

# 1kW 급 연료전지용 Boost PCS 손실 분석

최중묵, 이영진, 한동화, 권완성, 최수경, 정병환\*, 신우석\*\*, 최규하  
 건국대학교, 삼성 탈레스\*, 두원공과대학\*\*

## The Output characteristic Analysis in Boost PCS for 1kW Fuel-Cell System

Choi J.M Lee Y.J Han D.H Kwon W.S Choi S K  
 Jung B.H\* Shin W.S\*\* Choe G.H

Konkuk University, Samsung Thales\*, Doowon Technical College\*\*

### ABSTRACT

본 논문은 연료전지용 전력변환 시스템 중 저주파(60Hz) 변압기를 사용하는 방식 인 Boost PCS를 대상으로 이전 연구에 진행되었던 최적설계를 바탕으로 제작된 PCS의 손실을 분석하고 컨버터부 인버터부 변압기부의 전력에 따른 효율을 분석하여 가정용 연료전지 PCS의 설계에서의 최적화 지침을 제공하고자 한다.

Keyword: 연료전지, Boost 컨버터, 효율

### 1. 서론

연료전지로부터 만들어진 저전압을 상용 전원으로 사용하기 위해서는 높은 승압비의 승압용 컨버터와 인버터가 결합된 전력변환기가 필요하다. 계통연계를 위한 연료전지용 전력변환 시스템은 연료전지와 계통간의 절연 및 승압 방법에 따라 여러 가지 형태를 가지게 된다. 변압기의 절연 방식에 따라 풀브리지나 푸시풀 컨버터 형태를 갖는 고주파 절연 방식 PCS (Power Conditioning System)와 본 논문의 대상인 부스트 컨버터를 갖는 저주파 절연방식 PCS가 있다. 부스트 컨버터의 경우 병렬 스위치를 사용하여 컨버터의 스위치 손실을 최소화 하였으며 변압기와 인버터 최적 설계로 효율을 높였다. PCS는 동작시점 100[W]부터 정격 최대전력까지 운전하며 PCS의 각 부 즉 컨버터, 인버터, 변압기의 손실과 효율을 측정하여 도식화 했고 PCS에서의 손실 부위별 비율을 측정했다.

그림1 의 구성과 같이 Boost type의 저주파 절연형 PCS는 컨버터부가 부스트 컨버터로 구성되어 있으며 인버터는 풀 브리지 인버터를 사용한다. 부스트 컨버터를 사용하여 입력전압 50[V]를 DC 90[V]로 승압(Duty 0.44) 한 후, 풀 브리지 인버터를 통해 AC 55[V] 전압을 생성한다. 그리고 권선비가 1 : 4 인 60[Hz] 저주파 변압기를 이용하여 AC 220V로 승압한다. PCS의 전기적 사양은 표 1과 같다.

표 1 제안된 PCS 전기적 사양

냉각 방식	강제풍랭
주회로 방식	DC/DC컨버터+전압형PWM인버터
절연 방식	저주파절연
전력제어방식	외부 지시에 의함
출력제어방식	전류제어 방식
상수	단상 2선식
전압	220V
전압 변동범위	±12V
주파수	60Hz
출력 용량	1 kW
효율	86.12%
출력단 역률	0.99
고조파 유출 전류	정격시 THD 6%미만
연계보호 계전기	교류 과전압 & 과전류 검출, 교류 전압 & 전류 저하 검출, 입력 전압 & 전류 검출

