

## 연료전지 Simulator에 의한 PWM 컨버터/인버터 구동시스템에 관한 연구

李泰遠<sup>†</sup>, 張水珍<sup>‡</sup>, 金鎮兌<sup>§</sup>, 具滋星<sup>||</sup>, 元忠淵<sup>\*\*\*\*</sup>, 金昌鉉<sup>\*\*\*\*\*</sup>

### A Study on PWM Converter/Inverter Drive System by a Fuel Cell Simulator

T.W. Lee, S.J. Jang, J.T. Kim, J.S. Gu, C.Y. Won, and C.H. Kim

#### 요 약

본 논문에서는 능동 연료전지 시뮬레이터를 적용한 3kW급 연료전지 발전시스템을 제안하였다. 제안된 연료전지 시뮬레이터는 실제 고체고분자형 연료전지(PEMFC)의 출력 전압, 출력 전류특성을 만들어내며, 이러한 전체 시스템의 효율적인 동작과 동특성을 실험하였다.

본 논문에서는 제안된 시뮬레이터의 전체적인 구성도와 동작원리를 나타내었고, 연료전지 시스템의 제작 및 설계에 대해서 자세히 다루었다. 또한 제안된 시스템은 시뮬레이션과 실험결과를 통하여 검증하였다.

#### ABSTRACT

In this paper, a 3kW fuel cell generation system with an active fuel cell simulator has been proposed. The developed fuel cell simulator generates the actual voltage and current output characteristics of the Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell (PEMFC), so that the overall performance and the dynamics of the proposed system could be effectively examined and tested.

In this paper, at first, the system configuration and operational principle of the developed fuel cell simulator has been investigated and the design process of the fuel cell generation system is explained in detail. In addition, the validity of the proposed system has been verified by the informative simulation and experimental result

**Key Words** : Fuel Cell Generation System, Fuel Cell Simulator, PEMFC

### 1. 서 론

최근 급속한 산업 발달과 생활수준의 향상으로 인하여 전력 수요가 점차적으로 증대되고 있다. 이러한 전력수요 급증에 의해 화석연료 의존도가 높은 우리나라

의 경우 국제환경 규제에 의한 온실가스 배출량의 감축 및 동결은 바로 산업 활동의 위축을 가져오게 된다. 이에 따라 환경을 국가의 산업생산 활동과 연계시키고자 하는 선진국과의 경쟁에서 많은 어려움이 있을 것으로 예상되고 있다.<sup>[1]</sup>

이에 대한 대책으로 대체 에너지의 개발이 세계적으로 큰 관심이 되고 있다. 이러한 새로운 발전방식 중 비교적 용량이 작은 소규모의 발전설비는 태양광발전(Photovoltaic generation), 풍력발전(Wind-power generation), 연료전지발전(Fuel cell generation) 등이 있다. 그 중 청정에너지로서 많은 주목을 받고 있는 것이 연료전지이다.

<sup>†</sup>교신저자 : 정회원, 성균관대 메카트로닉스공학과 박사과정  
E-mail : twlee@skku.edu

<sup>‡</sup>정회원, 성균관대 메카트로닉스공학과 박사과정  
<sup>§</sup>학생회원, 성균관대 전기전자및컴퓨터공학과 석사과정  
<sup>||</sup>학생회원, 성균관대 전기전자및컴퓨터공학과 석사졸업  
<sup>\*\*\*\*</sup>정회원, 성균관대 전기전자및컴퓨터공학부 교수  
<sup>\*\*\*\*\*</sup>정회원, 삼성전자 DA연구소 책임연구원

접수일자 : 2003. 8. 8      1차 심사 : 2003. 9. 25  
2차 심사 : 2003. 12. 17      심사완료 : 2004. 1. 19

연료전지를 구동하기 위해서는 연료전지 스택이외에도 탈황기, 개질기 등 여러 가지 장치들이 필요하게 되고, 이를 운전하기 위해 복잡한 제어를 수행하여야 한다. 이러한 것을 구성하여 실험하기가 어렵기 때문에 이를 대신할 연료전지 시뮬레이터가 필요로 하며 이에 대한 연구 사례가 있다.<sup>[2]</sup>

또한, 연료전지는 저전압 대전류의 특성을 지니고 있기 때문에 연료전지 발전시스템에는 연료전지로부터 생성된 전력을 상용전원에 안정하게 공급하기 위해 승압용 컨버터 및 인버터 전력변환 장치가 반드시 필요하게 된다.

