

## 수용가 직류 서비스를 위한 무접점 전원장치

丁烽根\*, 姜聲仁\*, 金恩洙†, 金倫鎬\*\*

## Contactless Power Supply for DC Power Service in Hybrid Home Generation System

Bong-Geun Chung, Sung-In Kang, Eun-Soo Kim and Yoon-Ho Kim

## 요 약

신재생에너지 중에서 태양광 에너지가 중요 에너지원으로서 각광받고 있고 적용이 증대되고 있다. 특히, 미래에는 하이브리드 태양광 발전 시스템이 독립 분산 전원 시스템으로 널리 사용될 것으로 예상되고 있다. 본 논문에서는 DC전력을 기계적인 접촉에 의해 전달하는 것보다는 마그네틱 커플링에 의해 비접촉으로 에너지를 전달 할 수 있는 무접점전원장치를 사용한 직류수용가 서비스 태양광발전시스템을 제안하였다. 제안 적용된 무접점 전원장치는 무접점 변압기와 Half-bridge LLC 공진컨버터, 영 전압 스위칭 Boost컨버터로 구성되어 있다.

## ABSTRACT

Among the alternative energy sources, the solar energy is recognized as an important energy source and its application is increasing. Especially in future, the hybrid solar energy generation system with battery will be widely used as an independent distributed power generation system. In this paper, a solar power hybrid home generation system using a contactless power supply (CPS) that can transfer an electric power without any mechanical contact by using magnetic coupling instead of the power transfer by directly supplying the DC power to the home electric system is proposed.

The proposed system consists of a ZVS boost converter, a half bridge LLC resonant converter and contact-less transformer.

**Key Words** : Solar Energy Generation System, Independent Distributed Power Generation System, Contact-less Power Supply

## 1. 서 론

기존의 태양광 발전 시스템은 태양광으로부터 발전된 직류전압을 바로 가전기기 및 부하에 직접 전달하지 못하고 계통연계를 통하여 다시 가전기기 및 부하

에 전력을 전달하게 구성되어 있다.

이러한 시스템 구성은 많은 전력 변환기를 사용하기 때문에 전체 시스템의 효율을 저감할 뿐만 아니라 부피가 커지는 단점을 가지게 되어, 향후에는 그림 1과 같이 하이브리드 전원 시스템적용 수용가 직류서비스의 사용이 증가될 것으로 예상되고 있다. 하지만 이런 직류서비스를 구성함에 있어서 직류전압을 사용하여 가전기기 및 부하에 전력을 공급할 때 사용되는 스위치 전원 투입과 차단 시 발생 될 수 있는 스파크전압 (Spark Voltage) 발생위험과 부주의로 인한 감전사고 및 누전사고 등과 같은 문제점을 가지게 된다. 이러한

†교신저자 : 정희원, 전주대 전기전자정보통신공학부 조교수

E-mail : eskim@jj.ac.kr

\*학생회원, 전주대 전기전자공학부 학사과정

\*\*정회원, 중앙대 전기공학과 교수

접수일자 : 2006. 12. 4 1차 심사 : 2007. 1. 19

2차 심사 : 2007. 2. 23 심사완료 : 2007. 3. 7

문제점에 대해서 특별한 예방책 없이 안전하게 사용하기 위해서는 수용가 직류서비스 전압이 50V를 넘지 않는 저 전압을 사용하며 단락을 막기 위한 별도의 장치가 필요하게 된다<sup>[1]</sup>.

본 논문에서는 이러한 문제점을 개선하기 위해서 그림 2와 같이 태양광 발전에서 얻어진 낮은 전압을 Boost컨버터로 승압하고 승압된 직류전원을 고주파 인버터와 무접점 전력전달을 위한 비접촉 변압기를 적용하여 무접점으로 전력을 전송하는 수용가 직류 서비스를 위한 무접점 전원장치를 제안, 구성하여 보았다. 그림 3에서처럼 제안된 수용가 직류서비스를 위한 무접점 전원장치는 탭-인덕터 적용 무손실 스너버 Boost DC/DC 컨버터를 사용하여 태양전지와 연료전지에서 출력되는 낮은 전압(40~60VDC)을 84VDC로 승압시켜 배터리에 충전하고, 태양전지를 보호하기 위해 전력제어를 하였으며, 승압된 높은 전압을 주변 환경에 영향을 받지않고, 부하에 안전하게 전력을 전달하기 위해 무접점 변압기를 적용한 직렬 공진 컨버터를 사용하였다. 무접점 변압기 2차측에 전달된 전력을 안정화하기 위해 별도의 레귤레이터를 사용하지 않고, 무접점 변압기와 별도의 제어용 마그네틱 커플러를 사용하여 출력 전압/전류 제어 신호를 제어용 마그네틱 커플러 1차측에 비접촉으로 전달하여 정전압/정전류 제어를 할 수 있도록 구성하였다. 모든 컨버터의 스위칭 소자에 소프트 스위칭 기술을 적용하여 스위칭 소자의 스트레스 저감과 스위칭 손실을 줄여 높은 효율을 얻고자 하였고, 이에 대한 이론적 해석을 통해 80W급 시제품을 제작하여 수용가 직류서비스를 위한 무접점 전원시스템에 적용 실험한 결과를 서술하였다.

