->E->F로 점점 증가시키면, 용접전원의 입력전류(연료전지 출력전류)도 증가하게 되고, 연료전지의 출력전압은 감소하게 된다. 용접기가 무 부하 상태에서는 연료전지의 출력전압도 무 부하 출력전압 DC 42[V]정도가 출력된다[1].

아크가 시작되어 용접부하가 가해지는 상태가 되면 용접부하 전류가 증가하는 상태가 되므로 연료전지의 출력전압은 A에서 C로 더불어 감소한다. 그러므로 그림 3에서 용접전원의 V-I 특성곡선과 아크 길이가 일정할 때의 아크특성곡선이 교차하는 점 D, E, F가 해당 용접전류이다. 이때의 용접전류와 연료전지 출력곡선이 만나는 점 A, B, C가 각각의 해당 용접 전류에서의 연료전지의 출력전압 또는 TIG 용접전원의 입력전압이 된다. 본 논문에서는 그림 3의 용접전원 V-I 특성에 적합하도록 고주파 변압기에 의한 승압과 직접변환방식의 풀-브리지 컨버터를 설계하였다.

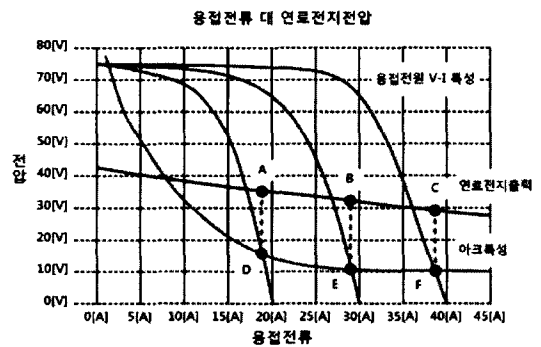


그림 3. TIG 용접전류와 연료전지 출력전압 특성곡선
Fig. 3. Characteristic curve of TIG welding current and Fuel cell output voltage

4. 제안된 연료전지 구동형 TIG-용접기용 풀-브리지 컨버터의 구성도

4.1 승압 및 정전류 수하특성을 가진 TIG-용접기용 풀-브리지 컨버터의 구성도

그림 4는 승압 특성과 정전류 수하특성만을 가진 풀-브리지 컨버터를 이용한 직접 변환형 TIG 용접전원의 시스템 구성도이다. 시스템 구성은 주 전력 변환회로와 제어회로로 되어 있다. 연료전지로부터 직류 전원을 받아서 스위칭 회로에서 고주파 교류 전원으로 변환되고, 변압기에서 승압된다. 변압기 2

차측에서 다시 직류 전원으로 정류된 후 용접 부하 단으로 일정한 전력을 전달하는 방식이다[7]. 여기서, 승압 특성은 승압 변압기의 권선비와 듀티비에 의하여 수행되며, 용접을 위한 정전류 수하특성은 출력측의 전류량을 CT로 검출하여 궤환하여 얻을 수 있다.

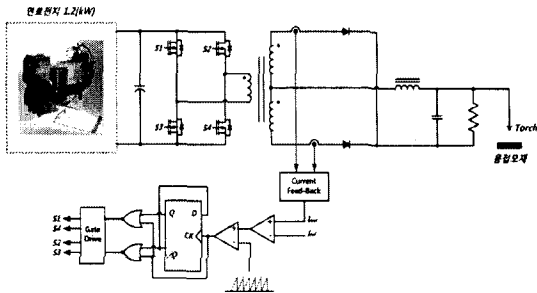


그림 4. 승압 및 정전류 수하특성을 갖는 TIG-용접기용 풀-브리지 컨버터의 구성도
 Fig. 4. Block diagram of Full-bridge converter for TIG-welder with boosting and constant current characteristic

4.2 무 부하 정전압 특성을 가진 TIG-용접기용 풀-브리지 컨버터의 구성도

그림 5는 승압특성과 용접 정전류 수하 특성을 갖는 풀-브리지 컨버터를 이용한 직접변환형 TIG 용접전원에서 무 부하 정전압 특성을 추가한 시스템 구성도이다.