본 논문에서는 연료전지 대신에 연료전지의 전기적 특성을 갖는 전원장치를 제작하여, 그 출력 전압은 39~60[Vdc]의 출력전압을 얻었으며, 이와 함께 풀 브리지 컨버터 및 풀 브리지 인버터 장치를 설계하고 제작하여 가정용 코제너레이션 시스템에 적용 가능함을 확인하였다.<sup>[3]</sup>

## 2. 연료전지발전시스템의 구성

### 2.1 연료전지발전시스템의 구성

연료전지는 반응물의 화학에너지를 직접 전기에너지로 변환하는 발전장치이며, 수소 등의 활성을 갖는 물질(LNG, LPG, 메탄올)과 산소를 각각 공기극(산소), 연료극(수소)에 연속적으로 공급함으로써 전기를 얻게

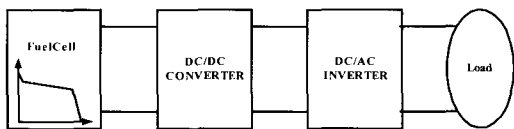


그림 1 연료전지 발전시스템 구성  
Fig. 1 Fuel cell generation system block

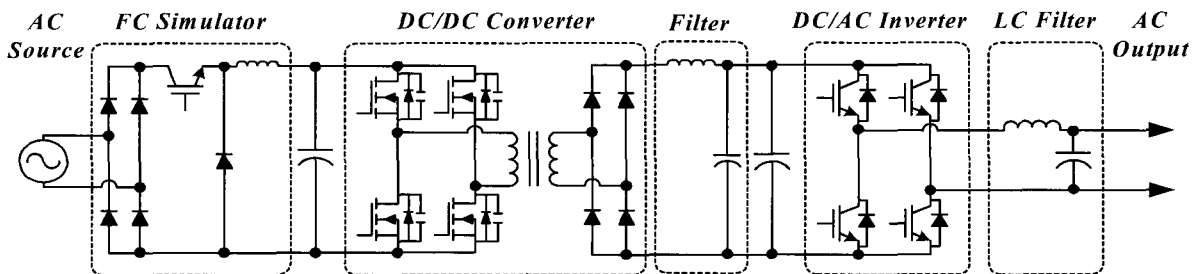


그림 2 전체 시스템 구성도  
Fig. 2 The overall system block

된다

이와 같이 발전된 전압은 저압의 직류 39~60[Vdc]이므로 승압용 컨버터를 이용하여 직류380[Vdc]까지 승압하며, 이 직류 전압을 단상 220[Vac] 교류로 변환하여야 가정용 기기에 적용이 가능하다.

연료전지 발전시스템은 연료전지 시뮬레이터, 승압용 컨버터 및 인버터로 구성하였다. 각각의 시스템은 가장 보편화 되고 쉽게 적용이 가능한 백 컨버터, 풀 브리지 컨버터 및 풀 브리지 인버터를 적용하였다.<sup>[4][5]</sup>

그림 2는 연료전지 발전시스템의 전체 구성도를 나타내고 있다.

### 2.2 연료전지 시뮬레이터

그림 3은 연료전지 시뮬레이터의 회로도이며, 백 컨버터를 이용하여 구현하였다.

고체고분자형 연료전지의 전압·전류 출력특성곡선을 1차 함수로 간략화 한 형태로 프로그래밍 하여 제어하였다.<sup>[6]</sup>

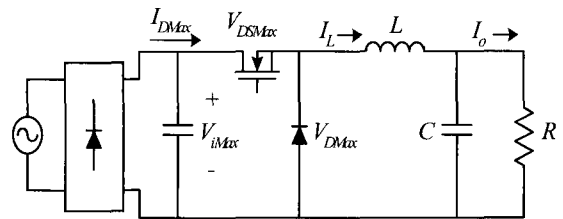


그림 3 연료전지 시뮬레이터(백 컨버터)  
Fig. 3 Fuel cell simulator(Buck converter)

또한 교류 220[Vac]를 입력, 직류 39~60[Vdc]로 변환하여 실제 연료전지의 특징과 같은 직류 출력이 나오도록 제작하였다.

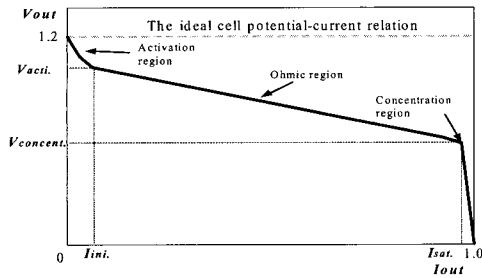


그림 4 단위 셀의 V-I 특성 곡선  
Fig. 4 V-I characteristic of a single cell

그림 4는 연료전지 단위셀의 V-I특성 곡선을 보여주고 있다. 실제 연료전지 발전시스템에서의 동작영역은 Ohmic영역으로써 본 연구에서 제작된 시뮬레이터를 Activation영역과 Ohmic영역에서 동작할 수 있도록 설계하였다.

Activation영역에선 일정전압이 출력될 수 있도록 하고, Concentration영역은 연료전지의 특성을 파괴하는 영역이기 때문에 일정전류 이상 흐르게 되면 출력이 되지 않도록 제어 하였다.<sup>[3][7][8]</sup>

그림 4로부터 Ohmic영역을 1차 함수로 근사화 하여 수식으로 표현하면 식 (1)과 같다.