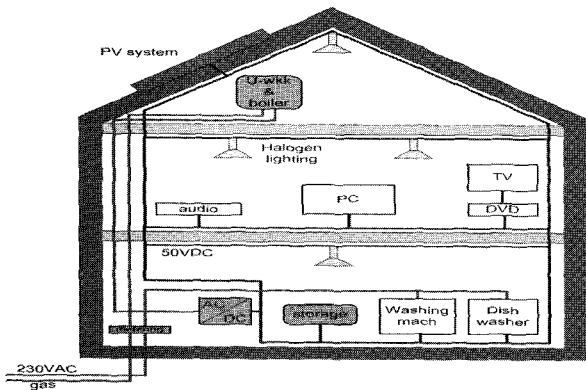


그림 1 하이브리드 전원 시스템적용 직류 서비스  
Fig. 1 DC power service using hybrid power generation system

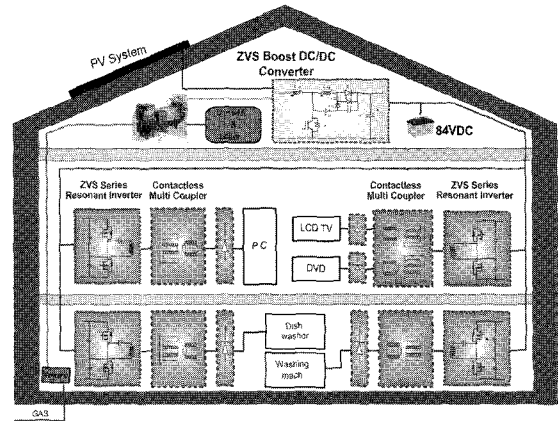


그림 2 제안된 무접점 전원장치적용 수용가 직류 서비스  
Fig. 2 The proposed DC power service using the contactless power supply

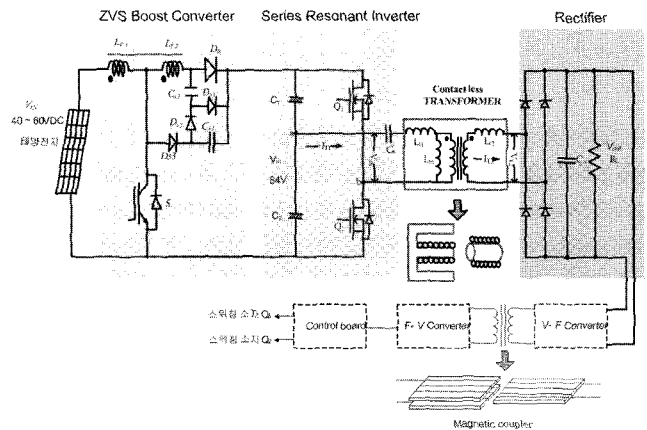


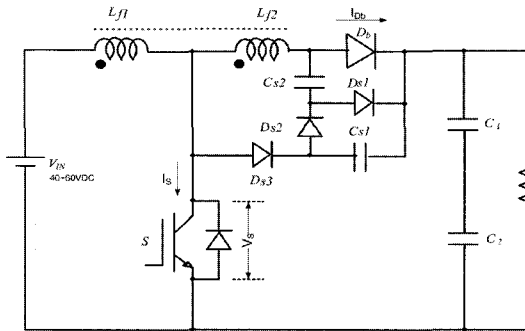
그림 3 제안된 무접점 전원장치  
Fig. 3 The proposed contactless power supply system

## 2. 무손실 스너버 적용 Boost 컨버터

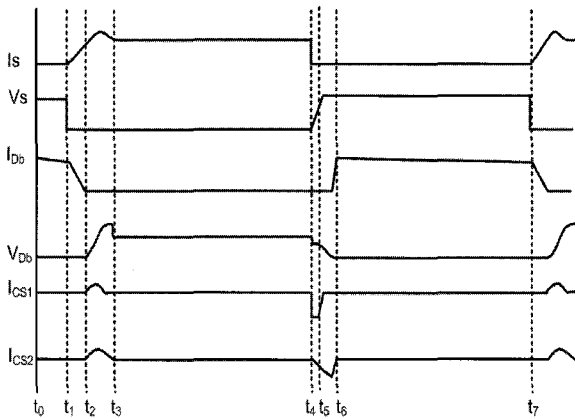
태양전지에서 출력되는 전압(40~60VDC)을 84VDC로 승압 제어하여 배터리 충전 및 하프브리지 인버터(Half-bridge inverter) 입력전압을 공급하기 위해 고효율 무손실 스너버 적용 Boost 컨버터를 적용하였다. 고주파 스위칭방식 고효율 Boost 컨버터는 주 스위칭소자(S) 및 환류다이오드(D<sub>b</sub>)의 스위칭 손실을 저감하기 위해 기존 Boost 컨버터에 무 손실 스너버 기능을 갖는 탭-인덕터 적용 에너지 회생 스너버를 적용한 소프트 스위칭 Boost 컨버터를 제안하였다. 그림 4에서처

림 Turn-on 스너버 기능은  $t_1 \sim t_3$  구간 동안  $C_{s1}$ ,  $C_{s2}$ 에 따른 저 임피던스 경로를 제공함으로써 환류다이오드( $D_b$ )에 영전압 스위칭을 제공한다. Turn-on 구간에서  $C_{s2}$ 는  $V_o + \frac{n_2}{n_1} \cdot V_i$  전압으로,  $C_{s1}$ 는 출력전압( $V_o$ )으로 충전되고, Turn-off 구간 중  $t_4 \sim t_6$  구간에  $C_{s1}$ ,  $C_{s2}$ 의 방전전압에 따라 주스위칭 소자 S에 걸리는 Turn-off 서지 전압이 출력전압( $V_o$ )로 억제됨으로 영전압 스위칭(ZVS) 되는 특성을 갖는다.

그림 4는 태양전지에서 출력되는 전력을 제어하기 위한 무손실 스너버적용 Boost 컨버터 주 회로도 및 동작파형이며, 표 1은 Boost 컨버터의 실험조건 및 탭-인덕터의 1, 2차측 인덕턴스( $L_{f1}$ ,  $L_{f2}$ ) 값을 나타냈다.