### 2. 제작된 Boost Type PCS 사양

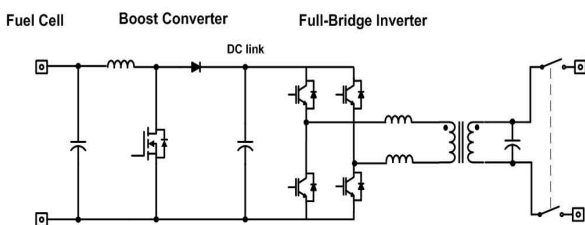


그림1. Boost type PCS 회로도

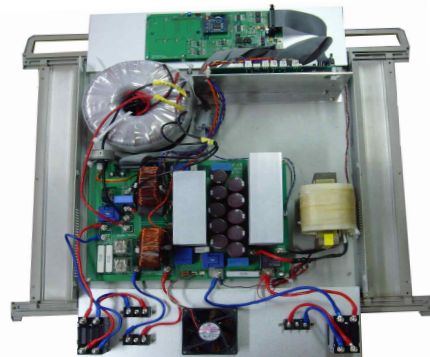


그림 2 Boost type PCS 내부

### 3. 제작된 Boost Type PCS 손실 측정

#### 1. Boost 컨버터 부

Boost Converter의 입력에는 전압 변동률이 심한 특징 때문에 1[mF] 커패시터가 병렬로 5개가 연결되어있고 추가로 2.2[uF] 커패시터가 연결되어 있다. 컨버터의 인덕터는 연속전류 동작 조건을 만족시키는 2.0[mH]의 인덕터가 사용되었다. 스위칭 소자로는 MOSFET인 IRFP4332가 사용되었고 도통저항은  $29[m\Omega]$ 이며 손실을 저감시키기 위하여 병렬연결을 6개로 하였다. 다이오드는 60S20B를 병렬로 2개 사용하였다. 부스트 컨버터 출력 단에는 단상 풀 브리지 인버터와 연결되므로 DC Link 커패시터를 입력과 동일하게 1[mF]와 2.2[uF] 커패시터를 병렬로 연결하였다. 연료전지 PCS의 입력전압은 50[V]로 하였고 정격 1[kW] 운전 시 컨버터의 출력 전압 전류파형과 인덕터의 전압파형은 그림 3 과 같고 PCS를 100[W]부터 50[W]씩 상승시켜서 정격 1[kW]까지 상승 시켰을 때의 컨버터의 입력 전력에 따른 효율은 그림 4 와 같다.

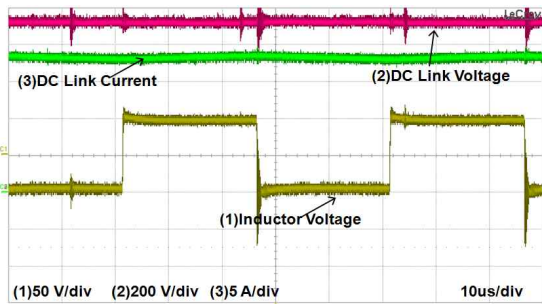


그림 3 정격 1[kW]시 컨버터 입출력 & 컨버터 부 인덕터 전류

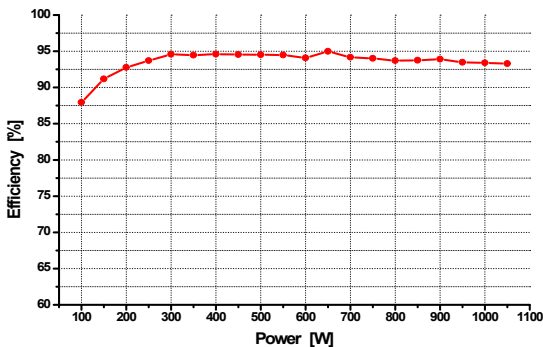
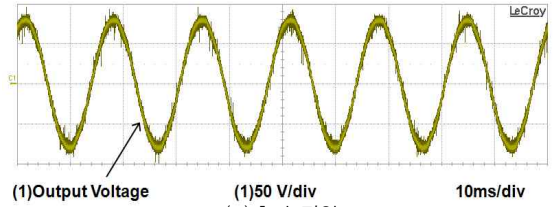


그림 4 입력 전력에 따른 부스트 컨버터 효율

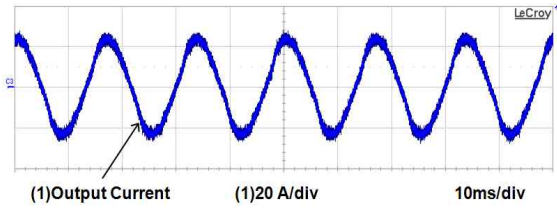
#### 2. 단상 풀브리지 인버터 부

인버터의 는 단상 풀브리지 인버터이며 입력단 전압제어를 한다. DC Link 입력전압은 90[V]로 제어하고 있으며 PCS보다 상위계층의 전류지령을 받아 전류를 내보내며 상위에서 필요한 전력만큼을 발생시켜주기 위한 전류제어를 수행한다. DC 링크의 전압이 90[V]로 낮고 전류가 상대적으로 높으므로 스위칭소자는 보통 쓰이는 IGBT를 사용 하지않고 MOSFET인 IRFP4332를 사용하였다. 연료전지의 전류 리플을 줄이기 위해 인버터입력 즉 DC 링크 커패시터 정전용량을 2240[uF]으로 설계하였다. 여기서 DC 링크 커패시터는 컨버터의 커패시터와 중복되는 부분이다. 인버터의 출력에는 1[mH]의 인덕터가 필터로 연결되어 있