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

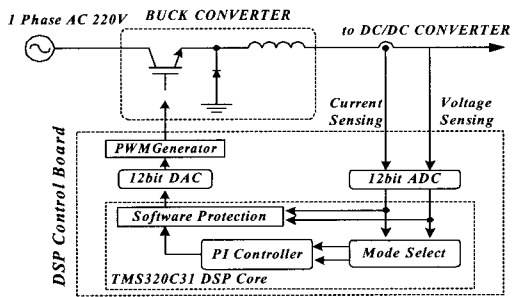


그림 5 시뮬레이터 시스템 구성도  
Fig. 5 System block diagram of simulator

그림 5의 연료전지 시뮬레이터 제어 블록도 에서 출력전압 및 전류를 검출 하여 A/D 컨버터를 통해 DSP (TMS320C31)로 입력되면 연료전지의 V-I 특성 곡선에 해당하는 기준값을 생성하여 D/A컨버터로 출력한다. D/A 컨버터를 통해 출력되는 아날로그 신호는 스

위치를 제어하기위해 PWM 제너레이터 회로의 입력으로 사용된다. PWM 제너레이터 회로의 출력신호는 박 컨버터의 게이트 신호로 인가되도록 제어하였다.

출력전압과 출력전류를 검출하여 출력전류의 변동범위에 따라 Activation 모드와 Ohmic모드로 동작하도록 연료전지 시뮬레이터를 제어하였다.

검출된 전류가 연료전지의 출력특성 중 Activation 영역에서 Ohmic 영역으로 변환되는 지점의 전류(기준 전류) 이하일 경우에는 Activation 모드로 동작하여 일정전압이 출력되도록 제어된다.

또한 설정된 기준전류 이상의 경우에는 Ohmic 모드로 동작하도록 제어하게 된다. Ohmic 모드에서는 연료전지의 특성곡선을 1차 함수형태로 간이화한 출력특성을 가지도록 제어한다.

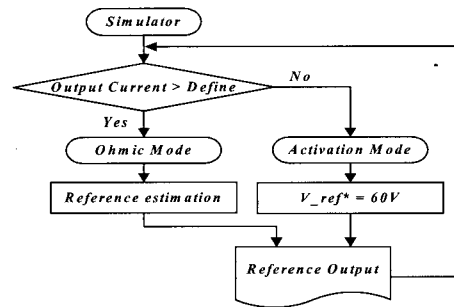


그림 6 제어 알고리즘 흐름도  
Fig. 6 Control algorithm flowchart

그림 6은 DSP 내부 제어 알고리즘의 흐름도를 나타내었다. 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.

표 1은 연료전지 시뮬레이터의 파라미터에 대한 정격을 나타내고 있다.

표 1 연료전지 시뮬레이터 파라미터  
Table 1 Fuel cell simulator parameters

파라미터	정격
용량	3[kW]
입력 전압	311[Vdc]
스위칭주파수	15[kHz]
출력 전압	39~60[Vdcl]
출력 전류	41.6~76.9[A]
출력 인덕턴스(L)	2.2[mH]
출력 커패시턴스(C)	2200[uF]

### 2.3 풀 브리지 컨버터

그림 7은 제어회로를 포함한 풀 브리지 컨버터 시스템 구성도를 보여준다.<sup>[3]</sup>

풀 브리지 컨버터는 연료전지의 낮은 전압을 승압하여 인버터에 공급한다. 그리고 DSP 제어보드에서는 연료전지 출력 전압의 변동에 반응하여 풀 브리지 컨버터의 출력이 일정전압이 되도록 제어한다.

따라서 인버터는 연료전지의 전압 변동에 무관하게 일정한 전원을 공급 받을 수 있게 된다

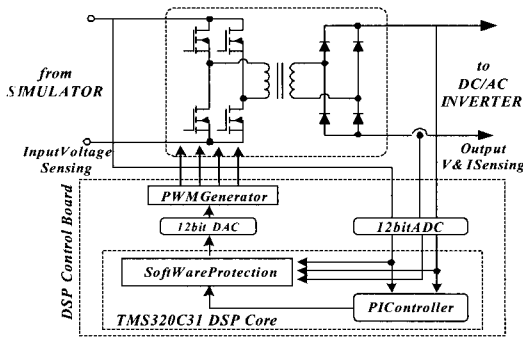


그림 7 풀 브리지 컨버터 시스템 구성도  
Fig. 7 System block diagram of full bridge converter

컨버터의 제어기는 TMS320C31를 이용하여 구성하였다. 컨버터의 제어기는 출력전압을 검출하여 제어하고자 하는 기준전압과 비교하고, PI제어기를 거쳐 컨버터를 구성하고 있는 스위치(Power MOSFET)의 게이트 신호를 만들게 된다.

또한, 시스템 보호를 위하여 입력전압, 출력전압 및 전류에 대한 과전압, 과전류, 저전압 보호기능을 가진다.

표 2는 사용된 풀 브리지 컨버터의 파라미터이다.