(a) 제안된 무손실 스너버 적용 Boost 컨버터  
(a) The proposed boost converter with a lossless snubber



(b) 동작파형  
(b) Experimental waveforms

그림 4 제안된 고효율 Boost 컨버터 및 동작파형  
Fig. 4 The proposed high efficiency boost converter and its experimental waveforms

표 1 제안된 고효율 Boost 컨버터 주요 정격  
Table 1 Specifications of boost converter with a lossless snubber

입력 전압 ( $V_{IN}$ )	40~60VDC	1차측 인덕턴스 ( $L_{f1}$ )	420 $\mu$ H
출력 전압 ( $V_o$ )	84VDC		
출력 전류	2.38A	2차측 인덕턴스 ( $L_{f2}$ )	15 $\mu$ H
출력 전력	150W		
동작 주파수		100kHz	

### 3. 무접점 전력 전달을 위한 직렬 공진 컨버터

태양광 발전출력이 직류전압이기 때문에 직접적인 직류전압을 사용하여 가전기기 및 부하에 적용하는 부분에 있어 스위치 전원 투입과 차단 시 발생 될 수 있는 스파크 전압(Spark Voltage) 발생의 위험과 부주의로 인한 감전사고 및 누전사고 등의 문제점을 가지게 된다. 따라서 본 논문에서는 무접점 변압기를 적용한 하프브리지(Half-bridge) 직렬공진컨버터를 적용하였다. 그림 5 (a)와 (b)는 하프브리지(Half-bridge) 직렬공진 컨버터에 적용된 무접점 변압기의 구조를 나타내었다.

무접점 변압기는 기존 변압기와 달리 큰 공극(Air-gap)을 가지고 있어, 자화인덕턴스( $L_m$ )가 상대적으로 작은 값을 가지게 되고, 1차측 누설인덕턴스( $L_{l1}$ ) 및 2차측 누설인덕턴스( $L_{l2}$ ) 값이 증가하게 되어 결합계수(Coupling coefficient)가 낮은 특성을 갖게 된다.<sup>[3]</sup> 이러한 특성을 갖는 무접점 변압기의 경우 자화인덕턴스( $L_m$ )를 통한 자화전류( $I_m$ )가 많이 흐르게 되어 1차측 에너지를 2차측으로 전달하는데 많은 어려움이 있다. 뿐만 아니라, 1차측과 2차측 권선방법 및 결합구조에 따라 1차측 및 2차측 누설인덕턴스( $L_{l1}$ ,  $L_{l2}$ )와 자화인덕턴스( $L_m$ ) 값의 변화가 많이 발생하기 때문에 회로해석에 있어 매우 중요한 고려사항으로 작용하게 된다.

그림 6(a)은 무접점 변압기 적용 Half-bridge LLC 공진컨버터에 대한 주 회로이고, 그림 6(b)은 등가회로를 나타낸 것이다. 그림 6(b) 등가회로의 임피던스 관계를 통해  $Q(\frac{2\pi f_n L_{eq}}{R_{eq}})$ 와 규준화 된 주파수 변화 ( $f_n = \frac{f_s}{f_r}$ )에 대한 전압이득 특성 식은 식(1)과 같이 얻을 수 있다.

$$M = \left| \frac{1}{1 + A - \left(\frac{1}{f_n}\right)^2 \cdot \left(A + \frac{B}{B+1}\right) + jQ(1+B) \cdot \left(f_n - \frac{1}{f_n}\right)} \right| \quad (1)$$

식(1)을 이용한 시뮬레이션 된 그림 7은 1차측 누설 인덕턴스( $L_{l1}$ )와 자화인덕턴스( $L_m$ ) 비  $A(A = \frac{L_{l1}}{L_m})$ 가 0.384 그리고 2차측 누설인덕턴스( $L_{l2}$ )와 자화인덕턴스( $L_m$ ) 비인  $B(B = \frac{N^2 L_{l2}}{L_m})$ 가 0.009일 때, 표준화 된 주파수( $f_n$ )와 Q 변화에 대한 무접점 변압기 적용 하프브리지(Half-bridge) 직렬 공진컨버터에 대한 전압이득(M) 특성곡선을 나타낸 것이다. 그림 7의 표준화 된 전압이득 특성에서 볼 수 있듯이 무접점 변압기 적용 하프브리지(Half-bridge) 직렬공진컨버터의 표준화 된 주파수( $f_n$ )가 1보다 낮은 주파수에는 전압이득이 증가하는 것을 볼 수 있고 표준화된 주파수( $f_n$ )가 1보다 높은 주파수에서는 기존 직렬공진과 같은 특성을 나타내는 것을 알 수 있다. 따라서 표준화 된 주파수( $f_n$ )가 1보다 높은 주파수 영역에서의 스위칭 동작은 주 스위칭소자의 영 전압 스위칭(ZVS)은 이룰 수 있는 장점은 있지만, 1차측 단자전압( $V_{ab}$ )과 전류( $I_{T1}$ )의 위상차에 의한 많은 순환전류가 흐르고, 특히, 전압이득이 낮은 영역에서 스위칭 동작을 하게 되므로 경부하에서부터 중부하까지 부하변화 시 일정 출력전압을 제어하기 위해 너무 넓은 범위의 스위칭 주파수제어를 해야 하는 단점이 있다.

