

## 무접점 풀브리지컨버터의 효율향상을 위한 연구

임성훈\*, 주연홍\*\*, 이성룡\*\*, 한병성\*  
 전북대학교\*, 군산대학교\*\*

### A Study for improvement of Efficiency of Full-Bridge Converter using Non-Contact Method

Sung-Hun Lim\*, Yeon-Hong Joo\*\*, Seong-Ryong Lee\*\*, Byoung-Sung Han\*

\* Dept. of Electronic & Information Eng.    \*\* Dept. of Electronic & Information Eng  
 Chonbuk National University                      Kunsan National University

#### ABSTRACT

This paper suggests the circuit topology to transfer AC power using a detachable transformer. The circuit topology for AC output load through the magnetic coupling and its principle of operation are described. It can decrease the size of detachable transformer by employing the high-frequency magnetic coupling. It is shown in this paper that the efficiency of noncontact energy transfer system can be improved by applying both the full bridge converter with PFC function to the 1st side of its and the series resonance to the 2nd side to minimize the effect of the leakage inductance.

#### 1. 서    론

무접점에너지 전달은 기존의 접촉을 통한 방식에 비해 많은 잇점을 갖고 있어 이에 대한 연구가 계속되고 있다. 그 중에서도 전기감전이나 스파크로 인한 위험으로부터 안전성확보와 인공심장이나 해저환경과 같이 특수한 환경에 적합한 점등이 연구를 지속시키고 있다. 그러나 지금까지 무접점에너지 전달에 관한 연구는 무선전화기나 무선면도기와 같은 전자제품부터 인공장기나 자동차와 같이 충전지가 필수적인 장치나 기기의 충전장치를 목적으로 이루어져왔다[1-3].

본 논문에서는 무접점방식을 이용하여 AC전원을 필요로하는 장치에 적용하기 위한 연구로 1차측에 풀브리지컨버터를 도입하여 구성한 새로운 타입의 토폴로지를 제시하고 동작원리에 대해 기술하고자 한다. 이때 무접점에너지전달시 피할수 없는 누설인덕턴스와 2차측스위칭양단에 병렬로 연결된 스너버커패시터와의 관계를 분석하고 이를 이용하여 무

접점방식의 AC에너지전달을 최대화할 수 있는 조건 및 동작에 대해 기술하고자 한다. 마지막으로 1차측 입력단에 소프트스위칭기능뿐 아니라 입력역률개선기능을 갖는 풀브리지 컨버터를 적용함으로써 무접점AC에너지전달시스템의 효율향상을 시뮬레이션을 통해 확인하고자 한다.

#### 2. 본    론

##### 2.1 기존의 무접점에너지전달시스템

비접촉방식을 적용한 에너지전달시스템의 경우 분리형변압기가 필수적이기 때문에 누설인덕턴스로 인해 접촉방식을 이용한 시스템에 비해 효율저하문제가 발생된다. 그림 1은 이러한 분리형변압기를 이용한 기존의 에너지전달시스템구조를 보여준다.

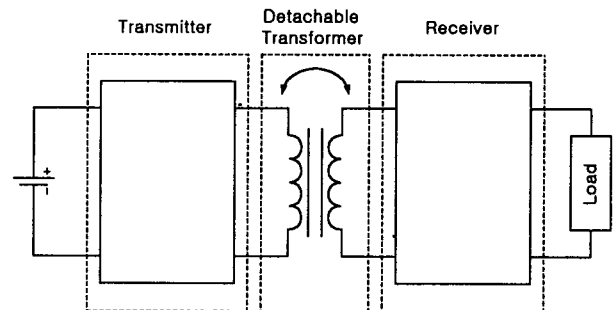


그림 1 기존의 무접점 에너지전달시스템  
 Fig. 1 The conventional energy transfer system using non-contact

이러한 누설인덕턴스로 인한 에너지전달의 비효율성을 향상시키기 위해 1차측에 직렬공진을 도입하거나 소프트스위칭을 통해 효율향상을 얻을 수 있었다. 또한 2차측의 경우, 2차측의 누설인덕턴스를 필터성분으로 활용할 수 있어 2차측의 부피를 감소시킬 수 있다. 그 밖에 무접점방식을 이용한

에너지 전달시 누설인덕턴스로 인해, 부하전류에 비해하여 출력전압강하가 발생된다. 이러한 문제점은 2차측에 적절한 값을 갖는 병렬커패시터를 추가함으로써 별도의 제어회로없이 넓은 범위의 부하전류에 대해서 출력전압의 안정화를 확보할 수 있었다. 그러나 기존의 개발된 무접점방식을 적용한 에너지전달에 대한 연구의 대부분은 휴대가능한 무선기기와 이들 장치를 충전하기 위한 충전장치에 집중되어 온데 비해 AC전원을 필요로 하는 장치에 적용하기 위한 연구는 별다른 성과가 없었다.