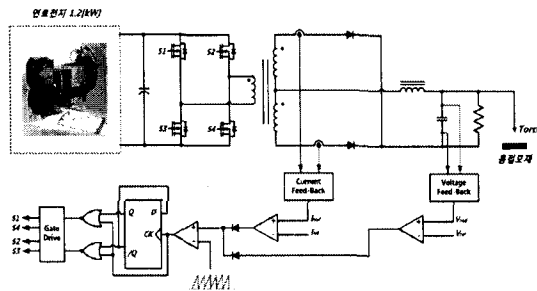


그림 5. 무 부하 정전압 특성을 추가한 TIG-용접기용 풀-브리지 컨버터의 구성도
 Fig. 5. Block diagram of Full-bridge converter for TIG-welder with addition no-load constant voltage characteristic

승압특성과 용접 정전류 수하특성만을 가진 풀-브리지 컨버터를 이용한 직접변환형 TIG 용접기의 전력변환회로와 동일하지만 전압 궤환기능을 부가함으로써 무 부하 상태에서 정전압이 제어되지 않는 단점을 해결하였다.

출력측의 전류량뿐만 아니라 출력전압도 검출하여 제어회로에 궤환함으로써 무 부하에서 정전압 제어가 가능하다.

5. 무 부하 정전압 제어와 용접 정전류 제어의 전환 원리

그림 6은 TIG 용접기용 풀-브리지 컨버터의 입력 전압에 따라서 무 부하 정전압 제어로부터 용접 정전류 제어로 전환되는 과정이다.

제안된 TIG 용접기용 풀-브리지 컨버터에서, 무 부하 전압 출력영역에서 동작하는 정전압 제어와, 용접 시에 필요한 정전류 제어는 서로 밀접한 관계가 있지만, 서로 영향을 미치지 않는 각각의 전압 영역에서 동작한다는 점을 고려하여 하나의 시스템에 2가지 특성을 가지는 알고리즘을 제안하였다.

그림 5에서 보인 바와 같이 무 부하 정전압 제어가 없을 경우, TIG 용접기용 풀-브리지의 무 부하 출력 전압은 입력전압에 직선적으로 비례하여 증가한다. 반면에 무 부하 정전압 제어가 있을 경우, 무 부하 정전압 특성이 시작되는 임계전압 이상의 입력 전압부터 정전압 기능이 동작하여 무 부하 출력전압이 억제되기 시작한다. 이후 연료전지의 최대 출력전압 DC 42[V]까지 용접 전력변환회로의 출력전압은 DC 75[V]를 유지한다.

본 논문에서 제안된 TIG 용접기용 풀-브리지 컨버터에서 연료전지의 최대 출력전류가 DC 46[A]일 때 최저 전압은 DC 26[V]이므로, 무 부하 정전압 특성이 시작되는 최소 입력임계전압은 최저 전압 DC 26[V]까지의 여유를 고려하여 DC 30[V]로 정하였다. 따라서 최소 입력 임계전압 DC 30[V] 이하에서는 정전압 기능이 동작하지 않으므로 입력전압에 추종하여 무 부하 출력전압이 변하게 된다.

용접 아크가 시작되어 용접전류 영역으로 동작이 시작되면, 정전압 제어 영역을 지나는 시점에서 용

연료전지로 구동되는 TIG-용접기용 DC-DC 컨버터 개발

접 정전류 수하 특성이 시작되게 된다. 그러므로 하나의 TIG 용접기용 풀-브리지 컨버터에서 정전류 제어와 정전압 제어가 서로 독립적으로 동작할 수 있다. TIG 용접은 보편적으로 아크전압 DC 9~20[V] 이내에서 안정되게 이루어지므로 용접 중 아크전압은 무 부하 전압과는 큰 전압 차를 가지고 있어서 정전압 제어의 영향을 받지 않고 정전류 제어가 가능하기 때문이다.