뿐만 아니라, 무접점 변압기 2차측의 정류 다이오드에 흐르는 전류가 연속모드로 흐르기 때문에 무접점 변압기 2차측 정류 다이오드의 역 회복 특성에 의한 단락전류에 의해 출력전압에 노이즈가 발생하게 되어 낮은 효율특성을 갖게 된다. 이러한 기존 무접점 변압기 적용 직렬 공진컨버터<sup>[3, 4, 5]</sup>의 문제점을 개선하기 위해 본 논문에서는 그림 7에 나타낸 것처럼 표준화된 주파수( $f_n = \frac{f_s}{f_r}$ )가 1보다 낮은 영역 즉, 스위칭 주파수( $f_s$ )를 공진주파수( $f_r$ ) 보다 낮은 주파수 영역에서 스위칭 동작을 하였다. 이러한 경우 기존 무접점 변압기 적용 직렬 공진컨버터와 같이 주 스위칭 소자의 영 전압 스위칭(ZVS)을 얻을 수 있고, 좁은 주파수 범위에서도 부하변화에 대해 일정 출력 전압을 제어할 수 있으며, 전압이득이 높은 영역에서 스위칭 동작하므로 높

은 전압이득 특성에 따른 무접점 변압기 2차측 턴 수를 줄일 수 있다. 뿐만 아니라, 불연속 공진전류에 의해 무접점 변압기 2차측 정류다이오드의 영 전류 스위칭(ZCS)도 이룰 수 있는 장점이 있다.

따라서 본 논문에서 제안한 무접점 변압기 적용 하프브리지(Half-bridge) 공진컨버터는 기존 무접점 변압기 적용 직렬 공진컨버터에 비해 출력전압 노이즈 저감 및 높은 효율 특성을 얻을 수 있는 장점이 있다. 표 2는 직렬공진 컨버터에 대한 주요정격이다.

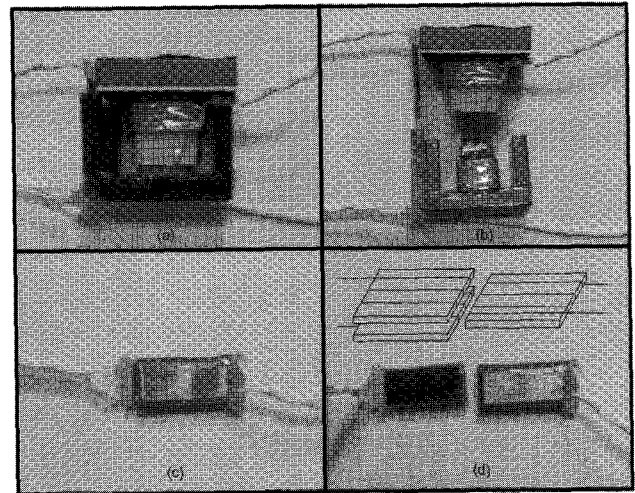
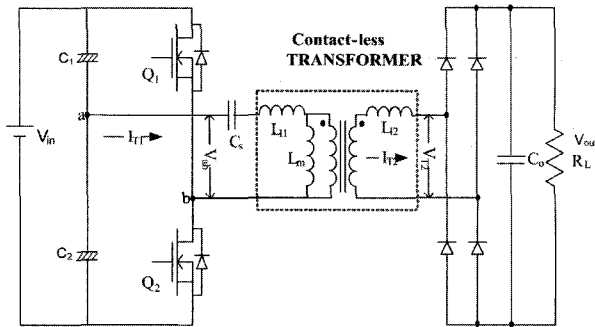


그림 5 제안된 무접점 변압기 [(a), (b)] 및 비접촉 데이터 통신용 커플러 [(c), (d)] 사진

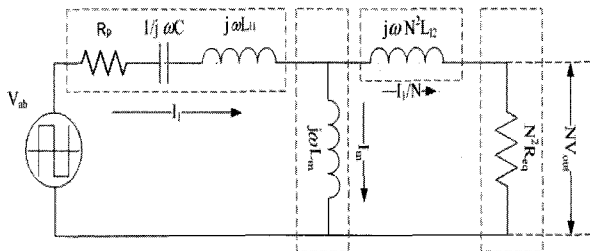
Fig. 5 Prototype of a contactless transformer [(a), (b)] for power transfer and an inductive couple [(c), (d)] for data communication

표 2 직렬 공진 컨버터 주요 정격  
Table 2 Specifications of series resonant converter

입력 전압 ( $V_{in}$ )	84VDC	1차측 자화인덕턴스 ( $L_m$ )	51.95 $\mu$ H
출력전압/전류 ( $V_{out}/I_o$ )	12VDC/6.7 A	1차측 누설인덕턴스 ( $L_{l1}$ )	19.74 $\mu$ H
출력 전력	80W	2차측 누설인덕턴스 ( $L_{l2}$ )	25.6nH
동작 주파수	150kHz	등가누설인덕턴스 ( $L_{eq}$ )	22.54 $\mu$ H
공진커패시턴스 ( $C_s$ )	0.05 $\mu$ F	커플링 (k)	0.828



(a) 무접점 변압기 적용 하프브리지 직렬공진컨버터  
 (a) Half-bridge series resonant converter using a contactless transformer



(b) 등가회로  
 (b) Equivalent circuit

그림 6 무접점 변압기 적용 하프브리지 직렬공진컨버터 와 등가회로

Fig. 6 Half-bridge series resonant converter using a contactless transformer and its equivalent circuit

