

# 멀티레벨 공진형 푸쉬풀 컨버터를 이용한 연료전지용 PCS

한동화\*, 이영진\*, 최중목\*\*, 정병환\*\*\*, 최규하\*

\*건국대학교, \*\*LS산전 \*\*\* (주)삼성 탈레스

## Fuel Cell PCS using the Multi level resonant Push-Pull Converter

Donghwa Han\*, Youngjin Lee\*, Byonghwan Jeong\*\*, Gyuha Choe\*

\*Konkuk University, \*\*Samsung Thales

### ABSTRACT

본 논문은 1kW급 가정용 연료전지의 계통연계 및 고효율 전력변환 시스템 개발에 관한 것이다. 본 시스템에서 구현된 전력변환장치는 일반적인 연료전지용 PCS와 마찬가지로 DC/DC 컨버터부와 DC/AC 인버터부로 구성되며, 전체 시스템의 동작은, DC/DC 컨버터부에서는 고효율화를 위하여 공진형으로 동작되며, DC/AC 인버터부에서는 출력전력 제어와 계통연계를 수행한다.

### 1. 서론

현재 화석연료의 고갈로 인해 신재생에너지의 중요성이 부각되고 있다. 신재생에너지로부터 생산된 에너지를 얼마나 효율적으로 상용전원으로 변환가능인가가 중요한 관심사가 된다.

본 논문에서는 기타 다른 대체에너지원에 비하여 주변의 환경에 영향을 받지 않고 지속적인 발전이 가능한 연료전지를 대상으로 하며, 연료전지의 특징은 낮은 전압, 상대적으로 높은 전류의 특징을 보다 효율적으로 변환가능한 시스템의 개발을 다룬다. 일반적인 형태의 연료전지용 전력변환장치의 구성은 연료전지의 낮은 직류전압을 승압시키는 DC/DC 컨버터부와 승압된 전압을 상용전원으로 변환시키는 DC/AC 인버터부로 구성된다.

전체 시스템의 고효율화를 위해서는 컨버터부 및 인버터부의 효율 모두 고효율 특성을 지녀야 하나, 인버터에 비하여 승압을 담당하는 DC/DC 컨버터부의 효율이 낮은 특징을 지닌다. 널리 사용되는 하드스위칭 방식의 컨버터는 반도체소자를 사용하여 이의 물리적인 특성으로 스위칭 Turn on/off시 지연시간의 발생하여 스위치의 전압과 전류의 중복구간의 발생으로 손실이 발생한다. 그러나 스위칭시의 전압과 전류가 0(zero)가 된다면, 스위칭 동작시 발생하는 손실을 현저히 줄일 수 있다. 전압 혹은 전류를 0(zero)로 하는 것은 시스템에 존재하는 L,C 성분에 의한 것으로 일정 듀티로 동작해야하며 듀티 변동시 컨버터 효율이 급감하는 단점을 지니며, 이러한 시스템을 출력전류가 증가할 경우 전압이 낮아지는 특징을 가지는 연료전지에 그대로 적용하기는 힘들다. 그러므로 본 논문에서는 다수대의 공진형 컨버터를 병렬입력 직렬출력의 구성으로 입력전압에 따라 각각의 컨버터를

on/off 하여 DC-Link 전압을 일정범위로 유지시키는 멀티레벨 공진형 컨버터를 제안하며, 이때 각각의 컨버터는 공진형으로 고효율로 동작된다. 이에 인버터부는 일반적인 계통연계형 인버터와 마찬가지로 계통의 위상을 검출(PLL)하여, 출력전류를 제어한다.

### 2. 연료전지 전력변환시스템의 구성

본 1kW급 연료전지 전력변환장치의 구성을 살펴보면 그림 1과 같다. 제안된 전력변환장치는 4대의 공진형 푸쉬풀컨버터로 이루어진 컨버터부와 단상 인버터로 구성된 인버터부로 구성된다. 컨버터부는 낮은 연료전지의 전압을 일정전압 범위(330~400[Vdc])로 승압시키며, 승압된 전압은 그림과 같이 단상 Full-Bridge 인버터와 접속되며 PLL에 의한 역률 제어를 통해 계통으로 발전 전력을 전달시키는 동작을 수행한다.