표 2 풀 브리지 컨버터 파라미터  
Table 2 Full bridge converter parameters

파라미터	정격
용량	3[kW]
입력 전압	39~60[Vdc]
스위칭 주파수	17[kHz]
변압기 권수비( $n_1:n_2$ )	1:13
출력 전압	380[Vdc]
출력 전류	7.5[A]
출력 인덕턴스(L)	2.5[mH]
출력 커패시턴스(C)	1100[ $\mu$ F]

### 2.4 풀 브리지 인버터

풀 브리지 인버터는 풀 브리지 컨버터에 의해 승압된 직류 전압을 단상 교류 전압(220[Vac], 60[Hz])으로 변환시키는 장치이다. 2.3절의 풀 브리지 컨버터의 출력전압 즉, 풀 브리지 인버터의 입력전압은 연료전지 출력 전압 변동과는 무관하게 일정전압을 유지한다.

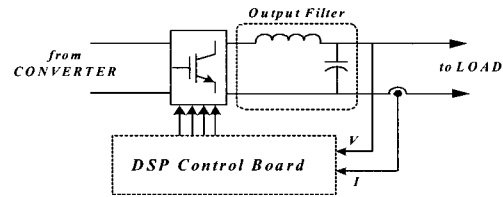


그림 8 풀 브리지 인버터 시스템 구성도  
Fig. 8 System block diagram of full bridge inverter

그림 8은 풀 브리지 인버터 구성도를 나타내고 있으며, 제어부 구성은 PI제어기를 이용하였다.

표 3은 풀 브리지 인버터의 파라미터이다.

표 3 풀 인버터 파라미터  
Table 3 Full inverter parameters

파라미터	정격
용량	3 [kW]
입력 전압	380 [Vdc]
출력 전압	220 [Vac]
스위칭 주파수	4.5 [kHz]
출력 인덕턴스(L)	900 [ $\mu$ H]
출력 커패시턴스(C)	20 [ $\mu$ F]

### 2.5 고주파 변압기, 인덕터 및 커패시터의 설계

풀 브리지 컨버터에 사용된 승압용 고주파 변압기와 풀 브리지 인버터에 사용된 L-C필터는 다음의 과정을 통해 설계하였다.

#### 2.5.1 고주파 변압기의 설계

고주파 변압기는 연료전지의 저 전압을 직류 380V 까지 승압하는데 필요하다. 코어의 재질은 TDK사의 PC40 재질을 사용하고 이 코어의 포화자속밀도  $B_{sat}$  은 0.45T이므로 자속밀도  $\Delta B$ 는 0.2T로 정한다.  $D_{max}$ 는 최대 시비율로서 0.4로 한다.

먼저 코어의 크기 결정을 위해 코어가 자속에 의해 포화되지 않고 1차측의 에너지를 2차측으로 변환해야 하는 최대 에너지 양은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \Sigma VA &= \sqrt{\frac{1+D_{\max}}{D_{\max}} + \frac{\sqrt{2}}{\eta}} \times P_o \quad (2) \\ &= \sqrt{\frac{1+0.4}{0.4} + \frac{\sqrt{2}}{0.95}} \times 3011 \\ &= 10362 VA \end{aligned}$$

여기서  $P_o$ 은 최종 출력 전력이며,  $V_{DF}$ 는 다이오드의 순방향 전압 강하로서 2V로 정한다.

$$P_o = I_o \cdot (V_o + V_{DF}) = 7.8(380 + 2) \quad (3)$$

위의 식에서 구한 코어의 전력의 합  $\Sigma VA$ 를 식(4)의 코어의 유효단면적과 창면적의 곱인  $A_p$ 에 대입하면

$$\begin{aligned} A_p &= A_w \cdot A_e \\ A_p &= \left( \frac{\Sigma VA \times 10^4}{K \Delta B K_u K_f f_s \sqrt{\Delta T}} \right)^{1.14} \quad (4) \\ \Delta T &= 40^\circ C \\ K_u &= 0.4 \\ K_t &= 50 \\ K &= 4.88 \\ \Delta B &= 0.20 [T] \end{aligned}$$

따라서  $A_p = 98.29 cm^2$ 이며, 이 값과 같거나 또는 큰 코어를 찾아보면 TDK사의 PC40-EC120 코어를 선정할 수 있다. 그리고 이 코어의 단면적 및 창면적의 크기는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} A_e &= 773 [mm^2] \text{ (코어의 단면적)} \\ A_w &= 2307 [mm^2] \text{ (코어의 창면적)} \end{aligned}$$

이를 기본으로 하여 권선 수는 다음의 식 (5), (6)를 통해 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} N_p &= \frac{V_{\dot{m}(min)} \cdot D_{\max} \cdot T_s}{2 \cdot \Delta B \cdot A_e} \quad (5) \\ &= \frac{39 \times 0.4 \times 0.066 \times 10^{-3}}{2 \times 0.2 \times 773 \times 10^{-6}} \\ &= 3.329 \end{aligned}$$

2차측 권선 수는 고주파변압기 효율을 0.95, 정류다이오드 전압강하를 2[V]로 가정하여 선정한다.

$$N_s = \frac{V_o + V_F + V_L}{D_{\max} \cdot 2V_{\dot{m}(max)}} \cdot N_p \quad (6)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{0.95} \times \frac{380 + 2 + 1}{0.4 \times 2 \times 39} \times 4 \\ &= 52 \end{aligned}$$

따라서 고주파 변압 권선 비는 1차측 4[Turn], 2차측 52[Turn]으로 정한다.