## 2.2 제안한 무접점AC에너지전달시스템의 동작원리

그림 2는 제안한 무접점 AC에너지전달시스템의 구성을 보여준다. 무접점변압기의 1차측은 입력역률개선기능을 수행하는 풀브리지컨버터와 무접점변압기로부터 AC부하에 전력공급을 위해 제안한 회로로 구성되어 있다. 1차측의 풀브리지컨버터의 동작스위칭주파수를 높여줌으로서 분리형변압기의 크기뿐 아니라 무게를 감소시킬 수 있다.

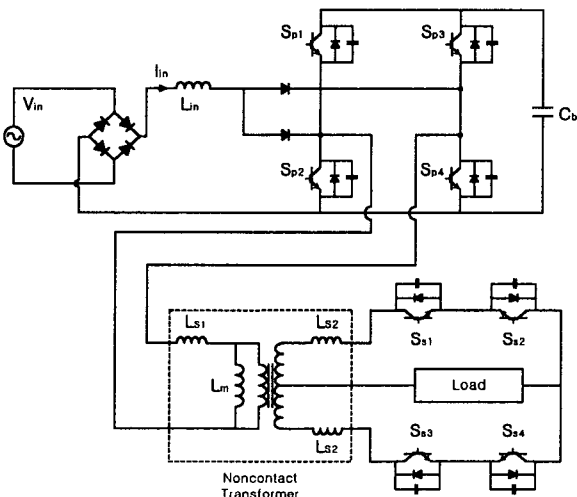


그림 2 제안한 무접점 AC에너지전달시스템  
Fig. 2 The proposed AC energy transfer system using non-contact

1차측의 입력단PFC기능을 수행하는 풀브리지컨버터의 동작원리는 참고문헌에 나타나 있으며 적절한 PFC동작을 위해서는 벌크커패시터와 입력단인덕턴스 및 출력단인덕턴스 값 선정과 함께 입력인덕턴스와 벌크커패시터에 흐르는 전류의 크기를 고려하여 설계해야 한다[4].

그림 3과 4에 입력단 풀브리지컨버터의 모드별 동작회로와 동작파형을 나타내었다.

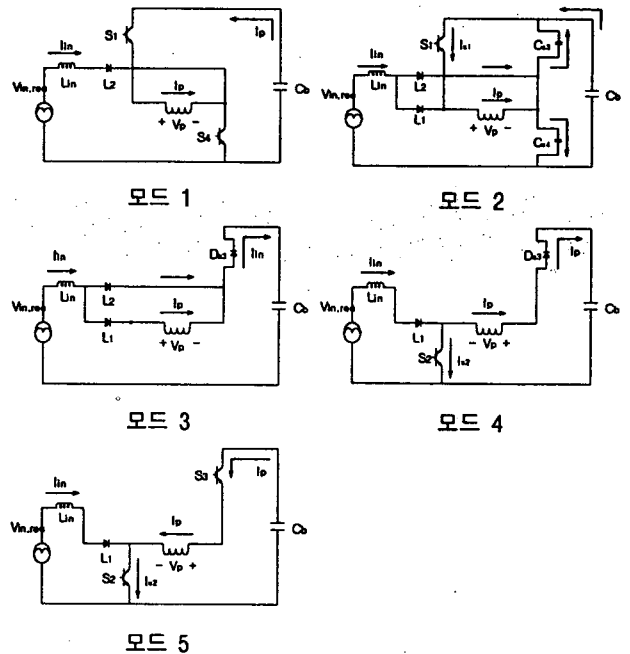


그림 3 입력단 풀브리지컨버터의 동작모드  
Fig. 3 The operation mode of full-bridge converter in the input

