

3[kW]급 연료전지용 전력변환장치의 개발

(Development of 3.0[kW]class Fuel Cell Power Conversion System)

서기영*

(Ki-Young Suh)

요 약

최근 저전압·대전류 출력 특성을 갖는 연료전지를 위한 새로운 발전시스템으로 주목받고 있다. 연료전지 발전 시스템에서는 DC-DC 승압용 컨버터와 DC-AC 인버터가 필요하다. 그러므로 본 논문에서는 연료전지의 전압을 380[V_{DC}]로 승압하기 위한 절연형 DC-DC 컨버터와 단상 220[V_{AC}]로 변환하기 위한 LC필터를 가진 PWM 인버터로 구성된 전력변환장치를 제안하였다. 특히 제안한 고주파 절연형 ZVZCS PWM DC-DC 컨버터는 환류 다이오드를 포함한 탭부 인덕터 필터를 이용하여 순환 전류를 저감시켰으며, 스위치 및 변압기의 턴-온, 턴-오프시에 오버슈트 전압이나 과도현상이 발생하지 않는다. 그리고 넓은 출력 전압 조정에도 효율을 93~97[%]정도 얻을 수 있으며, 출력 부하전류의 변화에 대해 거의 일정한 출력 전압 특성을 가졌다.

Abstract

Recently, a fuel cell with low voltage and high current output characteristics is remarkable for new generation system. It needs both a DC-DC step-up converter and DC-AC inverter to be used in fuel cell generation system. Therefore, this paper, consists of an isolated DC-DC converter to boost the fuel cell voltage 380[V_{DC}] and a PWM inverter with LC filter to convert the DC voltage to single-phase 220[V_{AC}]. Expressly, a tapped inductor filter with freewheeling diode is newly implemented in the output filter of the proposed high frequency isolated ZVZCS PWM DC-DC converter to suppress circulating current under the wide output voltage regulation range, thus to eliminate the switching and transformer turn-on/off over-short voltage or transient phenomena. Besides the efficiency of 93~97[%] is obtained over the wide output voltage regulation ranges and load variations.

Key Words : Full-bridge DC-DC Converter, High frequency transformer, Fuel Cell Generation System, PEMFC, Tapped inductor filter, Freewheeling diode

* 주저자 : 경남대학교 전기공학과 교수
Tel : 055-249-2630, Fax : 055-249-2839
E-mail : skiyoung@kyungnam.ac.kr
접수일자 : 2006년 10월 16일
1차심사 : 2006년 10월 23일
심사완료 : 2006년 11월 13일

1. 서 론

다양한 에너지 자원의 효율적 활용 및 고품질의 전력을 공급하기 위한 방법으로 태양광 발전, 연료전지 발전, 열병합 발전, 풍력 발전 등의 연구가 활발히 전

개되고 있다. 연료전지는 다양한 연료를 사용할 수 있고, 저공해 특성을 가지고 있다. 그리고 부하가 밀집된 대도시 혹은 변전소에 분산 설치가 용이하여 송전 손실을 줄일 수 있고, 또 운전중에 발생하는 열을 이용하여 열병합 발전이 가능하여 가장 효율적인 차세대 에너지 전원으로 주목 받고 있다[1-2].

연료전지 스택은 일반적으로 27~48[V_{DC}] 정도의 직류를 출력하므로 이를 최대 400[V_{DC}] 정도로 승압하여 60[Hz]의 교류로 변환시키는 전력변환장치가 필요하다. 또한 연료전지 특성상 에너지 저장 능력이 없으므로 시스템 초기 기동이나 부하의 급변에 따른 속응성 능력을 부여하기 위해서 일반적으로 배터리나 슈퍼 커패시터 등의 에너지저장장치를 병합하여 사용하는 하이브리드 시스템의 구조를 갖는다[3-4].

연료전지용 전력변환기의 토폴로지는 연료전지의 출력전압, 용량 및 응용 분야에 따라 다양한 형태가 있다. 연료전지의 낮은 직류 전압을 인버터로 교류 변환 후 변압기를 이용하여 승압하는 교류-교류 승압 방식은 비교적 높은 효율을 얻을 수 있지만 저주파 변압기를 사용하므로 무게와 부피가 커지며, 직류 전압을 조정하기 어려우므로 출력전압의 품질이 저하되는 단점을 가지고 있다.

직류-직류 승압방식에 사용하는 고주파 변압기는 부피 및 무게가 작아 전체 변환기의 소형화가 가능하며, 직류 링크전압이 조정 가능하므로 출력전압의 품질이 향상된다. 연료전지의 출력전압이 낮은 경우 boost 컨버터, buck-boost 컨버터 등의 비절연 컨버터 방식으로는 높은 승압비를 구현하기 어려우므로 고주파 변압기를 사용하는 절연형 방식을 주로 사용한다. 하지만 flyback 방식과 forward 방식은 변압기의 이용률이 낮기 때문에 full-bridge, half-bridge, pull-full 형태의 컨버터를 적용한다. 또한 승압용 컨버터의 2차측 형태에 따라 중간 탭 방식과 브리지 방식으로 선택할 수 있으며, 연료전지 시스템의 용량이 클 경우 복수대의 소용량 컨버터를 사용하는 다중형을 적용할 수 있다[5-7].