으며 필터 커패시터는 변압기 후단에 설치되어 있다. 인버터의 경우도 컨버터와 동일하게 PCS를 100[W]부터 50[W]씩 상승시켜서 정격 1[kW]까지 상승 시켰을 때의 인버터의 효율은 그림 5와 같다. 인버터의 입력전압 50[V]에서 정격 1[kW] 운전시 인버터의 입력 전압 전류는 그림 3의 DC Link 전압전류이며 필터 인덕터를 거친 인버터 출력 전압 전류는 그림 4와 같다.



(1)Output Voltage (1)50 V/div (a)출력 전압



(1)Output Current (1)20 A/div (b)출력 전류

그림 4 인버터 출력 전압&전류

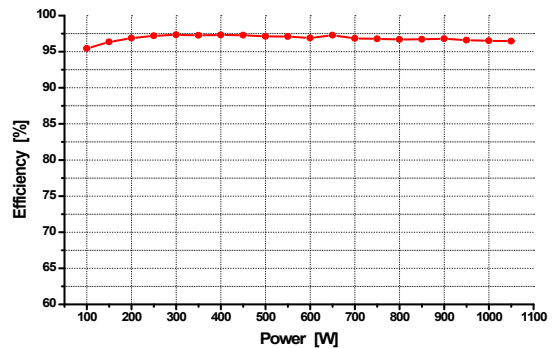
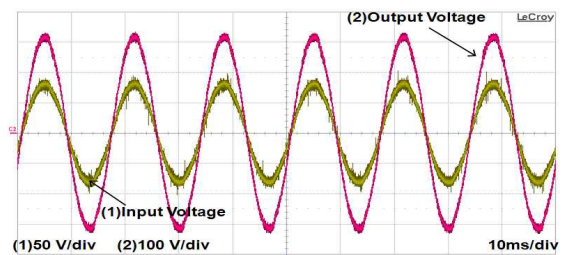
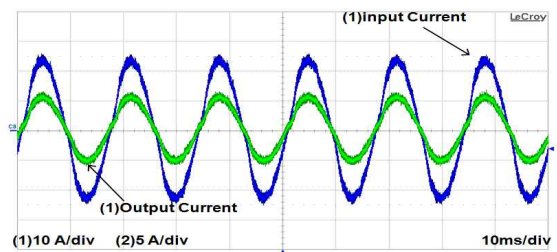


그림 5 입력 전력에 따른 풀브리지 인버터 효율

#### 3. 저주파 변압기 부



(1)50 V/div (2)100 V/div (a) 변압기 입출력 전압



(1)10 A/div (2)5 A/div (b)변압기 입출력 전류

그림 6 PCS 입력 1.05[kW]시 변압기 입출력 전압&전류

저주파 변압기의 경우 철손은 작지만 동손의 경우 권선을 많이 사용하기 때문에 동손이 크게 측정 된다. 본 Boost Type PCS에는 60[Hz] 55[V] 입력을 1:4의 권선비로 교류전압 실효치 220[V]로 변환하는 저주파 절연 변압기를 사용하였다. 그림 7 은 PCS를 100[W]부터 1050[kW]까지 50[W]씩 전력을 높여가며 운전 했을 때의 저주파 절연변압기 입력전력에 따른 효율이고 그림 6은 PCS 1.05[kW] 운전시 저주파 절연 변압기의 입출력 전압 전류 파형이다.

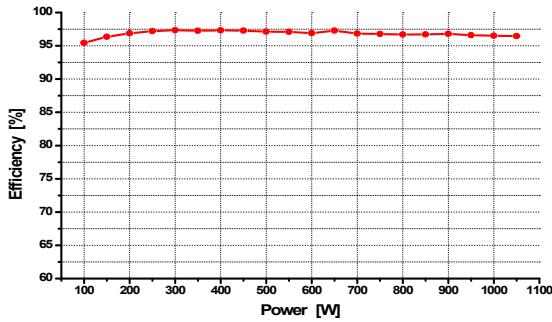


그림 7 입력전력에 따른 변압기 효율

### 5. 결론

표 2 Boost Converter type PCS의 부분별 손실률

	Boost Converter Type PCS			[%]
	Boost Converter	Full Bridge 인버터	저주파 변압기	
손실율 [%]	6.7	3.54	4.3	손실= 13.9
효율 [%]	93.3	96.46	95.7	총효율= 86.1

PCS의 입출력 전압 전류 파형은 대표적인 4포인트로 그림 8 과 같이 나타냈다.