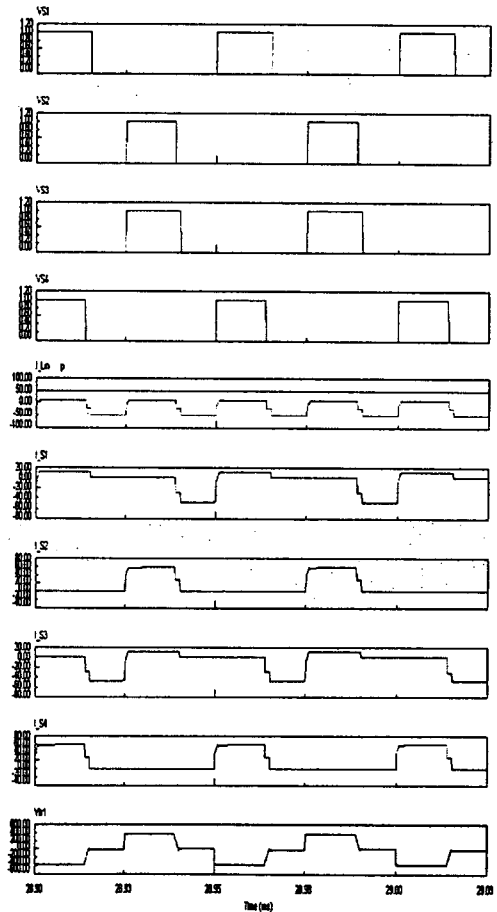


그림 4 동작모드분석을 위한 파형  
Fig. 4 The waveforms for operation mode analysis

제안한 AC무접점 에너지전달시스템의 2차측은 역병렬다이오드와 병렬커패시터를 포함한 4개의 단방향스위치로 구성되어 있으며 SPWM스위칭을 통해 부하에 AC전력을 공급하게 된다. 2차측의 유기전압이 +극성일 경우 2차측의 위단에 흐르는 전류는 증가하게 되고 반대로 아랫단에 흐르는 전류는 감소하게 된다. -극성일 경우 이와 반대로 전류가 흐르며 1차측의 고주파스위칭에 의해 무접점변압기의 1차측에 인가된 준구형파의 전압은 다시 2차측의 SPWM스위칭에 의해 부하에 60Hz성분의 전류를 공급하게 된다.

### 2.3 무접점 AC에너지전달시스템의 효율향상

무접점변압기 2차측의 각 스위치에 SPWM을 적용시켜 부하에 60Hz의 AC전력을 전달하는데 2차측의 누설인덕턴스로 인한 효율저하가 발생된다. 이러한 누설인덕턴스로 인한 영향이 그림 6과 같이 출력전압저하와 함께 효율이 감소되는 것을 확인할 수 있다. 그러나 누설인덕턴스가 30uH되는 지점에서 출력전압상승이 나타남을 볼 수 있으며 이 지점이 2차측의 공진주파수가 1차측의 스위칭주파수와 동일한 지점임을 알 수 있다. 따라서 제안한 무접점 AC에너지전달을 위한 토폴로지의 효율향상을 위해서는 피할수 없는 일정한 크기의 누설인덕턴스를 측정하여 2차측의 스너버용커패시터의 값을 선정할 필요가 있고 이는 기존의 직렬공진을 이용한 효율향상에 관한 연구와 일치함을 알 수 있다[3].

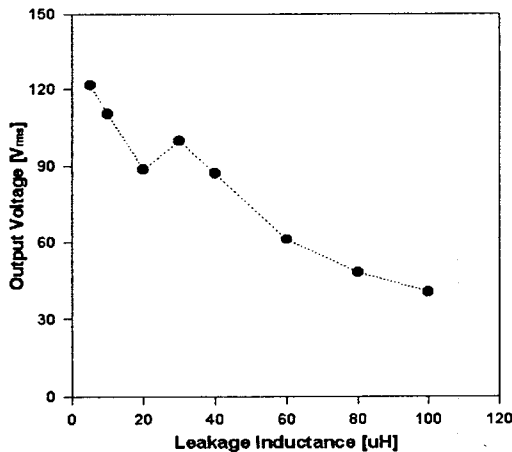


그림 5 2차측의 누설인덕턴스에 따른 출력전압  
Fig. 5 The output voltage dependent on leakage inductance of 2nd side

다음으로 무접점변압기의 입력단이 기존의 풀브리지컨버터로 구성되어 듀티제어를 통해 에너지를 전달할 경우(그림 6), 부하가 커져 듀티비가 커질 경우(0.375→0.431) 입력단의 역률저하(0.974→0.947)

가 발생됨을 시뮬레이션을 통해 확인할 수 있었다 (그림 7). 표 1에 시뮬레이션시 설정한 주요파라미터값을 나타내었다.