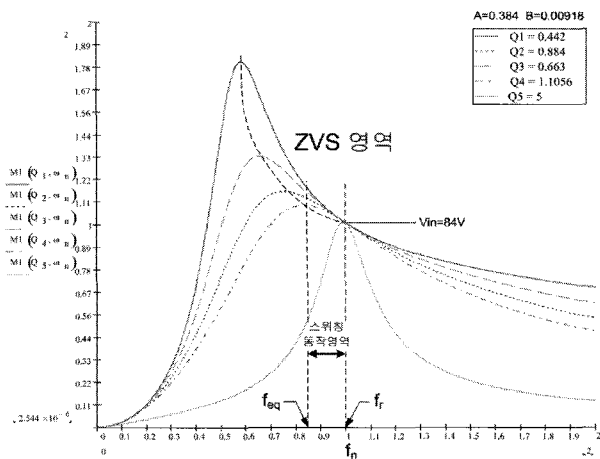


그림 7 하프브리지 직렬공진 컨버터 전압이득 특성  
 Fig. 7 Voltage gain characteristics of half-bridge series resonant converter

#### 4. 마그네틱 커플러를 이용한 주파수제어

기존 무접점 변압기 적용 직렬 공진컨버터는 2차측에서 별도의 레귤레이터를 사용하여 정전압 제어를 하였다. 이러한 방식은 전체 시스템의 효율저감과 함께 비접촉 변압기 2차측 정류부에서 별도의 안정화 전원 시스템 사용에 따라 부피가 증가하는 단점을 가지게 된다.<sup>[2]</sup>

따라서 본 논문에서는 그림 8 과 같이 출력전압/전류를 제어하기 위한 신호가 V-F Converter를 통해 주파수로 변환되고, 변환된 주파수는 제어용 1차측 마그네틱 커플러를 통해 비접촉으로 주 회로부에 연결된 제어용 2차측 마그네틱 커플러로 전달된다. 전달된 주파수는 F-V Converter를 통해 DC전압으로 변환된다. 변환된 전압은 주제어기를 통해 스위칭 주파수를 제어하게 되어, 일정하게 출력전압과 전류를 제어하게 된다.

그러나 적용하고자 하는 데이터통신용 마그네틱 커플러에는 적은 전류가 흐르고 있는 반면에 주 변압기는 많은 전류가 흐르고 있어, 주 변압기의 자속이 데이터 통신용 커플러에 쇄교된 유기전압에 따라 불안정한 제어를 하게 된다. 그리고 적용하고자 하는 데이터통신용 마그네틱 커플러는 누설 인덕턴스가 크고 자화 인덕턴스는 상당히 작아 매우 작은 커플링 값(k=0.113)을 가지게 되어, 1차측의 신호가 2차측에 제대로 전달되지 못하는 단점을 가지고 있다.

따라서 본 논문에서는 권선방법을 통해 주 변압기의 자속이 데이터통신용 마그네틱 커플러에 영향을 받지 않고, 제어용 1차측 커플러의 신호가 제어용 2차측 커플러에 전달될 수 있는 권선 방법을 제안 적용하였다. 제어용 마그네틱 커플러는 그림 5 (c), (d)와 같이 제어용 1차측 커플러는 ‘-’형 모양이며, 제어용 2차측 커플러는 ‘+’형 모양을 나타내고 있으며, 데이터 통신용 마그네틱 커플러와 무접점 변압기의 권선 방향을 서로 직각이 되도록 하여 무접점 변압기 자속의 영향을 최소화 시켰고, 데이터 통신용 마그네틱 커플러의 2차측 권선을 ‘+’형 모양으로 서로 포개는 방식으로 커플링되는 면적을 넓혀 1차측의 신호를 2차측으로 전달할 수 있게 하였다.

표 3 마그네틱 커플러 주요 정격

Table 3 Specifications of a magnetic coupler

1차측 자화인덕턴스	16.83μH	1차측 누설인덕턴스	57.16μH
2차측 누설인덕턴스	24.42μH	커플링	0.113

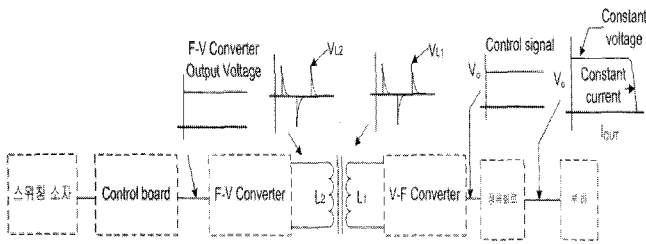


그림 8 커플러적용 비접촉 전압 센싱 회로  
 Fig. 8 Contactless voltage sensing circuit using a magnetic coupler

5. 실험 결과

표 4 Boost컨버터, Half-bridge 직렬공진 컨버터 적용소자  
 Table 4 Components used in a boost converter and a half-bridge series resonant converter

탭-인덕터적용 무손실 스너머 Boost컨버터	
스위칭소자(S)	IRFP250N, 200V, 30A
환류다이오드(D <sub>b</sub> )	20CTH03, 300V, 20A
스너머다이오드(D <sub>s1</sub> , D <sub>s2</sub> , D <sub>s3</sub> )	UF5402, 200V, 3A
스너머커패시터(C <sub>s1</sub> , C <sub>s2</sub> )	4.7nF (C <sub>s1</sub> )   11nF (C <sub>s2</sub> )
무접점 변압기 적용 Half-bridge 직렬공진 컨버터	
스위칭소자(Q <sub>1</sub> , Q <sub>2</sub> )	IRF640, 200V, 18A
입력커패시터(C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> )	6800uF, 50WV
출력 정류다이오드	STPS1545D, 45V, 15A