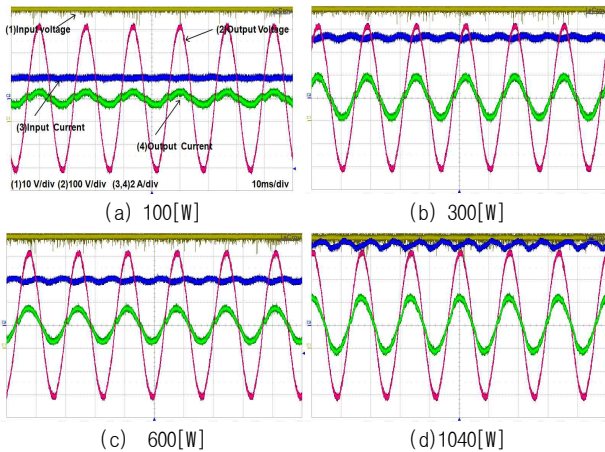


그림 8 저주파 절연형 PCS 실험파형

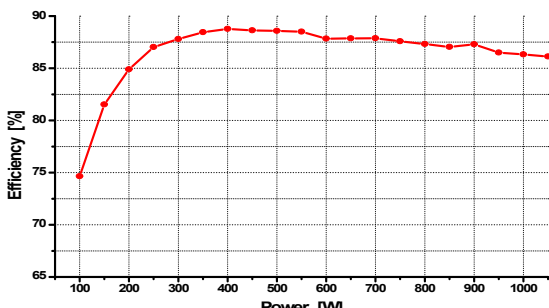


그림 9 Boost PCS 전체 효율

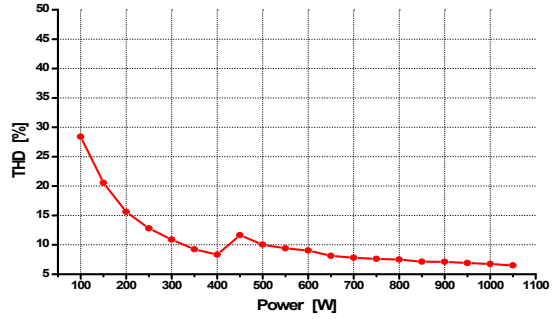


그림 10 Boost PCS THD

Boost Type PCS의 부분별 손실을 볼 때 컨버터부의 효율이 93.3[%] 측정되었으며 인버터의 경우 96.46[%]로 측정되었다. 인버터 후단에 저주파 변압기의 효율은 95.7[%]가 나타났다. 전체 효율은 정격시 약 86.3[%] 정도가 되는 것을 확인할 수 있다. 주요 손실 발생 요소로는 정격시 Boost Converter의 인덕터가 약 58[W]로 가장 크며 저주파 변압기 40.5[W]로 두 수동소자에서 정격시 전체손실 145[W]의 67%정도를 차지한다. 개선된 수동소자를 사용함으로써 손실을 크게 감소 할 수 있을 것으로 기대된다.

입력전력을 기준으로 하여 전압, 전류, 출력을 확인한 실험으로 그림 9 와 10 을 살펴보면 전력이 정격에 가까워 갈수록 출력전류의 THD가 좋아짐을 알 수 있으며, 정격에 가까워질수록 시스템의 효율이 좋아짐을 실험을 통해 확인할 수 있다.



그림 11 Boost PCS 손실 비율

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

### 참 고 문 헌

- [1] 김영식 외 3인 “Boost Converter로 구성되는 연료전지용 PCS의 손실 분석의 연구”, 전력전자학술대회논문집, 전력전자학회, 2008년 하계학술대회
- [2] 한동화 외 5인 “절연방식에 따른 연료전지용 PCS의 성능 분석”, 전력전자학술대회논문집, 전력전자학회, 2008년 하계학술대회
- [3] Yungtaek Jang, “Interleaved PFC Boost Converter with Intrinsic Voltage Doubler Characteristic”, 37th IEEE PESC June 2006
- [4] Keith H. Billings, “Switch Mode Power Supply Handbook”, McGraw-Hill. 1999.