본 논문에서는 실제 연료전지의 V-I 출력특성을 갖는 연료전지를 시뮬레이터화하여 실제 연료전지와 특성을 비교하였으며, 380[V_{DC}]로 승압하기 위한 풀-브리지 DC-DC 컨버터, 승압되어진 전압을 상용

부하에 공급하기 위한 3[kW]급 단상 풀-브리지 DC-AC 인버터를 설계하고 제작하였다. 또한 전력을 충·방전할 수 있는 양방향 DC-DC 컨버터로 연료전지의 느린 출력 응답특성을 보완할 수 있음을 실험을 통해 타당성을 증명하고자 한다.

2. 일반적인 연료전지 발전시스템

2.1 연료전지 발전시스템의 구성

연료전지는 연료(수소)의 화학에너지가 전기에너지로 직접 변환되어 직류 전력을 생산하는 능력을 갖는 전지(Cell)로 정의되며, 효율도 다른 발전시스템에 비해 우수하다. 그림 1은 일반적인 연료전지 발전시스템의 전력흐름도를 나타낸 것이다. 그림 1(a)는 연료전지에서 발생된 직류 저전압을 승압하여 가정용에 적합한 단상 교류 전압을 얻을 수 있는 독립형 연료전지 발전시스템이며, 그림 1(b)는 연료전지에서 발생된 직류 저전압을 승압하여 가정용에 적합한 단상 교류 전압을 상용 전력계통에 병렬 접속하는 계통 연계형 연료전지 발전시스템이다.

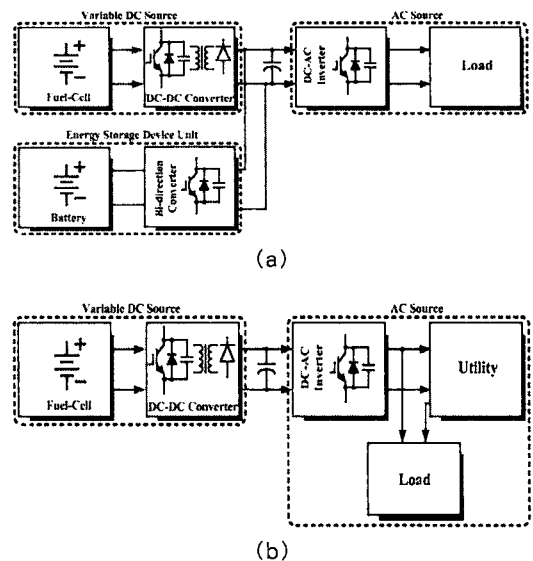


그림 1. 연료전지 발전시스템의 전력흐름도
Fig. 1. Power flow chart of fuel-cell generation system

2.2 일반적인 연료전지용 전력변환장치

일반적으로 연료전지용 전력변환장치의 토폴로지는 연료전지의 출력전압, 용량 및 응용분야에 따라 다양한 형태가 있기 때문에 설계자에 따라 최적의 방식을 선택하여야 한다. 표 1은 일반적으로 연료전지 발전시스템에 적용되어지는 전력변환장치들의 장·단점을 나타낸 것이다.

표 1. 일반적인 연료전지 발전시스템용 전력변환장치
Table 1. Conventional fuel-cell generation system power conversion system

	Primary	Secondary	Efficiency	Character
	Push-Pull Type	Half-Bridge Type	Discharge : 90[%] Charge : 87[%]	- Low Power - A Few Devices
	Full-Bridge Type	Full-Bridge Type	Discharge : 94[%] Charge : 92[%]	- Charge ZVZCS synchronous Rectifier - Discharge - Active Clamp - High/Medium Power
	Push-Pull Type	Forward Type	Discharge : 80[%]	- Medium Power

표 1에서 비절연방식의 컨버터는 높은 승압비를 얻기 어려우므로 고주파 변압기를 사용하는 절연 방식을 주로 사용하였으며, 코아 이용률이 낮은 토폴로지에 대해서는 고려하지 않았다. 그리고 절연형 풀-브리지 컨버터는 스위치의 턴-오프시 스위치에

흐르던 전류가 변압기의 누설 인덕터에 의하여 갑자기 전류의 방향을 바꿀 수 없기 때문에 누설 인덕터에 의해 급격한 전압 변화가 생긴다. 이러한 갑작스러운 전압의 증가는 소자의 파손을 가져올 수 있으며, 고주파 동작에서의 스위칭 손실을 발생시켜 심각한 노이즈 발생의 근원으로 작용한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 저항과 커패시터로 구성된 RCD 스너버 회로가 사용되어지고 있지만 저항에서의 손실로 대전력 응용에는 적합하지 못한 단점이 있다.

그러므로 본 논문에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위해서 능동 클램핑 방법을 사용한 새로운 고주파 절연형 ZVZCS PWM DC-DC 컨버터를 제안하였으며, 인버터 및 연료전지 발전시스템을 안정적이고, 효율적으로 제어하기 위하여 제어부에 TMS320C31DSP를 사용하였으며, 다음과 같은 제어기능을 가진다.

- (1) 연료전지 시뮬레이터의 출력이 실제 연료전지와 동일한 전압-전류 발전 특성을 얻을 수 있도록 출력제어를 하였다.
- (2) 인버터 DC 링크 전압을 380[V_{DC}]정전압 제어하기 위한 승압형 풀-브리지 컨버터를 제어하였다.
- (3) 상용 교류 부하에 220[V_{AC}], 60[Hz]인 교류를 공급하기 위한 인버터의 게이트 신호를 제어하였다.