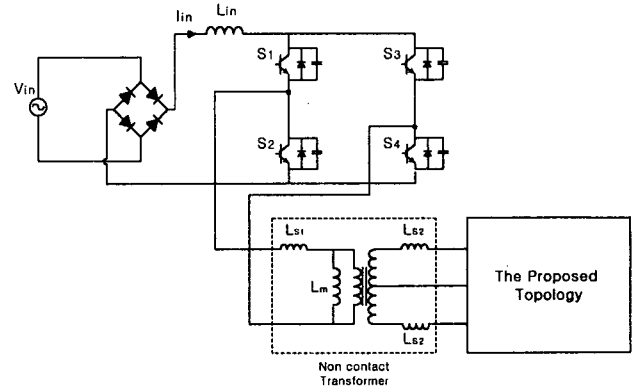


그림 6 기존의 풀브리지컨버터로 구성된 무접점에너지 전달 시스템

Fig. 6 The noncontact energy transfer system consisting of conventional full-bridge converter

표 1 시뮬레이션을 위한 설계사양 및 설계값  
Table 1 The specification and value of design for simulation

파라미터	단위	시뮬레이션값
입력피크전압	[ $V_{in}$ ]	156 V
입력인덕턴스	[ $L_{in}$ ]	2 mH
1차측 주파수	[ $f_{s1}$ ]	20 KHz
2차측 SPWM 주파수	[ $f_{s2}$ ]	5 KHz
출력측 필터용 인덕턴스 [ $L_r$ ]		253 uH
2차측 스너버용커패시터 [ $C_r$ ]		2 uF
출력측 필터용 커패시터 [ $C_f$ ]		100 uF
부하저항		10-20 Ohm

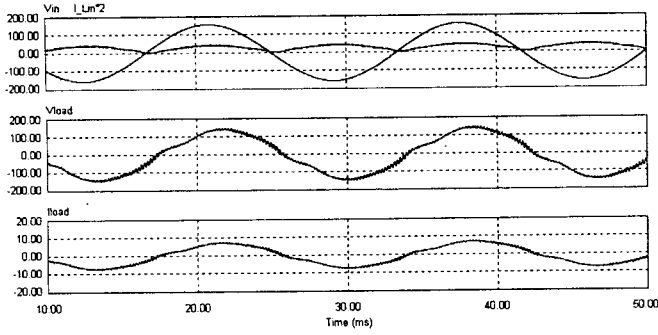
이러한 듀티비제어시 입력역률향상을 위해 PFC기능을 갖는 PWM풀브리지컨버터를 적용하여 앞에서 수행한 동일한 조건으로 시뮬레이션을 수행하였다. 마찬가지로 부하의 증가로 인한 일정한 출력전압을 유지하도록 듀티비가 증가되었을 경우(0.139→0.153) 입력단 역률의 증가(0.944→0.9664)로 전체 효율이 향상되는 것을 확인할 수 있었으며 또한 부하변동에 따른 제어되어야 될 듀티비변동이 기존의 풀브리지컨버터에 비해 작은 폭을 갖음을 알 수 있다. 이는 앞으로 수행하게 될 부하변동에 관계없이 일정한 에너지를 전달할 수 있는 무접점방식을 적용한 전원장치개발과 함께 무접점에너지전달시스템이 갖는 1차측과 2차측간의 신호전달의 어려움을 제거할 수 있는 가능성을 제시해준다는 점에서 큰 장점이 될 것으로 기대된다.

### 3. 결 론

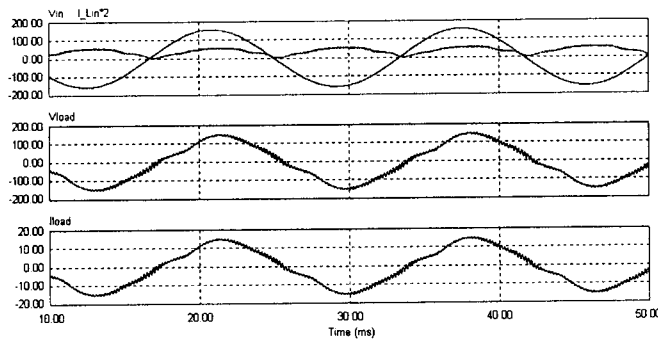
본 논문에서는 무접점방식을 이용한 AC에너지전달시스템을 제안하였고 이의 동작원리에 대해 기술하였다. AC전원에서 무접점변압기 1차측에 에너지전달의 효율을 높이기 위한 방안으로 PFC기능을 수행할 수 있는 풀브리지컨버터를 적용하였고 2차측에는 직렬공진을 이용하였다. 이를 시뮬레이션을 통해 확인하였으며 PFC기능을 수행할 수 있는 풀브리지 컨버터적용에 따른 추가적인 장점에 대해 조사하였다. 앞으로 넓은 범위의 입력전압과 부하변동에 따른 시뮬레이션과 실험을 통해 PFC기능을 갖는 무접점 풀브리지컨버터의 유용성과 이에 따른 효율향상에 대한 연구를 계속 진행하고자 한다.