표 5 태양광 모듈 사양  
 Table 5 Specifications of solar cell module

태양광 모듈 사양 (심포니에너지 SE-M181×2)	
출력 용량	362W
최대 출력전압	53.8V
최대 출력전류	6.73A

본 논문에서 태양광에서 출력되는 낮은 전압(40~60VDC)을 높은 전압(84VDC)으로 승압하기 위한 150W급 무손실 스너머 적용 Boost 컨버터와 Boost 컨버터를 통해 승압된 직류전원(84VDC)을 부하에 안전하게 전달하기 위한 무접점 변압기를 적용한 80W급 Half-bridge LLC 직렬공진 컨버터를 설계 제작하였다. 그리고 본 논문의 시스템에 적용된 소자정격에 대해 표 4에 나타내었고, 태양광 모듈 사양은 표 5에 나타내었다. 그림 9는 제안된 무손실 스너머적용 Boost 컨버

터의 주스위칭 소자(S)의 전압과 전류 실험 파형이다. 환류다이오드 (D<sub>b</sub>)는 C<sub>s1</sub>, C<sub>s2</sub>에 따른 저 임피던스 경로를 통해서 영 전압(ZVS)에서 Turn-on, Turn-off 됨을 볼 수 있고, 주 스위칭 (S)의 Turn-off시 Turn-on 구간동안 출력전압만큼 충전된 스너머 커패시터(C<sub>s1</sub>, C<sub>s2</sub>)의 방전에 따라 영 전압(ZVS)에서 Turn-off 가 되어 소프트 스위칭 하는 것을 볼 수 있다. 그림 10 (a), (b)는 경부하시 (10W)와 중부하시 (80W)의 직렬 공진 컨버터의 인버터 1차측 단자전압(V<sub>ab</sub>)과 전류(I<sub>T1</sub>), 무접점 변압기 2차측 정류전류 실험 파형이다.

스위칭주파수(f<sub>s</sub>)는 공진 주파수(f<sub>r</sub>)보다 낮은 주파수에서 동작을 하고 있으며, 단자 전압(V<sub>ab</sub>)보다 단자 전류(I<sub>T1</sub>)가 항상 지상전류가 흘러 주 스위칭 소자(Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>)는 영 전압 스위칭 (ZVS) 동작을 하며, 무접점 변압기 2차측 정류다이오드의 불연속 전류(I<sub>T2</sub>)에 의해 영 전류 스위칭(ZCS) 동작이 되는 것을 볼 수 있다.

그림 11은 데이터 통신용 마그네틱 커플러의 1차측 전압과 2차측 전압 실험 파형이다. V-F Converter를 통해 변환된 주파수는 작은 자화인덕턴스의 값을 가지고 있는 마그네틱 커플러에 의해 그림 11의 1차측 전압과 같이 나타나게 되고, 작은 커플링의 값으로 인해 2차측의 전압이 어느 정도 감소되지만 F-V Converter를 통해 정확한 정전압제어 특성을 얻을 수 있었다.

그림 12는 부하변화에 따른 출력전압(V<sub>o</sub>), 출력전류(I<sub>o</sub>) 실험 파형이다. 부하가 경부하 (12W) ⇒ 중부하 (80W) ⇒ 경부하 (7.2W)로 가변되어도 실험파형과 같이 일정 출력전압으로 제어됨을 볼 수 있었다.

그림 13은 탭-인덕터 적용 무손실 스너머 Boost컨버터의 입력전압 변화와 부하 변화에 대한 효율특성을 나타 낸 것이다. 일사량에 따라 수시로 변하는 태양전지 출력전압을 고려하여 입력전압을 40~60VDC로 변화시키고, 10W~150W 부하범위에 대해 효율을 측정하였다.

그림 14는 무접점 변압기 적용 Half-bridge LLC 직렬공진컨버터의 효율 특성 곡선을 나타낸 것이다. Boost컨버터에서 출력되는 전압이 일정한 전압(84VDC)인 것을 고려하여, Half-bridge LLC 직렬공진컨버터의 입력전압은 84VDC로 고정시킨 후, 10W~80W 부하범위에 대해 81%~87%의 효율을 얻을 수 있었다. 그리고 그림 15는 그림3의 전체 시스템에 대한 효율특성을 나타 낸 것이다.

그림 16 (a), (b)는 수용가 직류서비스를 위한 무접점 전원장치를 적용하여 가전기기인 LCD TV를 동작시키고 있는 시제품 사진이다.

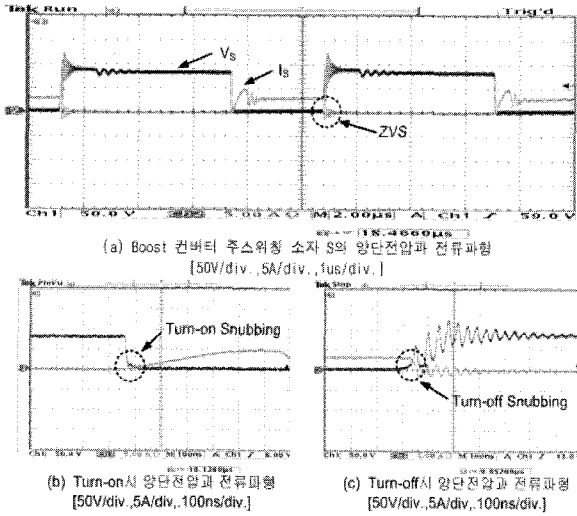


그림 9 Boost 컨버터 주스위칭 소자 S의 양단전압과 전류파형 [50V/div., 5A/div., 1μs/div.]  
 Fig. 9 Experimental waveforms of terminal voltage( $V_s$ ) and current( $I_s$ ) in a main switching device(S)