아크가 끊어져서 용접이 끝나는 시점에서는, 용접 전류는 급격히 줄어들게 되어 전압은 용접전원의 수하특성에 따라서 무 부하 전압으로 급상승하고, 설정된 DC 75[V]의 정전압 제어 영역을 초과하는 순간부터 무 부하 전압을 정전압 제어를 받게 된다. 따라서 무 부하 출력전압 영역에서는 정전압 제어로 동작하고 용접 시에는 설정된 전류값의 정전류 제어로 전환되는 동작을 하게 된다

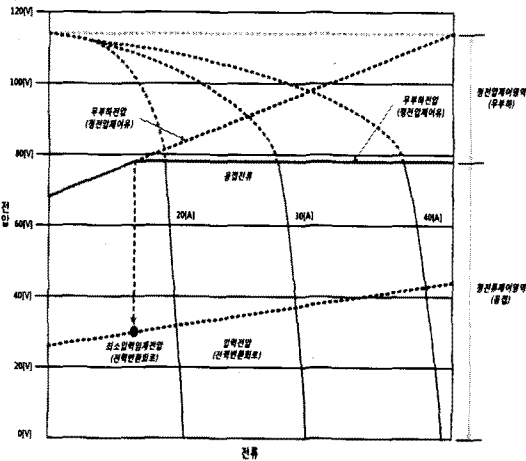


그림 6. 무 부하 정전압 제어와 용접 정전류 제어 전환 원리도

Fig. 6. Principle diagram of switchover control for the no-load constant voltage and welding constant current

6. 시뮬레이션 및 실험 결과

6.1 시뮬레이션 결과

그림 7은 연료전지를 입력으로 하는 TIG 용접기용 풀-브리지 컨버터의 전체 시뮬레이션 회로도를

나타내고 있다. 시뮬레이션에 사용한 툴은 Power-Sim에서 개발한 PSIM6.0 소프트웨어를 사용하였다. 시뮬레이션에 사용한 정격 사양은 표 1과 같다. 시스템 구성은 주 전력변환회로와 제어회로로 구성되어 있다.

표 1. 직접변환형 TIG-용접기의 정격사양
Table 1. Parameters of direct conversion type TIG-welder

항 목	사 양
입력전압	DC 26~42[[V]]
출력전류	30[A]
스위칭 주파수	20[[kHz]]
주 변압기 권선비	1:3
부하 저항	0.5[Ω], 0.33[Ω]

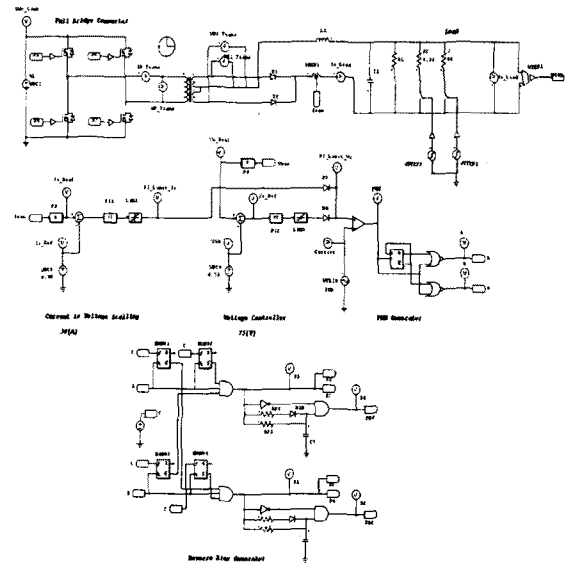


그림 7. 시뮬레이션 전체 회로도
Fig. 7. Overall simulation schematic

그림 8은 풀-브리지 컨버터의 주 변압기 1차측 양단의 입력 전압 파형이다. IGBT의 턴-오프 신호에 연이어 따라 나오는 짧은 펄스파형은 IGBT가 턴-오프 될 때 변압기에 축적된 에너지가 스위칭 소자의 역병렬 다이오드를 거쳐서 입력 전원으로 환류되는 파형을 보여주고 있다. 또한 이 파형은 전원 전압에 의해서 클램프 되어 있기 때문에 스위칭 소자에 가해지는 전압 스트레스는 전원 전압 이상으로는 가해지지 않음을 보여주고 있다.