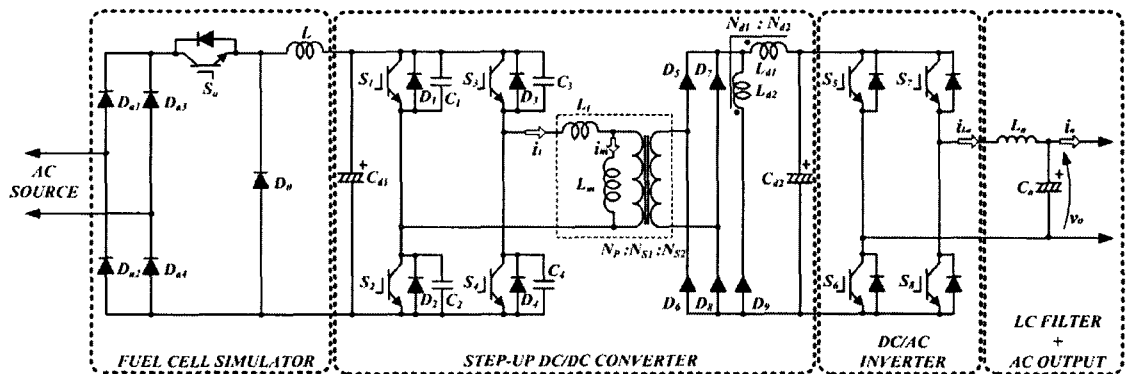


그림 2. 제안한 연료전지 발전시스템의 구성도
Fig. 2. Composition of proposed fuel-cell generation system

- (4) 부하변동에 따른 출력전압의 제어하였다.
- (5) 전체 시스템의 감시와 보호 기능을 가진다.

3. 제안한 연료전지용 전력변환장치

3.1 연료전지의 시뮬레이터

그림 2는 제안한 연료전지 발전시스템의 전체 구성도를 나타낸 것이다. 제안한 연료전지 발전용 전력변환시스템은 Ballard사의 3.0[kW]급 연료전지와 연료전지의 저전압(39~60[V_{DC}])을 승압(380[V_{DC}])시키기 위한 DC-DC 컨버터, 그리고 승압된 DC link 전압을 교류 전압(220[V_{AC}], 60[Hz])으로 변환하기 위한 단상 풀-브리지 인버터로 구성되어 가정용 기기에 적용이 가능하게 된다. 그림 3은 연료전지 단위셀의 V-I 특성 곡선을 나타낸 것이다. 실제 연료전지 발전시스템에서의 동작영역은 Ohmic 모드으로써 본 연구에서 Activation 모드와 Ohmic 모드로 동작하도록 연료전지 시뮬레이터를 제어하였다.

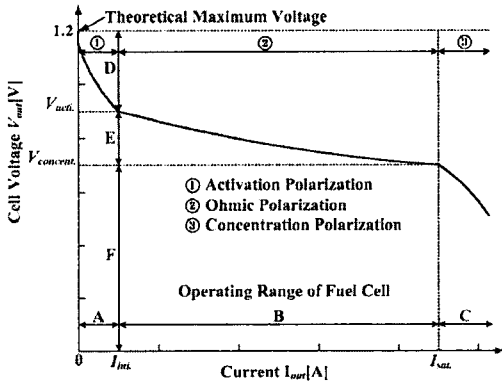


그림 3. 단위 셀의 V-I 특성 곡선
Fig. 3. Characteristic of a single cell

검출된 전류가 연료전지의 출력특성 중 Activation 영역에서 Ohmic 영역으로 변환되는 지점의 기준전류 이하일 경우에는 Activation 모드로 동작하여 일정전압이 출력되도록 제어되며, 설정된 기준전류 이상의 경우에는 Ohmic 모드로 동작하도록 제어하게 된다. 연료전지의 특성곡선에서 Ohmic 모드

를 1차 함수로 근사화하여 수식으로 표현하면 식 (1)과 같다[8-9].

$$V_{out} = \left(\frac{V_{concent} - V_{acti}}{I_{sat} - I_{ini}} \times I_{out} \right) - \left(\frac{V_{concent} - V_{acti}}{I_{sat} - I_{ini}} \times I_{ini} - V_{acti} \right) \quad (1)$$

그림 4는 연료전지용 시뮬레이터의 구성도를 나타낸 것이다. 마이크로프로세서(TMS320C31DSP)에 의한 제어 블록도에서 출력전압 및 전류를 검출하여 A/D 컨버터를 통해 DSP로 입력되면 연료전지의 V-I 특성 곡선에 해당하는 기준값을 생성하여 D/A 컨버터로 출력한다[3]. D/A 컨버터를 통해 출력되는 아날로그 신호는 스위치를 제어하기 위해 PWM 제너레이터 회로의 입력으로 사용된다. PWM 제너레이터 회로의 출력신호는 강압용 컨버터의 게이트 신호로 인가되도록 제어하였다. D/A 컨버터로 출력되는 제어신호와 톱니파의 비교에 의해 만들어진 PWM 신호는 플로팅 게이트 드라이브를 통하여 시뮬레이터의 게이트 신호로 인가된다.

그림 5는 DSP 내부 제어 알고리즘의 흐름도를 나타냈다. 전체 제어루프에서 우선적으로 소자 및 시스템을 보호하기 위하여 출력전압 및 출력전류를 검출함과 동시에 과전압, 과전류, 저전압에 대한 소프트웨어 보호기능을 삽입하여 보다 안정적인 동작을 하도록 구현하였다.