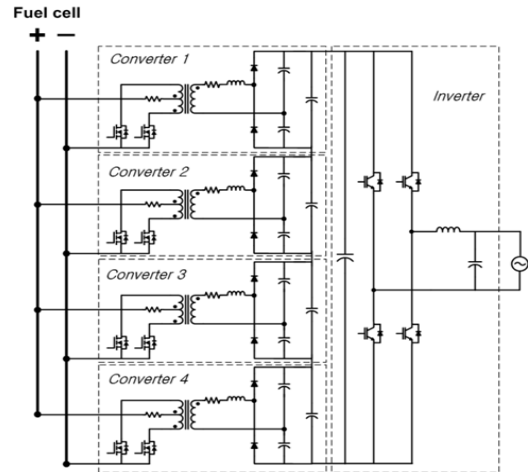


그림 1 연료전지용 전력변환시스템의 구성  
Fig. 1 configuration of Fuel cell PCS

#### 2.1 멀티레벨 공진형 푸쉬풀 컨버터

그림 1과 같이 본 논문에서 적용된 연료전지용 멀티레벨 공진형 푸쉬풀 컨버터는 4대의 푸쉬풀 컨버터가 병렬입력 직렬출력의 형태의 구조를 갖는다. 각각의 컨버터는 푸쉬풀 컨버터로 구성되며, 변압기의 사용과 정류부에 전압더블러가 부착되어 승압에 유리한 형태를 지닌

다. 변압기의 2차측 누설인덕턴스와 전압더블러의 커패시터 사이에서 공진이 일어나 공진형으로 동작되며, 입력전압의 크기에 의해 각각의 컨버터의 사용/비사용이 결정된다. 연료전지의 전압변동범위를 30~60[Vdc]라 할 경우, 컨버터의 전압이득과 용량은 아래와 같은 과정을 통해 구해진다.

- ①  $55 \leq V_{fc} < 60$  일 경우 ;  
전압이득 6.5배의 1[kW]급 컨버터 필요.
- ②  $50 \leq V_{fc} < 55$  일 경우 ;  
1[kW]급 컨버터의 사용과 부족전압을 위해 전압이득 1배의 150[W] 컨버터 필요.
- ③  $45 \leq V_{fc} < 50$  일 경우 ;  
1[kW]급 컨버터의 사용과 부족전압을 위해 전압이득 1.5배의 250[W] 컨버터 필요.
- ④  $40 \leq V_{fc} < 45$  일 경우 ;  
1[kW]급 컨버터의 사용과 부족전압을 위해 전압이득 3배의 500[W] 컨버터 필요.
- ⑤  $36 \leq V_{fc} < 40$  일 경우 ;  
1[kW]급, 500[W]급, 150[W]급 컨버터 3대 사용.
- ⑥  $33 \leq V_{fc} < 36$  일 경우 ;  
1[kW]급, 500[W]급, 250[W]급 컨버터 3대 사용.
- ⑦  $30 \leq V_{fc} < 33$  일 경우 ;  
1[kW]급, 500[W]급, 250[W], 150[W]급 컨버터 4대 사용.

위의 과정을 통하여 설계된 각각의 컨버터의 사양은 표 1과 같다.