그림 9는 입력전압 DC 42[V]일 때 출력전압에 대한 시뮬레이션 결과이다. 용접부하는 저항 0.5[Ω](용접부하 영역 1)와 0.33[Ω](용접부하 영역 2)을 사용했으며 각각 용접 아크길이에 해당한다고 할 수 있다. 무 부하에서 정전압 75[V]가 유지되는 것과 용접시 출력에서 아크길이에 해당하는 전압의 변화를 확인하였다.

0.5[Ω]에서 전압강하는 15[V]이고, 0.33[Ω]에서의 전압강하는 10[V]로서 용접전류 30[A]에서 아크가 비교적 안정되어 있는 전압 범위가 10~16[V]이므로 실제 용접조건에 맞추어서 선택하였다.

그림 10은 같은 조건에서 출력전류 특성을 시뮬레이션한 것이다. 무 부하 상태에서는 전류는 흐르지 않다가 200[ms] 후 0.5[Ω]의 저항이 걸리면 전류는 30[A]의 전류가 흐르며 다시 200[ms] 후에 0.33[Ω]을 걸었을 때 마찬가지로 30[A]의 정전류를 유지하는 것을 보여주고 있다. 결론적으로, 부하가 걸렸을 때 출력전압은 변하지만 출력전류는 부하에 관계없이 일정한 전류를 출력하는 정전류 특성을 보이고 있다.

그림 11은 TIG 용접기용 풀-브리지 컨버터의 입력 전압과 출력 정전압 특성을 시뮬레이션하였다. DC 26[V]에서 42[V]까지의 입력전압범위에서 최저 입력전압 DC 26[V]부터 최소 입력임계전압 30[V]까지는 전력변환회로의 출력전압이 입력전압에 추종하여 변하고 있지만 최소 입력임계전압 DC 30[V]에서는 출력 전압은 DC 75[V]의 정전압으로 유지되고 있음을 보여주고 있다.

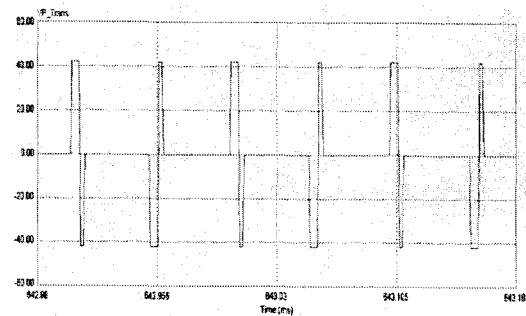


그림 8. 풀-브리지 컨버터의 주 변압기 1차측 전압파형 (입력전압 : 42[V])
 Fig. 8. Main inductor voltage waveform of Full-bridge converter(Primary side) (Input voltage : 42[V])

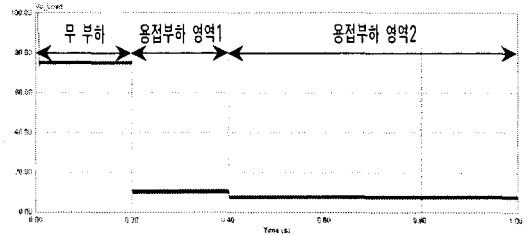


그림 9. TIG-용접기용 풀-브리지 컨버터의 출력 전압파형 (입력전압 : 42[V], 무 부하 출력전압 : 75[V])
 Fig. 9. Output voltage waveform of full-bridge converter for TIG-welder (Input voltage : 42[V], No-load voltage : 75[V])