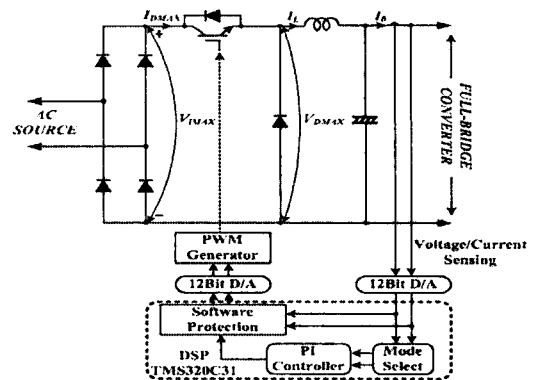


그림 4. 연료전지 시뮬레이터의 구성도
Fig. 4. Composition of fuel-cell simulator

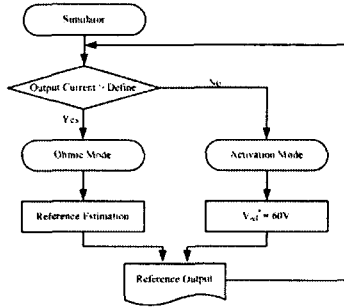


그림 5. 제어 알고리즘 흐름도
Fig. 5. Control algorithm flowchart

3.2 환류 다이오드와 인덕터 필터를 부가한 풀-브리지 컨버터

그림 6은 기존의 DC-DC 컨버터에 순환 전류를 저감시키기 위하여 환류 다이오드(Freewheeling diode)와 인덕터 필터를 부가한 고주파 절연형 ZVZCS PWM DC-DC 컨버터 시스템 구성도를 나타낸 것이다. 제한한 DC-DC 컨버터의 기준 스위치 S_1, S_2 는 무손실 스너버 커패시터 C_1, C_2 에 의하여 ZVS로 동작되며, 고주파 변압기 T_r 의 자화 인덕턴스 L_m 는 제어 스위치 S_3 과 S_4 의 ZCS 턴-온 동작에 필요한 무손실 스너버 인덕턴스로 이용된다. 그리고 환류 다이오드 D_3 는 탭부 인덕터의 $L_{\alpha 2}$ 와 직렬로 접속되어 필터 역할을 함으로써 순환 전류를 저감시키는 동시에 스위치 S_3 과 S_4 를 ZCS 턴-오프 동작이 가능하다.

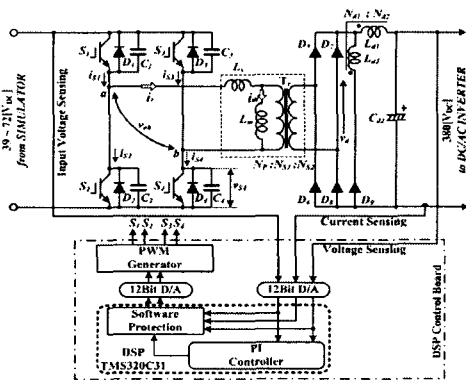


그림 6. 제한한 고주파 절연형 ZVZCS PS-PWM DC-DC 컨버터
Fig. 6. Proposed High-Frequency Isolated Type ZVZCS PS-PWM DC-DC Converter

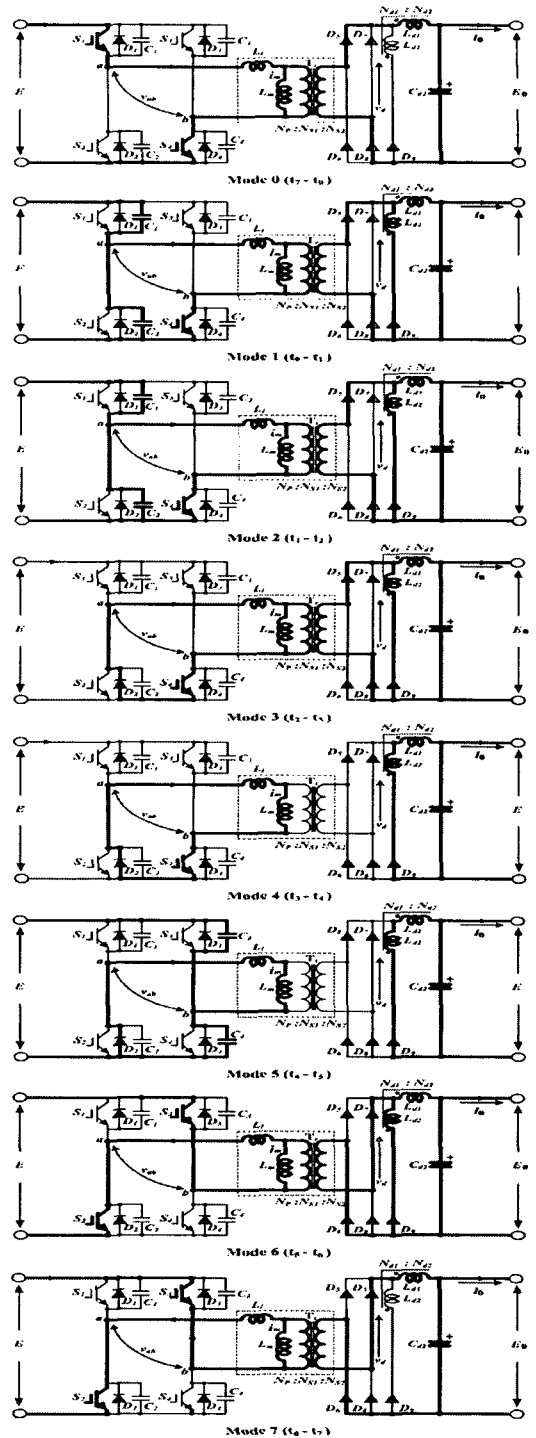


그림 7. 제한한 DC-DC 컨버터의 동작 모드
Fig. 7. Equivalent circuit of the proposed DC-DC converter