최종적으로 고주파 변압기에 사용된 코어의 재질은 페라이트로서 TDK사에서 제작된 PC40 EC120을 사용하고, 권선은 1차측 4[Turn] 2차측 52[Turn]으로 권선 비는 1:13으로 정한다.

### 2.5.2 L-C 필터의 설계

폴브리지 인버터에 사용되는 저역통과 L-C필터는 PWM 펄스의 고조파를 제거하고 파형의 형태를 정현파로 만들어 주는데 필수적인 것으로 설계 과정은 다음과 같다.

먼저 인덕터는 부하의 임피던스에 비해 충분히 작은 값으로 선정하여야 한다. 본 논문에서는 부하임피던스의 2[%]를 고려하였다.

$$X_L = wL \quad (7)$$

$$w \times L = 2[\%] \times R$$

$$L = 2[\%] \times \frac{R}{w} \quad (\text{여기서, } w = 2\pi f)$$

$$\therefore L = 2[\%] \times \frac{16.13}{2\pi \times 60} = 855 [\mu H]$$

커패시터는 인버터의 스위칭 맥동을 충분히 흡수할 정도의 용량이 요구된다.

$$X_C = \frac{1}{(w \times C)} \quad (8)$$

$$1/(w \times C) = 10[\%] \times R$$

$$C = 1/(10[\%] \times R \times w)$$

$$\begin{aligned} \therefore C &= 1/(10[\%] \times 16.13 \times 2\pi \times 4.5 \times 10^3) \\ &= 21.9 [\mu F] \end{aligned}$$

최종적으로 시작품에 사용된 저역통과 필터의 L은 900[μH]를 갖는 인덕터를 성층 철심으로 제작하고 C는 450[WV], 20[μF] 커패시터 1개로 선정하였다.

## 3 시뮬레이션 및 실험 결과

### 3.1 시뮬레이션

연료전지 발전시스템을 구현하는데 사용한 툴은 전력전자분야 전용으로 개발된 PSIM 6.0이다. 각각의 제

어기 및 세부적인 회로 구성은 subcircuit을 이용하였다.

그림 9는 연료전지 시뮬레이터에 대한 회로도를 나타내었으며, 교류 220[Vac] 전압을 입력 받아 다이오드 정류기를 통하여 정류된 311[Vdc] 전압을 벅 컨버터를 이용하여 출력 전압을 39~60[Vdc]로 출력한다.

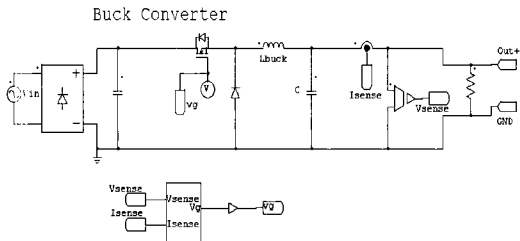


그림 9 연료전지 시뮬레이터  
Fig. 9 Fuel cell simulator

그림 10은 연료전지 시뮬레이터의 제어기 회로로써 PI제어기로 구성 되어있다. 출력 전압 및 출력 전류를 검출하여 각각 Ohmic 모드와 Activation 모드로 동작한다.

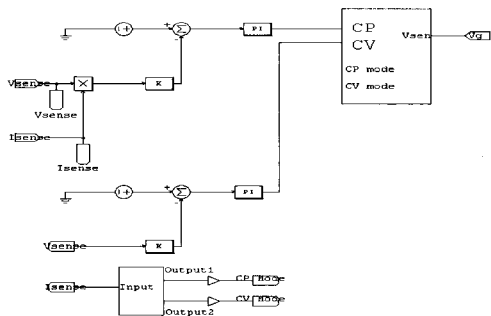


그림 10 연료전지 시뮬레이터 제어 회로  
Fig. 10 Control circuit of fuel cell simulator

그림 11은 시뮬레이션으로 측정된 연료전지 시뮬레이터의 V-I 특성곡선을 나타낸다.

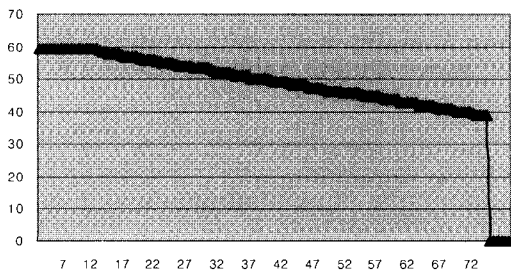


그림 11 연료전지 시뮬레이터 V-I 특성곡선  
Fig. 11 V-I Characteristic of simulator

본 연구에서 제작된 시뮬레이터는 Activation 영역과 Ohmic 영역에서 동작할 수 있도록 설계하였고, 시뮬레이션 결과를 통해 Ohmic 영역에서의 연료전지 특성을 잘 나타내고 있음을 알 수 있다.