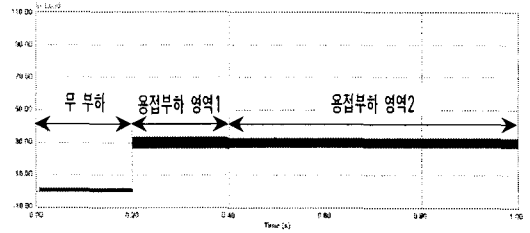


그림 10. TIG-용접기용 풀-브리지 컨버터의 출력 전류파형 (출력전류 : 30[A])
 Fig. 10. Output current waveform of full-bridge converter for TIG-welder (Output current : 30[A])

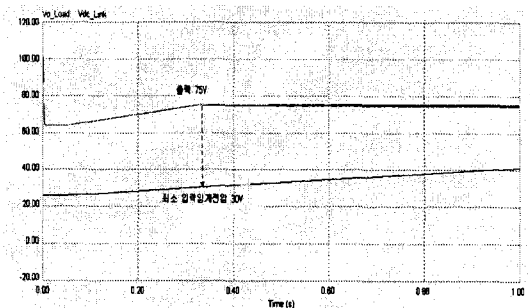


그림 11. 입력전압과 무 부하 정전압 특성
 Fig. 11. Characteristic waveform of input voltage and no-load constant voltage

결론적으로, 부하가 걸렸을 때 출력전압은 변하지만 출력전류는 부하에 관계없이 일정한 전류를 출력하는 정전류 특성을 나타낸다. 무 부하 상태에서는 출력전압은 DC 75[V]로 설계사양 대로 동작하고 있음을 확인할 수 있다.

6.2 실험 결과

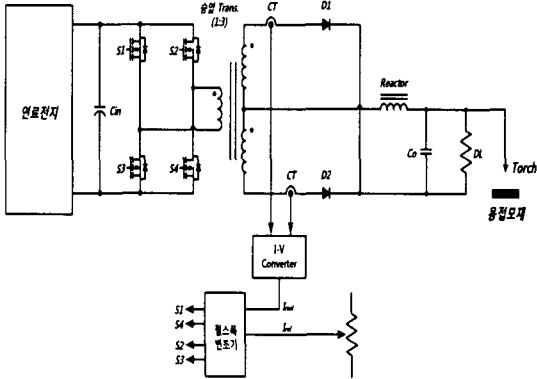


그림 12. 무 부하 정전압 특성을 갖는 직접변환형 TIG-용접기용 풀-브리지 컨버터의 전력변환회로
 Fig. 12. Power conversion circuit of Full-bridge converter for the direct conversion type TIG-welder with no-load constant voltage characteristics

그림 12는 무 부하 정전압 제어특성을 가진 연료 전지 구동형 TIG 용접기용 전력변환회로를 나타낸 것으로, IGBT 소자를 이용한 풀-브리지 컨버터 회로방식을 사용하였다.

그림 13의 좌측 그림은 TIG 아크용접기 구동을 위한 풀-브리지 컨버터 및 제어기이고, 우측 그림은 입력전원으로 실제 연료전지를 사용한 TIG 아크용접기의 전체 실험 세트이다.

NEXA 연료전지 출력전압이 무 부하에서 DC 42[V] 출력이고, 최대 출력전류 46[A]에서 26[Vdc]로 V_i 는 DC 26~42[V]로 하였다.

무 부하 출력전압은 용접전류가 흐르지 않는 상태에서 용접전원의 출력전압으로서 통상 일반 상용 AC 220[V] 전원을 사용하는 TIG 용접기의 경우 아크 스타트를 좋게 하기 위하여 1, 2차 권선비를 4.5:1 정도로 하여 2차 무 부하 전압을 DC 65[V] 정도로 설정한다. 본 설계에서는 용접영역에서 아크스타트 특성을 좋게 하기 위해 DC 75[V]로 설정하였다. 최대 용접전류 I_0 는 입력의 연료전지 용량을 고려하여 30[A]로 설정하였다.