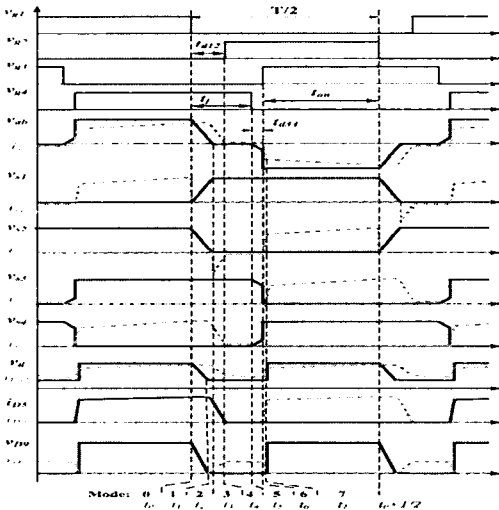


그림 8. DC-DC 컨버터의 각부 전압과 전류 동작 파형
Fig. 8. The each voltage and current operation waveform of DC-DC converter

그림 7은 등가회로 및 동작 모드를 나타낸 것이며, 그림 8은 제한한 DC-DC 컨버터의 각부 전압과 전류의 동작 파형을 나타낸 것이다. 그리고 컨버터의 제어기는 TMS320C31을 이용하여 출력전압을 검출하여 제어하고자 하는 기준전압과 비교하고, PI제어기를 거쳐 컨버터를 구성하고 있는 스위치의 게이트 신호를 만들게 된다. 또한 시스템 보호를 위하여 입력전압, 출력전압 및 전류에 대한 과전압, 과전류, 저전압 보호기능을 가진다.

3.3 TMS320C31 DSP에 의한 풀-브리지 인버터

풀-브리지 인버터는 풀-브리지 컨버터에 의해 송압된 직류전압을 단상 교류 전압(220[V_{AC}], 60[Hz])으로 변환시키는 장치이며, 그림 9와 같다. 풀-브리지 인버터의 입력전압은 연료전지 출력전압 변동과는 무관하게 일정전압을 유지한다.

본 논문에 사용되어지는 단상 풀-브리지 인버터의 저역통과 L-C필터는 PWM 펄스의 고조파를 제거하고, 파형의 형태를 정현파로 만들어 주는 역할을 하며, 다음과 같은 설계 과정을 가진다.

먼저 인덕터는 부하의 임피던스에 비해 충분히 작

은 값으로 선정하여야 하므로 본 논문에서는 부하 임피던스의 2[%]로 하였다.

$$\left. \begin{aligned} X_L &= \omega L \\ \omega L &= 2[\%] \times R \\ L &= 2[\%] \times \frac{R}{2\pi f} \\ \therefore L &= 2[\%] \times \frac{16.13}{2\pi \times 60} \\ &= 855[\mu H] \end{aligned} \right\} (1)$$

커패시터는 인덕터의 스위칭 맥동을 충분히 흡수할 정도의 용량이 요구된다.

$$\left. \begin{aligned} X_C &= \frac{1}{\omega C} \\ \frac{1}{\omega C} &= 10[\%] \times R \\ C &= \frac{1}{10[\%] \times R \times 2\pi f} \\ \therefore C &= \frac{1}{10[\%] \times 16.13 \times 2\pi \times 60} \\ &= 21.9[\mu F] \end{aligned} \right\} (2)$$

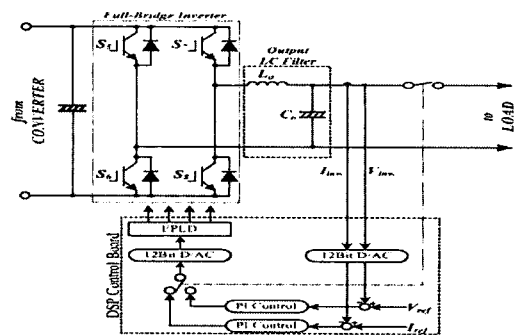


그림 9. 단상 풀-브리지 인버터 시스템
Fig. 9. The single-phase full-bridge inverter

4. 실험 결과

연료전지 발전시스템을 구현하는데 사용한 틀은 전력전자분야 전용으로 개발된 PSIM6.0으로 회로를 구성하여 Matlab의 subcircuit으로 연동하여 사용하였으며, 실험에 사용된 Ballard사의 3[kW]급 연료전지 스택의 사양은 다음과 같다.

