

# PISO컨버터를 이용한 계통연계형 전력변환장치 운전특성해석

한동화, 이영진, 권완성, 최규하  
건국대학교 전기공학과

## Operation Characteristics Analysis of Utility Interactive Power Conversion System Using PISO Converter

Dong Hwa Han, Young Jin Lee, Wan Sung Kwon, Gyu Ha Choe  
Konkuk University Electrical Engineering

### ABSTRACT

연료전지와 같은 저전압 대전류의 출력 특성을 가지는 에너지원의 계통연계를 위해서는 이를 승압하는 컨버터와 승압된 전압을 교류로 변환하는 인버터부가 요구된다. 인버터의 동작을 위해서는 높은 승압비를 가지는 컨버터가 필요하며 전체 시스템의 고효율화를 위해서는 고효율 DC/DC컨버터가 필요하다. 본 논문에서는 공진형으로 동작되는 다수대의 공진형 컨버터를 PISO방식으로 구성하여 고효율화를 꾀했으며, 이를 계통연계형 인버터와 연결한 실제품을 구성하였으며, 기존의 방식인 하드스위칭 타입 컨버터를 이용한 전력변환장치와의 비교를 통하여 본 시스템의 타당성을 입증하고자 한다.

### 1. 서론

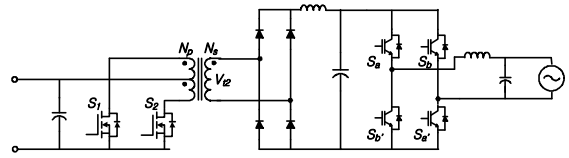
연료전지 및 태양광과 같은 직류전압의 출력의 에너지원을 계통으로 발전할 경우 전력변환장치는 직류전압을 승압하는 DC/DC 컨버터부와 승압된 전압을 교류전압으로 변환하는 DC/AC 인버터부로 구성된다. 연료전지 시스템의 경우 태양광과 달리 외부의 환경에 영향을 받지 않으며 안정적인 동작이 가능해지는 장점을 가진다. 그러나 연료전지는 저전압, 대전류의 출력특성을 지녀 인버터부의 전단전압 즉 DClink 전압형성을 형성하는 DC/DC 컨버터부는 높은 승압비를 지녀야한다. 또한 고효율의 전력변환시스템의 구성을 위해서는 높은 승압비를 가지는 DC/DC컨버터는 고효율 특성을 지녀야한다.<sup>[1,2,3]</sup>

고효율 특성을 보이는 공진형 컨버터의 경우는 시스템의 구성으로 공진주파수가 결정되어 이에 스위칭 주파수를 일치시켜 공진형으로 동작된다. 그러나 연료전지와 같이 부하의 조건에 따라 전압강하가 심한 경우 기존의 공진형 컨버터를 적용하기 힘들다. 본 논문에서는 기존의 컨버터가 가지는 단점을 극복하고자 다수대의 컨버터를 PISO(Parallel Input Series Output) 방식으로 구성하여 DClink의 전압이 각컨버터 출력전압의 합으로 승압이 쉬운 구조로 구성하였으며, 입력전압의 범위에 따라 각각의 컨버터를 On/Off하는 방식의 쉬운 제어를 꾀하였다.<sup>[4]</sup>

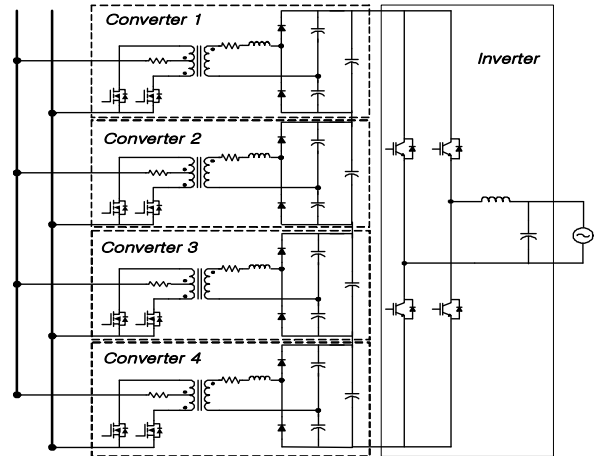
### 2. PISO방식의 컨버터

#### 2.1 기존의 방식 및 제안된 컨버터

그림 1 (a), (b)는 각각 기존에 사용되었던 하드스위칭 방식의 전력변환장치의 구성과 제안된 공진형 PISO방식의 전력변환장치의 구성을 보여주고 있다. 제안된 방식의 구성은