단, 승압 및 정전류 수하특성만 있는 TIG 용접기 용 풀-브리지 컨버터와는 달리 무 부하 출력전압에

서 정전압 제어특성이 있다. 이러한 이유로 최소 입력임계전압 DC 30[V] 이상에서는 무 부하 출력전압이 DC 75[V]로 억제된다.

그림 14는 본 연구에서 제안된 용접전원을 가지고 접침기 용접으로 0.5[mm] 스테인레스강의 용접결과를 보인 것이다.

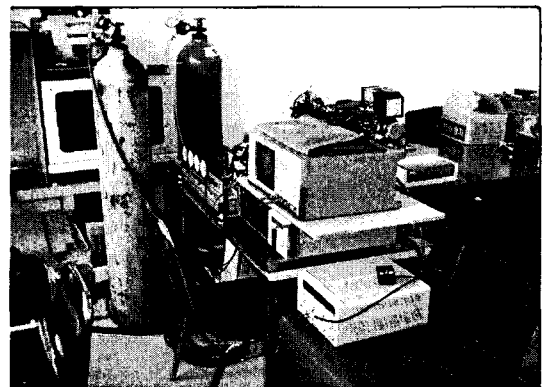
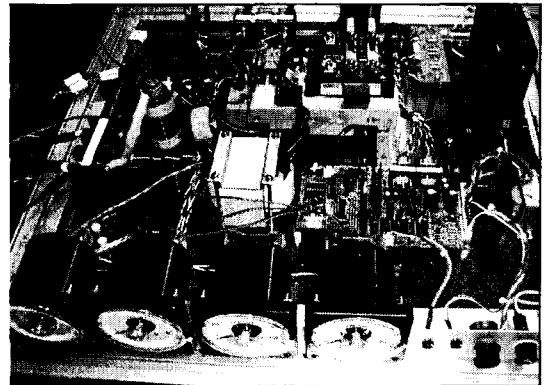


그림 13. 전체 실험 세트
 Fig. 13. Overall experimental setup

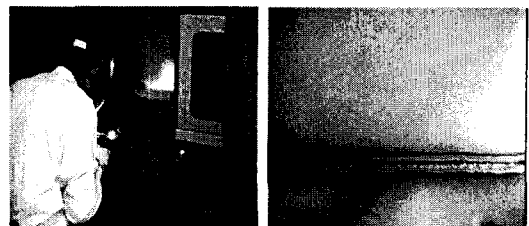


그림 14. 실험 세트를 이용한 용접작업과 용접된 시료 사진
 Fig. 14. Picture of welding operation and welding sample using experimental setup

그림 15는 입력전압 DC 40[V]에서 30[A]의 용접을 할 때 주 변압기의 1차측 입력파형이다. IGBT의 턴-오프 신호에 계속되는 짧은 펄스는 IGBT가 턴-오프 될 때 변압기에 축적된 에너지가 환류 다이오드를 거쳐서 입력전원으로 환원되는 파형을 보여주고 있으며 시뮬레이션 결과와 동일함을 확인할 수 있다.

그림 16은 입력전압 DC 40[V]일 때 무 부하 시에 출력전압은 DC 75[V]로 측정되었다. 그림 9의 시뮬레이션 결과에서 용접부하 영역 1에 해당한다. 그림 17은 입력전압 DC 40[V]에서 30[A]의 용접을 할 때 출력전압 파형으로 용접 시는 정전류 수하특성을 가지고 있으므로 용접 전압은 급격하게 떨어지고 아크 길이 3[mm] 정도에서 출력전압 12[V]정

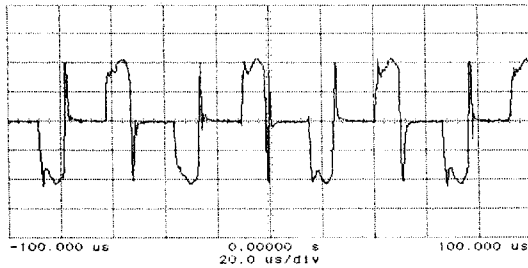


그림 15. 풀-브리지 컨버터의 주 변압기 1차측 전압파형 (입력전압 : 42[V])
(X-축 : 20[us/Div.], Y-축 : 20[V/Div.])
Fig. 15. Main inductor voltage waveform of Full-bridge converter(Primary side) (Input voltage : 42[V])(X-Axis : 20[us/Div.], Y-Axis : 20[V/Div.])