1. 정격출력과 전류 : 3.0[kW], 40~78[A]
2. DC전압범위 : 39~60[V_{DC}]

3[kW]급 연료전지용 전력변환장치의 개발

3. 동작수명 : 1500시간
4. 순도 : 99.99[%] 건조 수소가스
5. 공급압력 : 10~250[PSIG]
6. 외부온도 : 3~30[°C]
7. 상대습도 : 0~95[%]

그리고 공기는 대기에서 공급받고 용량 47[ℓ], 순도 99.99[%]의 탱크에서 청정하고 건조한 수소를 공급받았다. 그 외의 설계 파라미터는 표 2와 같다. 그림 10은 실험으로 측정된 연료전지 V-I 특성곡선을 나타낸 것이다. 그림 10에서 알 수 있듯이 Ohmic 영역에서의 연료전지 특성을 잘 나타내고 있다.

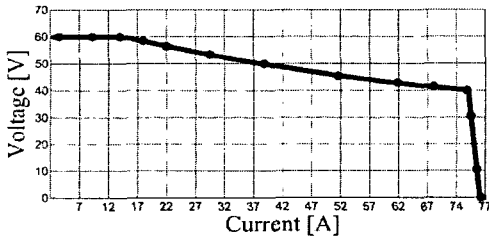


그림 10. 연료전지의 V-I 특성 곡선
Fig. 10. V-I Characteristic of fuel cell

표 2. 실험에 사용된 회로정수
Table 2. Circuit parameter using experiment

연료전지 시뮬레이터	용량	3[kW]	
	입력전압	311[V _{DC}]	
	스위칭주파수	15[kHz]	
	출력전압	39~60[V _{DC}]	
	출력전류	41.6~76.9[A]	
	출력 인덕턴스(L)	2.2[mH]	
ZVZCS PS-PWM DC-DC 컨버터	출력 커패시턴스(C)	2200[μF]	
	용량	3[kW]	
	입력전압	39~60[V _{DC}]	
	스위칭주파수	17[kHz]	
	변압기	권수비	1 : 13
		여자인덕턴스	70[μH]
	자화인덕턴스		300[nH]
		레그 인덕턴스	Ld1 70[μH] Ld2 11[μH]
	무손실 스너버 커패시터		20[nF]
	출력전압		380[V _{DC}]
	출력전류		7.5[A]
	출력 인덕턴스(L)		2.5[mH]
출력 커패시턴스(C)		1100[μF]	
단상 풀-브리지 인버터	입력전압	380[V _{DC}]	
	출력전압	220[V _{AC}]	
	스위칭주파수	4.5[kHz]	
	출력 인덕턴스(L)	900[μH]	
	출력 커패시턴스(C)	20[μF]	

그림 11은 실험에 사용된 연료전지용 전력변환장치의 실제사진을 나타낸 것이다. 그림 12는 중부하시 기존의 DC-DC 컨버터(그림 12 (a))와 제안한 DC-DC 컨버터(그림 12 (b))의 고주파 변압기 1차측의 전압 v_{ab} 과 전류 i_1 의 파형을 나타낸 것이다. 그림 12에서 기존의 DC-DC 컨버터보다 제안한 DC-DC 컨버터에서 순환 전류가 저감되는 것을 확인할 수 있다. 그림 13은 제안한 DC-DC 컨버터의 각부 실험 파형을 나타낸 것이다.

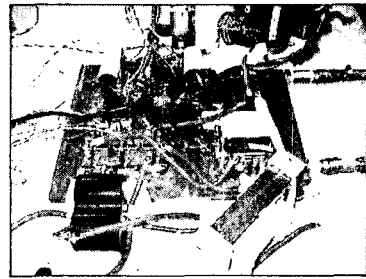
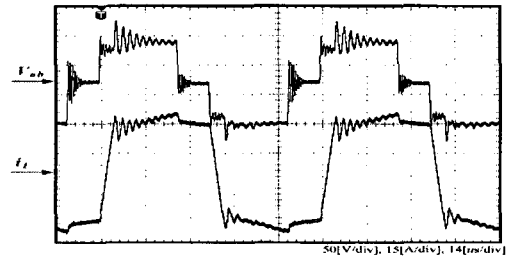
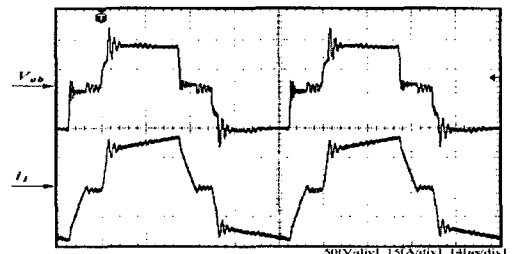


그림 11. 연료전지용 전력변환장치의 외형
Fig. 11. The external fuel cell power conversion system

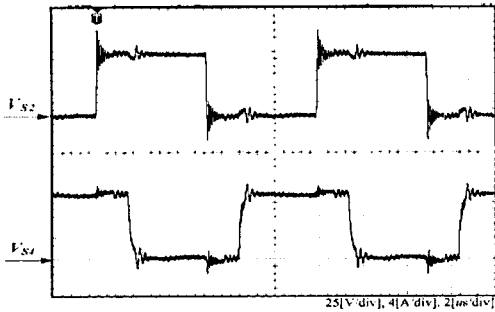


(a) Conventional DC-DC converter

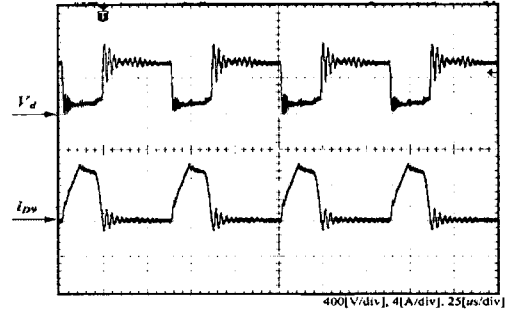


(b) Proposed DC-DC converter

그림 12. 중부하시 고주파 변압기의 1차측의 전압 v_{ab} 과 전류 i_1 의 파형
Fig. 12. High frequency transformer primary side voltage v_{ab} and current i_1 waveforms under full load condition