(a) 기존의 하드스위칭 방식 전력변환장치



(b) 제안된 공진형 PISO방식 전력변환장치

그림 1 전력변환장치의 구성

Fig. 1 The Configuration of PCS

그림 1 (b)과 같이 병렬입력 직렬출력의 형태로 구성되며, 이러한 구성으로 각각의 컨버터의 출력전압의 DClink전압이 된다. 입력전압의 변동 시 사용할수 없었던 기존의 공진형 컨버터와 달리 입력전압에 의해 4대의 컨버터가 선택되어 모든입력전압의 범위에서 공진형 동작이 가능해지는 특징을 가진다.

#### 2.2 PISO방식의 컨버터의 용량 및 동작영역 선정

용량산정 및 동작영역 선정을 위한 시스템의 전기적 사양으로, 입력전압의 변동범위 30~60[Vdc], PISO방식의 컨버터의 용량은 1[kW], DClink 전압의 변동 허용범위를 330~400[Vdc]이며 총 4대의 컨버터를 병렬입력 직렬출력으로 구성할 경우 각 컨버터의 동작영역과 용량은 아래와 같이 선정된다.

입력전압이 55~60[Vdc]일 경우 PISO 컨버터는 1[kW] 컨버터 1대만 동작을 하며, 이때의 전압이득은 6.5배가 되며, 입력전압이 50~55[Vdc]인 경우 1[kW] 시스템과 150[W]시스템 2대가 동작을 하여 DClink 전압을 형성한다. 이와 마찬가지로 각각 입력이 45~50[Vdc]일 경우 1[kW]시스템과 250[W]시스템, 입력이 36~40[Vdc]의 전압 범위의 경우 1[kW]급, 500[W]급,

150[W]급 3대의 컨버터, 입력이 33~36[Vdc]의 전압 범위일 때는 1[kW]급, 500[W]급, 250[W]급 컨버터, 입력이 33~36[Vdc]의 전압 범위일 때는 1[kW]급, 500[W]급, 250[W]급 컨버터 마지막으로 입력이 30~33[Vdc]의 전압일 경우에는 1[kW]급의, 500[W]급, 250[W]급, 150[W]급 컨버터가 동작하여 DClink 전압을 출력측 인버터가 동작하기에 적합한 전압레벨 (330~400[Vdc])로 형성한다. 위의 동작영역 및 용량의 선정을 바탕으로 구성된 PISO방식의 컨버터의 전기적 사양은 아래의 표 1과 같다.

표 1 PISO 방식 컨버터의 전기적 사양  
Table 1 Electrical Specifications of PISO Converter

	Conv.1	Conv.2	Conv.3	Conv.4
용량	1000[W]	500[W]	250[W]	150[W]
변압기 권선비	5: 18	5:8	6:5	5:3
누설 인덕턴스	6.7[uH]	2.2[uH]	1.16[uH]	0.72[uH]
공진 커패시터	4.7[uF] *2	10[uF] * 2	6.8[uF] * 2	10[uF] * 2
스위칭 주파수	20[kHz]	24[kHz]	40[kHz]	42[kHz]

### 3.PISO방식의 컨버터를 이용한 전력변환장치의 실험

#### 3.1 PISO방식 컨버터의 실험

본 연구에서 사용된 컨버터는 설계 시 사용된 입력전압범위에서 전력량을 변화시켜 실험을 진행하였다. 아래의 그림 2는 입력 전압변동시 앞의 설계를 바탕으로 구성된 각 컨버터의 전압을 보여준다. 컨버터의 합 전압 즉 DClink전압은 앞의 허용 전압의 범위를 만족하고 있으며, 그림 상단에는 실제 전압값을 나타내고 있다.