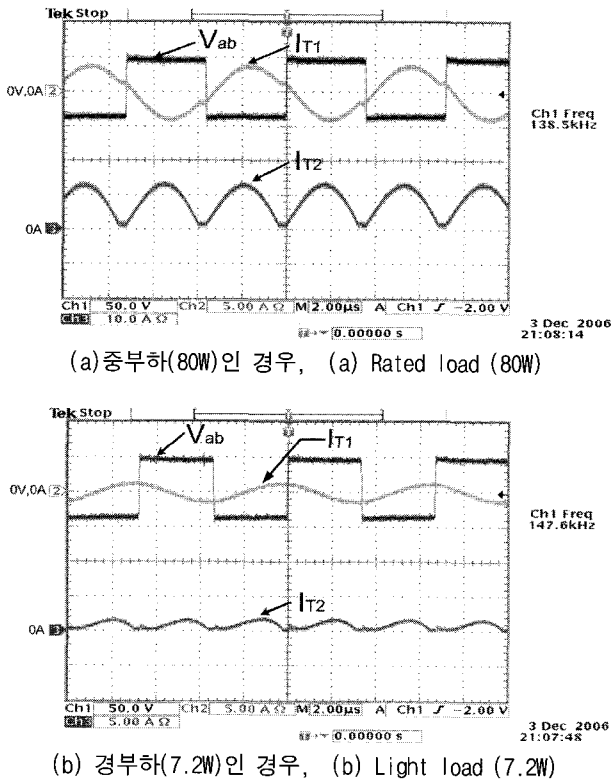


그림 10 직렬공진 컨버터의 비접촉 변압기 1차측 단자 전압과 전류 및 2차측 정류전류 (50V/div., 5A/div., 10A/div., 2μs/div.)  
 Fig. 10 Experimental waveforms of the primary voltage( $V_{ab}$ ) and current( $I_{T1}$ ), and the secondary current( $I_{T2}$ )

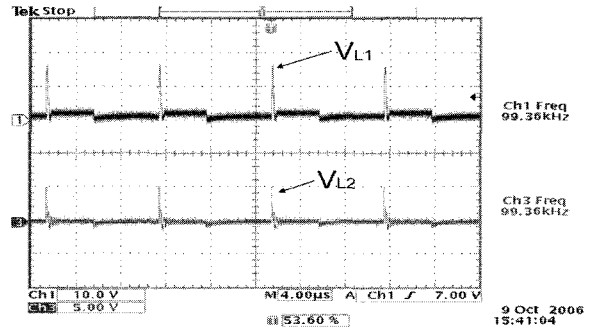


그림 11 데이터 통신용 마그네틱 커플러 1차측 전압과 2차측 전압 실험파형[10V/div., 5V/div., 4μs/div.]  
 Fig. 11 Voltage waveforms of the primary and secondary in a magnetic coupler for data communication

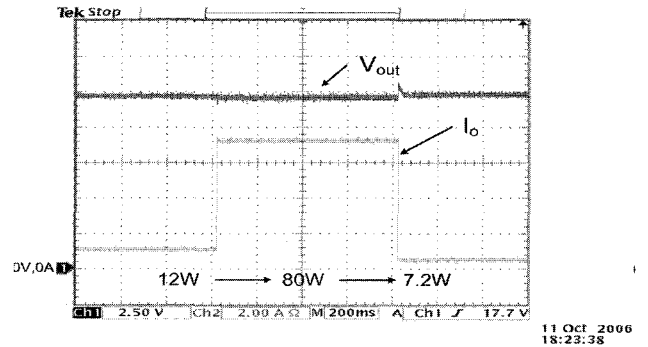


그림 12 부하변화에 따른 출력전압과 출력전류 실험 파형 [2.5V/div., 2A/div., 1μs/div.]  
 Fig. 12 Experimental waveforms of the output voltage and current due to the load variations [2.5V/div., 2A/div., 1μs/div.]

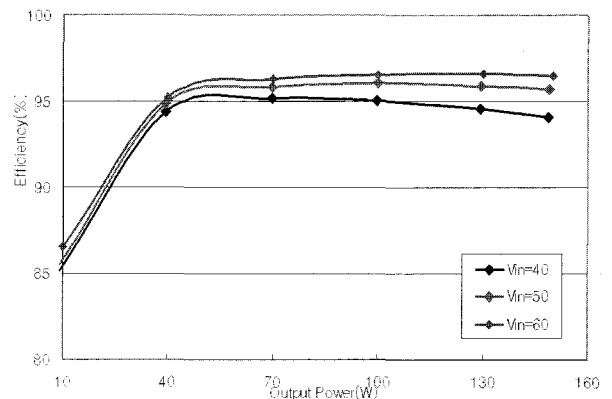


그림 13 무손실 스너버 적용 Boost컨버터의 입력전압과 부하 변화에 따른 효율 특성  
 Fig. 13 Efficiency characteristics of boost converter with a lossless snubber

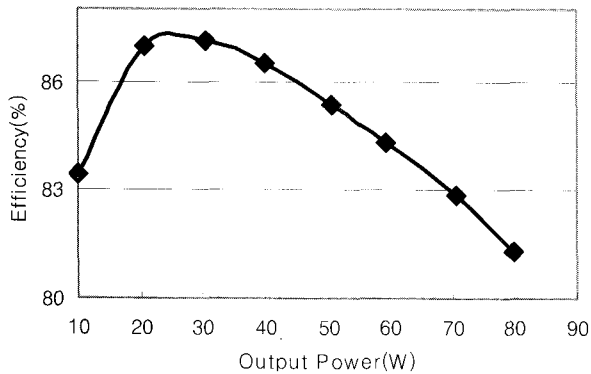


그림 14 무접점 변압기 적용 LLC 직렬공진 컨버터의 부하변화에 대한 효율특성  
 Fig. 14 Efficiency characteristics of LLC resonant converter using a contactless transformer