(a) Voltage waveforms across switches S_2 and S_4



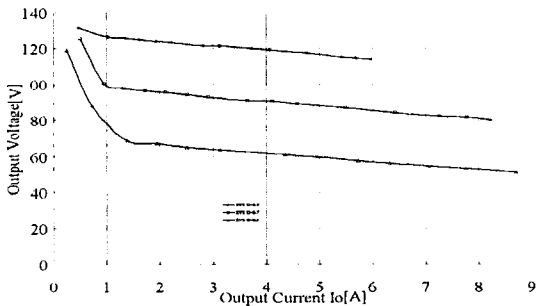
(b) Rectified voltage v_d and freewheeling diode current i_{D9} waveforms

그림 13. 제안한 DC-DC 컨버터의 각부 실험 파형

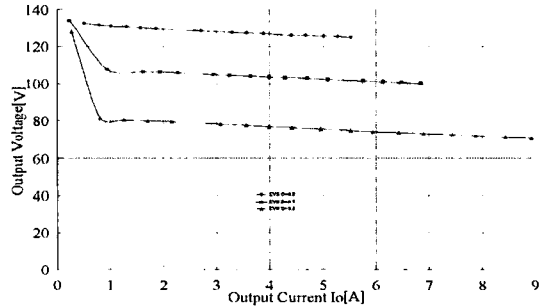
Fig. 13. The each experimental waveforms of the proposed DC-DC converter

그림 13 (a)는 스위치 S_2 와 S_4 의 파형이며, 그림 13 (b)는 정류 전압 v_d 와 플라휠링 다이오드 D_9 의 전류 i_{D9} 의 파형이다.

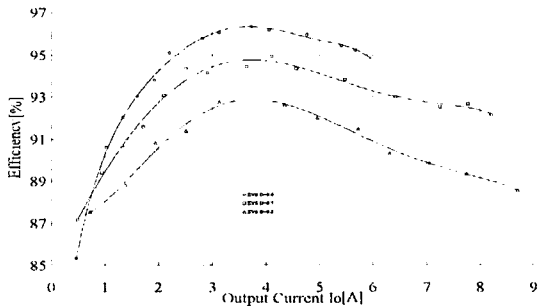
그림 13 (a)에서 각 스위치에는 큰 전압 서지가 발생하지 않으며, 기준 스위치 S_1, S_2 는 ZVS, 제어 스위치 S_3, S_4 는 ZCS로 동작되어진다고 할 수 있다.



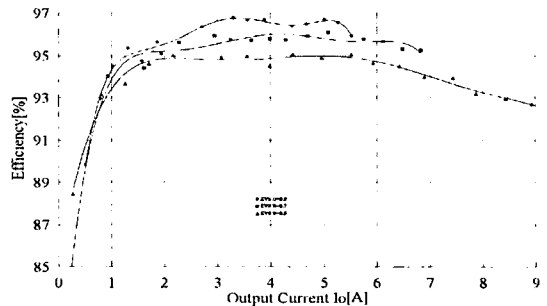
(a) Output voltage as function of the output current and duty cycle D



(a) Output voltage as function of the output current and duty cycle D



(b) Efficiency as function of the output current and duty cycle D



(b) Efficiency as function of the output current and duty cycle D

그림 14. 기존 컨버터의 출력전압과 효율 특성

Fig. 14. Conventional converter output voltage and efficiency characteristics

그림 15. 제안한 컨버터의 출력전압과 효율 특성

Fig. 15. Proposed converter output voltage and efficiency characteristics

3[kW]급 연료전지용 전력변환장치의 개발

림 13 (b)에서 알 수 있듯이 플라휠링 기간중에 정류 전압 v_d 가 제로까지 떨어지지 않고, $v_d(t) = \alpha_L \cdot E_0$ 값에 클램프 된다.

그림 14와 그림 15는 기존의 DC-DC 컨버터와 제안한 DC-DC 컨버터의 출력 전압 특성과 효율 특성을 각각 나타낸 것이다.

두 그림에서 알 수 있듯이 제안한 DC-DC 컨버터는 출력 부하전류의 변화에 대해 거의 일정한 출력 전압 특성을 얻을 수 있으며, 효율의 특성도 기존의 DC-DC 컨버터보다 듀티율D 조정에 관계없이 비교적 높다 효율을 가지게 것을 확인할 수 있다.

그림 16은 출력측 인덕터 전류를 나타내고 있다. 그림 16에서 제안한 컨버터에서 스위칭으로 인해 발생한 전류의 스파크가 거의 여과되어 풀-브리지 2차 측에 영향을 주지 않는 것을 알 수 있다.