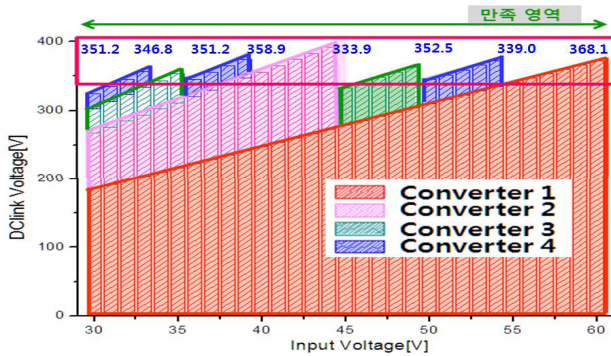


그림 2 DClink 전압 및 각 컨버터 전압  
Fig. 2 DClink and converter voltage

#### 3.2 PISO방식 컨버터를 이용한 전력변환장치의 실험

그림 3은 전체 시스템의 입출력 전압 및 전류파형을 보여준다. 계통전압과 인버터 출력전류는 같은 위상을 지니 역률제어가 수행되고 있음을 보여주고 있다.

그림 4는 컨버터 및 인버터의 효율을 보여주며 이 경우 입력전압은 50[V], 출력전력은 1[kW]일 경우이다. 컨버터의 효율은 약 97%, 인버터부의 효율(약 13[W]의 제어전원포함)은 약 94.5%, 전체 시스템 효율은 1[kW]에서 91.76%로 유지되었다. 그리고 또한 인버터의 출력전류THD는 정격전력부근인

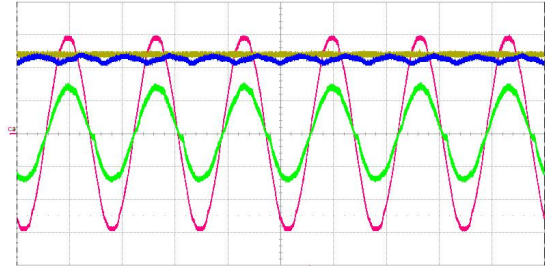


그림 3 입출력 전압/전류 파형  
Fig. 3 The Voltage/current waveforms of In-out

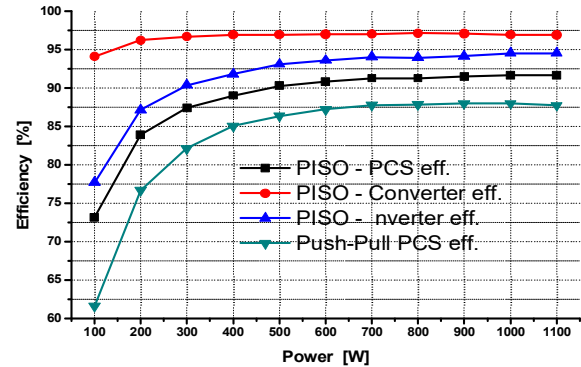


그림 4 전력변환장치의 구성  
Fig. 4 the Configuration of PCS

1[kW]에서 5%이하로 유지되었다.

기존의 방식인 하드스위칭 Push Pull 컨버터를 이용한 전력 변환장치와의 효율은 정격영역에서 약 3.5%의 차이를 보였다.

### 4.결과 및 검토

본 논문에서는 PISO방식의 컨버터의 용량산정 및 동작영역선정을 다루었으며 또한 인버터와의 연계를 통하여 전력변환장치를 구성하였다. 구성된 실제제품을 대상으로 입력전압, 전력 가변의 충분한 실험을 통하여 기존의 방식인 하드스위칭 Push Pull 컨버터를 이용한 전력변환장치와의 비교를 통하여 본 논문의 타당성을 입증하였다.

○ 본 연구는 지식경제부 에너지자원기술개발사업의 일환(2009T100100100)으로 수행되었습니다.

### 참고 문헌

[1] J.S. Lai, "A High Efficiency 5kW Soft Switched Power Conditioning System for Low Voltage Solid Oxide Fuel Cells", Power Conversion Conference '07, pp. 463-470, 2007, April.  
[2] Jay T. Pukrushpan, Anna G. Stefanopoulou, Huei Peng "Modeling and Control for PEM Fuel Cell Stack System" in Proc. of American Control Conference Anchorage, AK, May 8~10, 2002, pp. 3117-3122.  
[3] M.Hashem Nehir, Caisheng wang " Modeling and Control of Fuel cells" Wiley 2009  
[4] Dong Hwa Han "Multi Level Resonant Push Pull Converter for Fuel Cell System" International Conference on Power Electronics June.2 2011