또한 그림 4와 같은 연료전지 단위셀의 V-I 특성곡선과 동일한 특성을 나타내고 있음을 확인하였다.

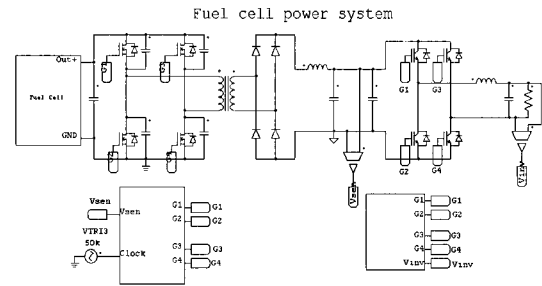


그림 12 연료전지 발전시스템 회로  
Fig. 12 Fuel cell generation system circuit

그림 12는 연료전지 발전시스템 전체 시뮬레이션 회로를 나타내고 있다.

그림 13은 풀 브리지 컨버터의 변압기 1차측 권선전압, 2차측 정류 다이오드 전압, 인터트 전류를 보여준다.

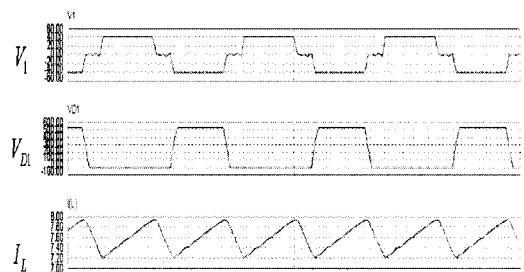


그림 13 풀 브리지 컨버터 출력 파형  
Fig. 13 Output waveforms of full bridge converter

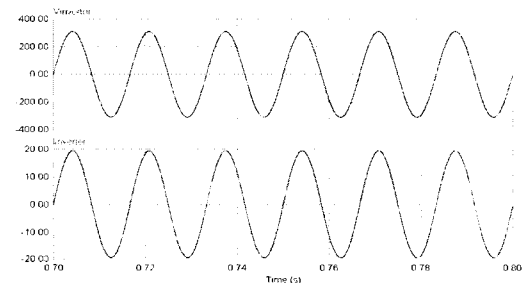


그림 14 풀 브리지 인버터 출력 파형  
Fig. 14 Output waveforms of full bridge inverter

그림 14는 단상 풀 브리지 인버터의 시뮬레이션 출력 전압 및 전류 파형을 나타낸다.

시뮬레이션 결과로부터 연료전지 시뮬레이터, 승압용 풀 브리지 컨버터, 풀 브리지 인버터가 안정적으로 제어되고 있음을 확인할 수 있다.

### 3.2 실험 결과

그림 15는 실험에 사용된 시뮬레이터의 실제 구성을 보이고 있으며, 그림 16은 실험에 의해 측정된 시뮬레이터의 V-I 특성 곡선을 보여준다.

연료전지 시뮬레이터는 부하 변동에 의해 Activation 영역, Ohmic 영역, Concentration 영역에서 안정적인 출력을 내고 있음을 V-I 특성 곡선을 통해 확인할 수 있다.

본 논문에서 제안한 시뮬레이터를 연료전지 발전시스템에 적용하기 위하여 시뮬레이션과 실험과정을 수행하였으며 그 결과가 동일함을 확인하였다.

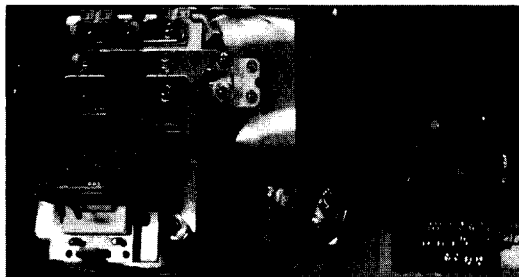


그림 15 시뮬레이터의 하드웨어 구성  
Fig. 15 Actual hardware setup of a simulator

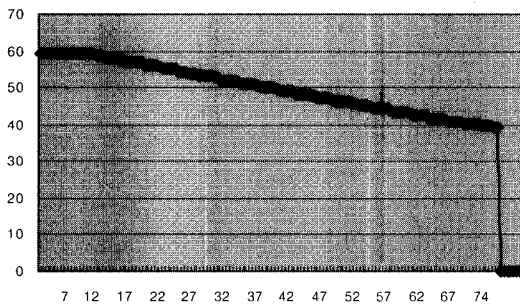


그림 16 연료 전지 시뮬레이터 V-I 특성 곡선  
Fig. 16 V-I Characteristic curve of simulator

그림 17은 연료전지 시뮬레이터의 출력전압을 입력으로 하는 풀 브리지 컨버터의 고주파 변압기 1차측 전압을 나타낸다.