### 참 고 문 헌

- [1] Chang G. Kim and Bo H. Cho, "Transcutaneous energy transmission with double tuned duty cycle control", *IECEC96*, vol. 1, pp. 587~591, 1996.
- [2] Yungtaek Jang, Jovanovic, M. M., "A contactless electrical energy transmission system for portable-telephone battery chargers", *INTELEC*, pp. 726~732, 2000.
- [3] Ali Ghahary and Bo H. Cho, "Design of a Transcutaneous Energy Transmission System Using a Series Resonant Converter", *IEEE Trans. on Power Electronics*, Vol. 7, No. 2, April 1992.
- [4] Mei Qiu, Gerry Moschopoulos, Humberto Pinheiro, Praveen Jain, "A PWM Full-bridge converter with natural input power factor correction", *Power Electronics Specialists Conference, 1998. PESC 98 Record. 29th Annual IEEE*, Vol. 2, pp. 1605~1611, 1998.
- [5] Chang G. Kim, Dong H. Seo, Jung S. You, Jong H. Park and Bo H. Cho, "Design of a contactless battery charger for cellular phone", *APEC 2000*, vol. 2, pp. 769~773, 2000.
- [6] Hideaki Abe, Hiroshi Sakamoto and Koosuke Harada, "A Noncontact Charger Using a Resonant Converter with Parallel Capacitor of the Secondary Coil", *IEEE Trans. on Industry applications*, Vol. 36, No. 2, March/April 2000.
- [7] Mei Qiu, Moschopoulos, G., Pinheiro, H., Jain, P., "A PWM full-bridge converter with natural input power factor correction", *Power Electronics Specialists Conference, PESC 98 Record. 29th Annual IEEE*, vol. 2, pp. 1605~1611, 1998.
- [8] Benqassmi, H., Crebier, J.-C., Ferrieux, J.-P., "Comparison between current-driven resonant converters used for single-stage isolated power-factor correction", *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, vol. 47, No. 3, pp. 518~524, June 2000.

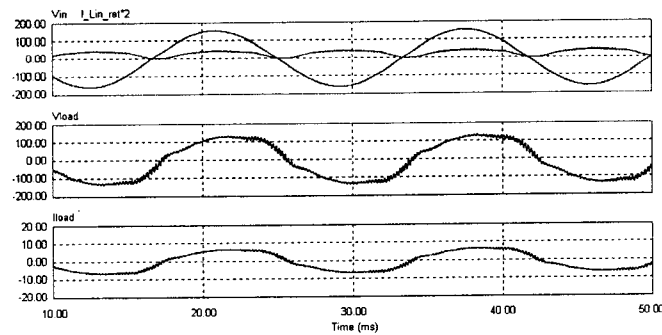


(a) Rload = 20 Ohm

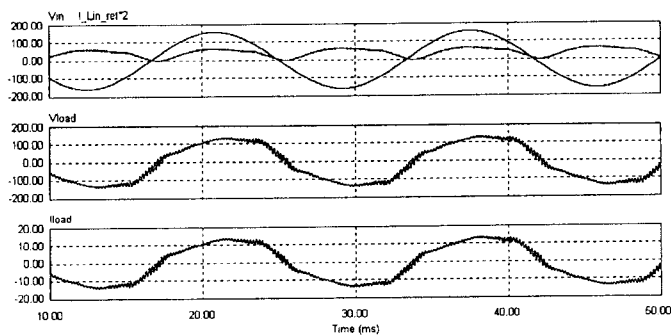


(b) Rload = 10 Ohm

그림 7 기존의 풀브리지컨버터 적용시 입출력파형  
Fig. 7 The waveforms of input and output applying the conventional full-bridge converter



(a) Rload = 20 Ohm



(b) Rload = 10 Ohm

그림 8 PFC기능을 갖는 PWM 풀브리지컨버터 적용시 입출력파형  
Fig. 8 The waveforms of input and output applying PWM full-bridge converter with PFC function