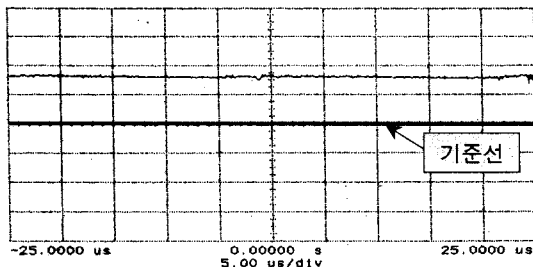


그림 16. 무 부하 시 출력 전압파형(출력전압 : 75[V])
(X-축 : 5us/Div., Y-축 : 50[V/Div.])
Fig. 16. Output voltage waveform at no-load (Output voltage : 75[V])(X-Axis : 5us/Div., Y-Axis : 50[V/Div.])

도로 측정된다.

그림 18은 30[A]의 출력전류에서 저항 부하 0.5[Ω]를 접속했을 때의 파형으로 무 부하 전압 DC 75[V]에서 15[V]의 전압으로 급격히 떨어짐을 보여주고 있으며 그림 9의 용접부하 영역 2의 시뮬레이션 결과와 동일한 형태를 보이고 있다.

8. 결 론

본 논문에서는 1.2[kW]급 고체고분자형연료전지를 전원으로 사용하여 별도의 승압형 컨버터와 인버터 없이 승압형 컨버터의 기능과 TIG 용접전원의 기능을 하나의 풀-브리지 컨버터로 구현하여 다음의 결과를 얻었다.

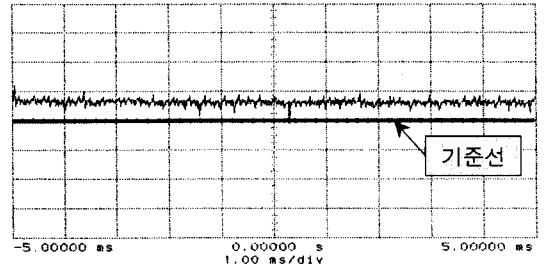


그림 17. 용접 시 출력 전압파형 - 용접영역 1(출력전압 : 15[V])
(X-축 : 1[ms/Div.], Y-축 : 20[V/Div.])
Fig. 17. Output voltage waveform at welding - Welding region 1(Output voltage : 15[V])(X-Axis : 1[ms/Div.], Y-Axis : 20[V/Div.])

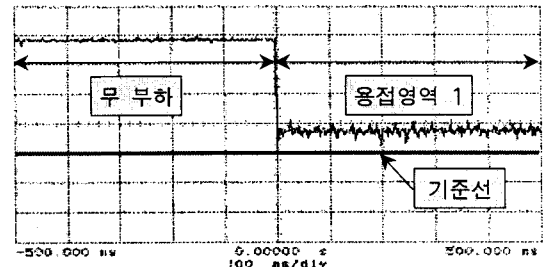


그림 18. 부하 가변 시 출력 전압파형(부하 : 0.5[Ω])
(X-축 : 100[ms/Div.], Y-축 : 20[V/Div.])
Fig. 18. Output voltage waveform at variation load(Load : 0.5[Ω])(X-Axis : 100[ms/Div.], Y-Axis : 20[V/Div.])