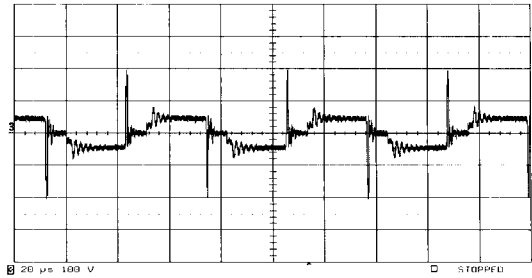


그림 17 고주파 변압기 1차측 전압  
Fig. 17 Primary voltage waveform of transformer (100V/div, 20μs/div)

그림 18은 고주파변압기의 1차 측 권선에 흐르는 전류를 측정된 파형이며, 파형의 0[A] 부근에서 발생한 링잉 및 스파이크는 주 스위치가 턴 오프 할 때  $dv/dt$ 로 인해 발생하는 현상이다.

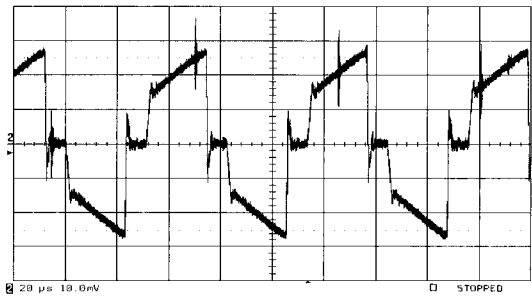


그림 18 고주파 변압기 1차측 전류  
Fig. 18 Primary current waveform of transformer (50A/div, 20μs/div)

그림 19는 2차측 다이오드 전압이며, 2차측의 정류다이오드가 턴 오프 하면서 발생한 것이 고주파변압기를 통해 1차측으로 넘어온 것이다.

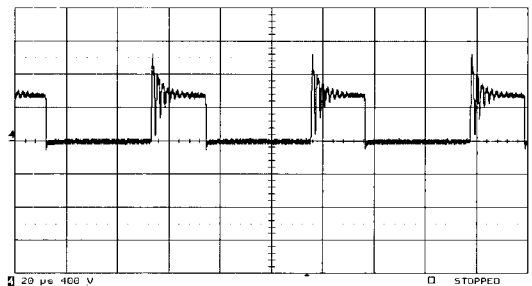


그림 19 2차측 다이오드 전압  
Fig. 19 Diode Voltage of secondary side (400V/div, 20μs/div)

그림 20은 출력측 인덕터 전류를 나타내고 있다. 간헐적으로 발생한 임의의 스파이크는 벅 컨버터에서 스위칭으로 인해 발생한 전류의 스파이크가 여과 없이 폴 브리지 2차측까지 영향을 주게 된다.

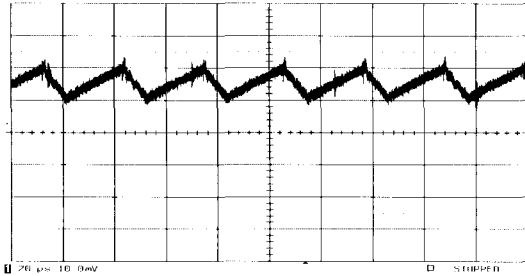


그림 20 출력측 인덕터전류  
Fig. 20 Inductor current at the output side  
(5A/div, 20 $\mu$ s/div)

그림 21은 3[kW] 저항 부하에서의 풀 브리지 인버터 출력 전압을 나타내고 있다.

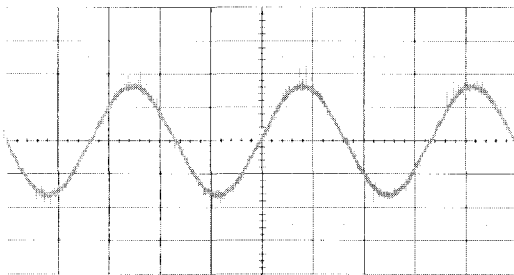


그림 21 풀 브리지 인버터 출력 전압  
Fig. 21 Output voltage of full bridge inverter  
(200V/div, 5ms/div)

그림 22는 3[kW] 저항 부하에서의 풀 브리지 인버터 출력 전류를 나타내고 있으며, 역률로 잘 제어되고 있음을 확인할 수 있다.

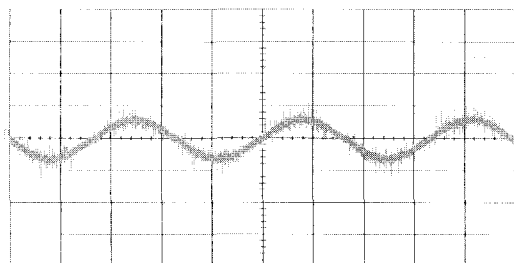


그림 22 풀 브리지 인버터 출력 전류  
Fig. 22 Output voltage of full bridge inverter  
(40A/div, 5ms/div)

#### 4. 결 론

고효율, 무공해, 다연료 및 열병합 발전이 가능한 연료전지는 미래의 새로운 에너지원으로 기대되고 있다. 본 논문에서는 연료전지 대신에 연료전지용 시뮬레이터, 낮은 전압을 승압하는 DC-DC 컨버터, 가정용에 적합한 교류전원으로 변환하는 인버터를 설계하고 제작하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- 1) 연료전지와 유사한 특성을 얻기 위해 TMS320C31 DSP와 벅 컨버터를 사용하여 3[kW]급, 직류 39~60 [Vdc]의 출력을 갖는 연료전지 시뮬레이터를 구현하였으며, 연료전지와 동일한 출력 특성을 얻을 수 있었다.
- 2) 인버터에 직류 380[Vdc]의 전압 공급하기 위해서는 연료전지의 저전압 39[Vdc]를 최고 10배까지 승압할 필요가 있다.