표 1 컨버터 파라미터  
Table 1 Converter Parameter

구분	Conv.1	Conv.2	Conv.3	Conv.4
Capacity	1 [kW]	500[W]	250[W]	150[W]
a	0.278	0.625	1.2	1.67
$L_{lk}$	6.7 [uH]	2.2[uH]	1.16[uH]	0.72[uH]
$C_r$	4.7[uF]	10[uF]	6.8[uF]	10[uF]
$f_{sw}$	20 [kHz]	24 [kHz]	40[kHz]	42[kHz]

(a=변압기 권선비( $n_1/n_2$ ),  $L_{lk}$ =변압기 2차측 누설인덕턴스  
 $C_r$ =공진 커패시터,  $f_{sw}$ =스위칭 주파수)

## 2.2 계통연계형 단상 인버터

위에서 설명된 멀티레벨 푸쉬풀 컨버터를 이용하여 DCLink 전압을 형성한 후 단상인버터를 통하여 계통과 연계된다. 단상 인버터는 계통과 연계하기 위한 PLL, 인버터 전류를 제어하는 역할을 수행한다.

## 3. 실험결과

본 논문에서 제안된 멀티레벨 컨버터를 이용한 고효율 PCS의 효율은 파워어날라이저를 통하여 측정하였으며, 본 시스템의 컨버터 부 효율과 PCS의 효율은 그림 2,3에 나타내어져있으며 정격범위(입력전압 50[V] 출력전력 1000[W])에서 91.65%의 고효율 특성을 보여주었다. 인버터 전류는 4%의 THD 특성을 보여주었으며, 시스템

의 입출력 전류/ 전압은 그림 4에 나타내어져있다.

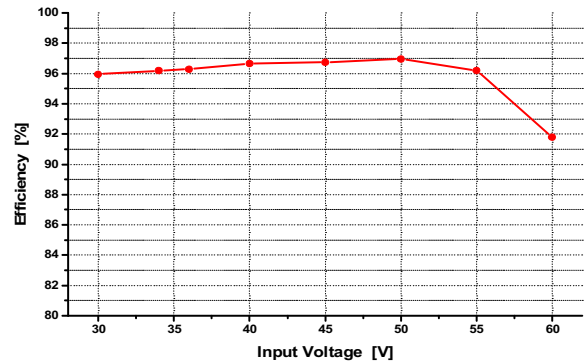


그림 2 입력전압에 따른 컨버터 효율  
Fig. 2 Converter efficiency by input voltage

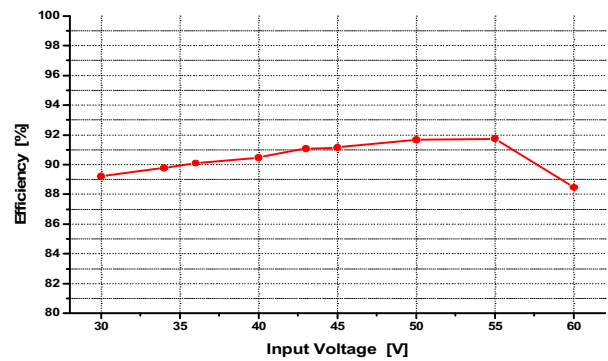


그림 3 입력전압에 따른 PCS 효율  
Fig. 3 PCS efficiency by input voltage

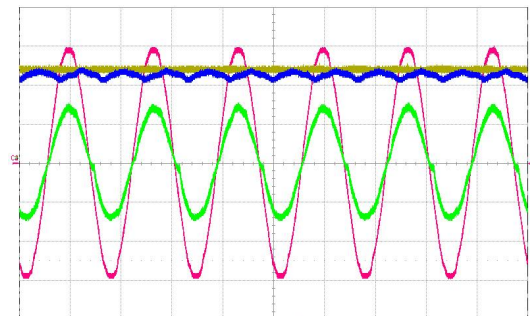


그림 4 전력변환장치의 입/출력 파형  
Fig. 4 In/out waveforms of PCS

## 4. 결론

본 논문에서는 컨버터의 고효율 특성을 가지게 하는 병렬 입력 직렬출력의 구성을 가지는 멀티레벨 컨버터와 단상인버터를 이용하여 연료전지용 전력변환장치를 제안하였으며, 제안된 전력변환장치의 시스템의 고효율 특성과 인버터의 출력전류 파형을 실험을 통하여 그 타당성을 입증하였다.

이 논문은 지식경제부(R-2007-1-015-01) 지원에 의하여 연구되었습