- 1) 정전류 수하특성을 가진 직류 TIG 용접기의 전류 제어를 위하여 IGBT 소자를 사용한 단상 PWM 인버터회로를 설계하여, 용접기 출력단 전류를 정전류 제어할 수 있었다.
- 2) 연료전지에 설계 제작된 풀-브리지 컨버터를 연결하고 측정한 결과 연료전지의 출력 전압 전 범위에서 TIG 용접전원의 일반적인 전기적 특성과 일치하였으며, 실제 용접시험에서도 양호한 용접특성을 얻을 수 있었다.
- 3) 제안된 TIG 용접기용 풀-브리지 컨버터에 무부하 정전압 특성을 부가함으로써 정전류 제어 방식 전력변환회로에서 무부하 전압이 제어되지 않는 단점을 해결하였다.
- 4) 무부하 출력전압 영역은 TIG 용접기용 풀-브리지 컨버터의 출력측에서 전류와 출력전압을 검출하여 제어회로에回馈함으로써 정전압 제어가 되도록 하였다.

References

- [1] 강인찬, "현대용접공학", 도서출판 구민사, 1990.
- [2] F. Santi, D. Franzoni, A. Monti, D. Patterson, F. Poonci and N. Barry, "A Fuel Cell Based Domestic Uninterruptible Power Supply", IEEE APFC, Dallas, Texas, pp.605-613, March 2002.
- [3] 이원용, 김창수, "가정용 연료전지 발전시스템", 기계저널 제43권 제4호, pp.46-48, 2003.
- [4] 이원용, "가정용 연료전지 코제너레이션 시스템", 전력전자학회지 제6권 제2호, pp.11-12, 2001.
- [5] 이병국, "연료전지 분산전원용 전력전자 시스템의 개발 현황 및 전망", 전력전자학회지 제8권 제6호, pp.40-42, 2003.
- [6] L. Malesani, P. Mattavelli, L. Rosseto, P. Tenti, "Electronic Welder with High Frequency Resonant Inverter", IEEE Transactions on Industrial Application, Vol.31, No.2, pp.273-279, March/April, 1995.
- [7] 김희준, "스위칭 전원의 기본 설계", 도서출판 성안당, 2005.

◇ 저자소개 ◇

민명식 (閔明植)

1955년 1월 5일생. 1979년 중앙대학교 전자공학과 졸업. 1990년 경북대학교 산업대학원 컴퓨터 공학과 졸업(석사). 2008년 성균관대학교 대학원 전기전자컴퓨터 공학과 졸업(박사). 1989년 2월~1998년 9월 민택 리서치 대표. 1998년 10월~2000년 7월 에이스전자기술(주) 연구소 기술개발총괄 이사. 2000년 7월~2001년 9월 (주)한원텔레콤 부설연구소 연구소장. 2001년 10월~2002년 6월 (주)한원텔레콤 부설연구소 연구소장. 2002년 7월~2002년 9월 (주)신영텔레콤 경영기획실장. 2003년 3월~현재 (주)에스원 테크놀로지 기술고문. 하나택 부사장.

박상훈 (朴相勳)

1979년 7월 25일생. 2007년 성균관대학교 대학원 전자전기컴퓨터공학과 졸업(석사). 2009년 현재 동 대학원 메카트로닉스공학과 박사과정.

전범수 (田凡洙)

1977년 9월 20일생. 2004년 성균관대학교 대학원 전자전기컴퓨터공학과 졸업(석사). 2009년 현재 동 대학원 전자전기컴퓨터공학과 박사과정.

원충연 (元忠淵)

1955년 5월 10일생. 1978년 성균관대학교 전기공학과 졸업. 1980년 서울대 공대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1991년 12월~1992년 12월 미국 테네시 주립대학 전기공학과 방문교수. 1988년~현재 한국 철도기술연구원 심사위원. 2006년~현재 한국전력공사 PQ심사위원. 2006년~현재 차세대 첨단도시철도시스템(한국건설교통기술평가원) 기술개발사업 운영위원. 2006년~현재 (주)로템 기술자문위원. 2007년~현재 도시철도기술실무위원회 위원(건설교통부). 2007년~현재 월간 전기설비 편집자문위원. 현재 성균관대 정보통신공학부 교수.