따라서 기존의 토폴로지 중에서 부품수가 적고 제어가 쉽고 대용량에 적합하며, 고주파 변압기의 권선비를 이용하여 쉽게 승압이 가능한 풀브리지 컨버터를 설계하고 제작하여 실험하였다.

또한, 직류를 교류로 변환하기 위해 SPWM스위칭 기법으로 풀 브리지 인버터를 설계하였고, 정현파 출력을 위해 L-C필터를 사용하였다.

- 3) 가정용 교제너레이션 시스템에 적합한 연료전지 시뮬레이터, 풀 브리지 컨버터 및 인버터 장치를 설계 및 제작하여 실험 하였다.

같은 조건으로 PSIM과 Matlab등의 소프트웨어 프로그램으로 시뮬레이션 하여 얻은 결과와 일치하였다.

본 연구결과는 향후 가정내 도시가스를 입력으로 사용하는 가정용 연료전지 전력변환장치설계에 응용할 수 있을 것으로 예상된다.

이 논문은 삼성전자의 지원을 받은 SFARC 2002-0154 -070 에 의하여 연구되었음.

#### 참 고 문 헌

- [1] 김호용, 김재언, 김응상, 이승재, "분산형전원의 배전계통 도입전망과 대책", 전기학회지, 제45권, 제10호, pp. 23~31, 1996.
- [2] Y.H. Kim and S.S. Kim "An Electrical Modeling and Fuzzy Logic Control of a Fuel Cell Generation System", *IEEE Trans. on Energy Conversion*, Vol. 14, No. 2, pp. 239~244, 1999.
- [3] 권형남 정홍주, 김래영, 최태식, 송중환, "연료전지용 전



력변환장치의 DC~DC 컨버터 개발”, *추계전력전자학술대회*, pp. 94~96, 2002.

- [4] Nergaard, T.A, Ferrell, J.F. Leslie, L.G and Jih~Sheng Lai, “Design Considerations for a 48 V Fuel Cell to Split Single Phase Inverter System with Ultracapacitor Energy Storage”, *IEEE PESC Conf. Rec.*, pp. 2007~2012, 2002.
- [5] Tuckey, A.M and Krase, J.N “A Low~Cost Inverter for Domestic Fuel Cell Applications”, *IEEE PESC Conf. Rec.*, pp. 339~346, 2002.
- [6] Yutaka Kuwata and Tadatashi Babasaki, “Input Current Controlled DC Interconnection Converter for Fuel Cell Systems Telecommunications”, *INTELEC*, pp. 375~380, 1994.
- [7] Santi, E. Franzoni, D. Monti, A. Patterson, D. Ponci, F. Barry, N. “A Fuel Cell Based Domestic Uninterruptible Power Supply”, *IEEE APEC Conf. Rec.*, pp. 10~14, 2002.
- [8] M.Godoy Simoes, J.Severson, P.K.Sen, J.A.Palmer, “Resonant AC link System Converter for Fuel Cell Grid Interface”, *IEEE IECON Conf. Rec.*, pp. 1953~1958, 2001.



**구자성(具滋星)**

1976년 11월 25일. 2002년 원광대 전기공학과 졸업. 2004년 성균관대 전기전자및컴퓨터공학과 졸업(석사).



**원충연(元忠淵)**

1955년 5월 10일생. 1978년 성균관대 전기공학과 졸업. 1980년 서울대 공대 대학원 전기공학과(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1991년 12월~1992년 12월 미국 테네시 주립대학 전기공학과 방문교수. 1988년~현재 성균관대 전기전자 및 컴퓨터공학부 교수. 당 학회 부회장.



**김창현(金昌鉉)**

1969년 10월 20일생. 1989년 경성대 전기공학과 졸업. 1993년 부산대 전기공학과 졸업(석사). 1995~2003년 LG전자 선임연구원. 2003~현재 삼성전자 DA연구소 책임연구원

저 자 소 개



**이태원(李泰遠)**

1971년 7월 14일생. 2000년 성균관대 메카트로닉스공학과 졸업(석사). 2002년~현재 동 대학원 메카트로닉스공학과 박사과정.



**장수진(張水珍)**

1976년 7월 13일생. 2002년 서울산업대 전기공학과 졸업. 2004년 성균관대 에너지시스템공학과 졸업(석사). 2004년 현재 성균관대 메카트로닉스공학과 박사과정.



**김진태(金鎭兌)**

1975년 5월 9일생. 1998년 경원대 전기공학과 졸업. 2003년~현재 성균관대 전기전자및컴퓨터공학과 석사과정.