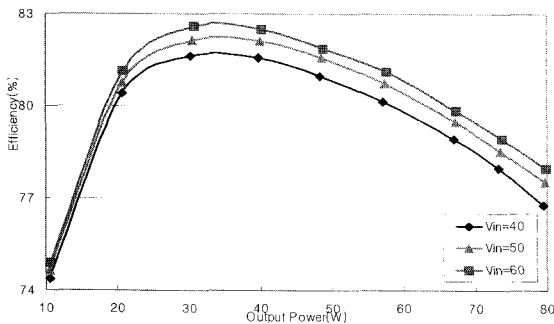
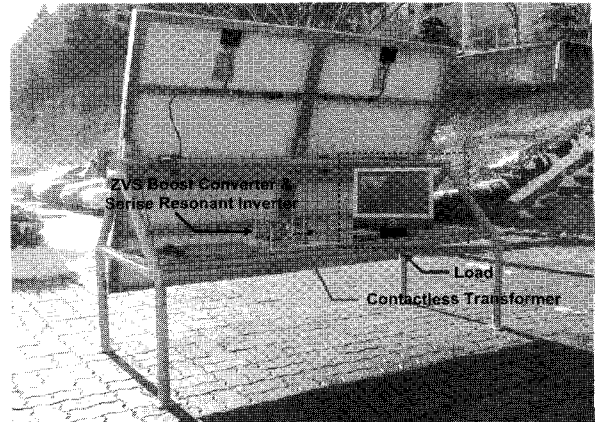


그림 15 무접점 전원 전체시스템에 대한 효율특성  
 Fig. 15 Efficiency characteristics of contactless power supply included a boost converter and a half-bridge series resonant converter



(a) 무접점 전원시스템  
 (a) Contactless power supply system



(b) 무접점 전원장치 적용 LCD TV 구동 동작사진  
 (b) LCD TV and DVD player operating by the use of a contactless power supply

그림 16 무접점 전원장치 적용 시제품 사진  
 Fig. 16 Prototype of a contactless power supply for the photovoltaic power generation system

## 6. 결 론

본 논문에서는 기존 태양광 계통연계 발전 시스템의 문제점을 개선하기 위하여 무접점 변압기를 적용한 전원장치를 제안하고 시제품을 제작하였다. 이 시스템에 적용된 전력변환 장치는 전력변환회로의 스위칭시 사용되는 소자에 인가되는 전기적 스트레스를 줄이기 위하여 탭-인덕터 적용 무손실 스너퍼 Boost컨버터를 적용하여 스위칭 소자의 스트레스 저감과 스위칭 손실을 줄일 수 있었고, 무접점 변압기 적용 하프브리지 (Half-bridge) 공진컨버터를 제작하여 실험한 결과에 대해서 나타내었다. 실험결과 10W~80W 부하범위에 대해서 전체시스템효율이 75%~82.5%의 효율특성을 얻을 수 있었으며, 2차측 정류다이오드의 불연속전류에 의해 스위칭 손실을 줄일 수 있었고, 무접점으로 전력을 전달하므로 개폐 스위치전원 투입과 차단 시 스파크전압 발생 위험성 및 환경에 영향을 받지 않고 전력을 안전하게 전달할 수 있어, 무접점 전원장치가 직류 수용가 서비스에 적용 가능함을 보였다.

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2005-000-11173-0(2007) 지원으로 수행되었음.



참 고 문 헌

[1] 장길수, 손광명, "수용가 직류서비스 및 마이크로그리드"대 한전기학회 전기의 시계, 제54권 12호, pp.31-35, 2005.

[2] 이현관,공영수,김은수,김윤호,이기식,강성인,정봉근, "태양광 발전 시스템을 위한 무접점 전원장치", 전력전자학회논문지 제 11권 제3호 pp.216-223,2005

[3] 공영수,김은수,이현관, "낮은 커플링 변압기를 갖는 비접촉 전원의 개선된 고효율 공진 컨버터" 전기학회논문지 제 54B권 1호 pp.33-39, 2005

[4] G. B. Joung, and B. H. Cho, "An Energy Transmission System for an Artificial Heart Using Leakage Inductance Compensation of Transcutaneous Transformer", IEEE Trans, PE, Vol. 13, 1998.

[5] C. G. Kim, D. H. Seo, J. S. You, J. H. Park, and B. H. Cho, "Design of a Contactless Battery Charger for Cellular Phone", IEEE Trans, Industrial Electronics, Vol. 48, 2001.

[6] A. Ghahary, and B. H. Cho, "Design of a Transcutaneous Energy Transmission System Using a Series Resonant Converter", IEEE Power Electronics Specialists Conf. Rec., 1990, pp.1-8.

[7] Robert L. Steigerward, "A Comparison of Half-Bridge Resonant Converter Topologies", IEEE Trans, Power Electronics, Vol 3, pp.174-182, 1988.

2001년~현재 전주대 전기전자공학과 조교수. 당 학회 편집위원.



김윤호(金倫鎬)

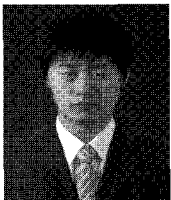
1949년 6월 20일생. 1974년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 미국 Texas A&M대학 졸업(공학). 현재 중앙대 전자전기공학부 교수. 2003년 당 학회 회장 역임.

저 자 소 개



정봉근(丁烽根)

1982년 11월 25일생. 2006년 현재 전주대 전기전자공학부 재학.



강성인(姜聲仁)

1982년 5월 10일생. 2006년 현재 전주대 전기전자공학부 재학.



김은수(金恩洙)

1964년 3월 26일생. 1986년 중앙대 공대 전기공학과 졸업. 1988년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2000년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 1989년~2001년 한국전기연구원 전력전자 연구그룹 선임연구원(T/L).