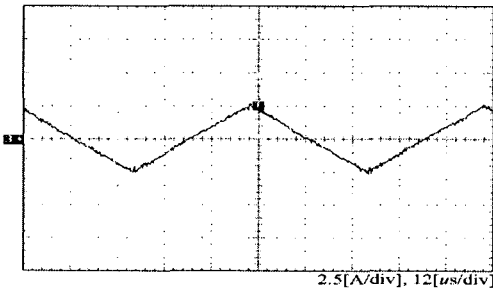


그림 16. 출력측 인덕터 전류
Fig. 16. Output Inductor current

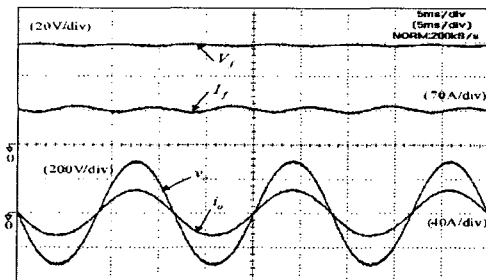


그림 17. 연료전지의 전압과 전류 및 인버터의 출력 전압과 전류의 파형
Fig. 17. Experimental voltage and current responses of fuel cell and inverter output terminals at 3.0(kW) resistive load

그림 17은 3[kW]저항 부하에서의 풀-브리지 인버터 출력전압과 전류 및 연료전지의 전압과 전류의 파형을 나타내고 있으며, 거의 역률1에 가까운 것을 알 수 있다.

4. 결 론

고효율, 무공해, 다연료 및 열병합 발전이 가능한 연료전지는 미래의 새로운 에너지원으로 기대되고 있다. 본 논문에서는 연료전지의 발전특성과 동일한 출력특성을 가지는 연료전지 시뮬레이터, 연료전지의 낮은 출력전압을 승압하는 절연형 DC-DC 컨버터, 가정용에 적합한 교류전원으로 변환하는 인버터를 설계하고 제작하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- (1) 연료전지와 유사한 특성을 얻기 위해 TMS320C31 DSP와 승압형 컨버터를 사용하여 3[kW]급, 직류39~60[V_{DC}]의 출력을 갖는 연료전지 시뮬레이터를 구현하였으며, 연료전지와 동일한 출력 특성을 얻을 수 있었다.
- (2) 인버터에 직류 380[V_{DC}]의 전압을 공급하기 위해서는 연료전지의 저전압 39[V_{DC}]를 최고 10 배까지 승압할 필요가 있다. 따라서 기존의 컨버터보다 부품수가 적고 제어가 쉬우며, 대용량에 적합한 새로운 고주파 절연형 ZVZCS PWM DC-DC 컨버터를 설계하고 제작하였다.
- (3) 새로운 고주파 절연형 ZVZCS PWM DC-DC 컨버터의 환류 다이오드를 포함한 탭부 인덕터 필터를 이용하여 순환 전류를 저감시켰으며, 스위치 및 변압기의 턴-온, 턴-오프시에 오버슈트를 방지하였다.
- (4) 단상 풀-브리지 인버터를 설계, 제작하여 TMS 320C31 보드와 EPLD를 이용한 SPWM 스위칭 기법에 의하여 가정용 교류전압을 구현하였다.

본 연구에서 제안한 TMS320C31DSP칩에 의해 제어되는 연료전지용 전력변환장치의 결과를 바탕으로 향후 가정내 도시 가스를 입력으로 사용하는 가정용 연료전지 전력변환장치설계에 응용할 수 있을 것으로 판단되어진다.

이 연구결과는 2006학년도 경남대학교 학술진흥연구비 지원에 의하여 이루어졌음.

References

- [1] 최세완, "연료전지 발전시스템에서의 전력전자기술", 전력전자학회지, 제 8권, 제4호, pp. 30~35, 2003.
- [2] A. B. Stambouli and E. Traversa, "Fuel cells, an alternative to stansources of energy," Renewable Sustainable Energy Rev., vol. 6, pp. 297 - 306, 2002.
- [3] Patterson and D. M. Divan, "Pseudo-resonant full bridge DC/DC converter", IEEE PESC Record, Vol. 2, pp. 424~430, 1987.
- [4] J.A. Sabate, B.H. Cho, "Design considerations for high voltage high-power full-bridge zero-voltage switched PWM converter", Proc. IEEE APEC conf., pp. 275~284, 1990.
- [5] E.S.Kim, B.D.Yoon, "An improved soft- switching PWM FB DC/DC converter for reducing conduction losses", IEEE Trans., Vol. 14, No.2, pp. 258~263, 1999.
- [6] J.G. Cho, J.W. Back, C.Y. Jeong, D.W. Yoo, and K.Y. Joe, "Novel zero-voltage and zero-current-switching full bridge PWM converter using transformer auxiliary winding", IEEE Trans., Vol. 15, No. 2, pp. 250~257, 2000.
- [7] S.J. Jeon, G. H. Cho, "A zero-voltage and zero-current switching full bridge DC-DC converter with transformer isolation", IEEE Trans., Vol. 16, No. 5, pp. 573~580, 2001.
- [8] 권형남, 정홍주 외3인, "연료전지용 전력변환장치의 DC-DC 컨버터 개발", 전력전자학회 추계학술대회, pp.94~96, 2002.
- [9] M. G. Simoes, P. K. Sen, "Resonant AC link System Converter for Fuel Cell Grid Interface", IEEE IECON Conf. Rec., pp. 1953~1958, 2001.

◇ 저자소개 ◇

서기영 (徐基永)

1942년 4월 18일생. 1965년 한양대 전기공학과 졸업. 1980년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현 경남대 전기공학과 교수.