

# 전기자동차 전후면 유리를 이용한 커패시티브 커플링 LLC 무선전력 전송 컨버터

유영수\*, 이강현\*\*

대구대학교 전자공학과\*, 대구대학교 전자전기공학부\*\*

## Capacitive Coupling LLC wireless Power Transfer Converter with front and back glasses of electric vehicle

Young Soo You and Kang Hyun Yi  
Daegu University

### ABSTRACT

일반적으로 자기장을 이용하는 무선전력 전송 방식은 노이즈, 금속 영향성, 발열, 위치에 따른 에너지 효율이 달라지는 문제점을 가지고 있다. 본 연구에서는 전기장을 이용하여 자동차 전, 후면에 있는 유리를 통해 전기자동차를 무선으로 충전하는 컨버터를 제안한다. 송, 수신부 회로는 유리를 유전체로 만들어진 작은 커패시터와 Quality-factor(Q-factor)를 보상하기 위해 두 개의 변압기를 이용한 임피던스 변환과 스위칭 손실을 최소화 하기 위한 LLC직렬공진 동작을 사용하였다. 그 결과 제안하는 컨버터는 대용량 전력전송과 소프트 스위칭을 통한 높은 효율을 얻을 수 있었다. 제안하는 회로의 동작과 특성을 검증하기 위하여 유리를 이용한 커패시터를 구성하고 1.2KW 송, 수신 회로를 설계 및 제작하여 검증 하였다.

### 1. 서론

전기자동차 무선 충전기술은 대부분 송신부 코일과 수신부 코일간의 자기장을 이용한 자기 유도 방식을 사용하고 있다. 자기장을 이용한 인덕티브 방식의 경우 원거리 충전이 가능하다는 장점을 가지고 있지만 노이즈, 금속 영향성, 발열, 위치에 따른 에너지 효율이 달라지는 단점을 가지고 있다<sup>[1]-[4]</sup>

본 논문에서는 전기자동차 충전을 위한 커패시티브 커플링 무선전력 전송 방식을 사용하였다. 제안하는 컨버터는 높은 입출력 이득과 효율을 가지는 LLC 직렬공진 토폴로지를 기본으로 사용하였다. 또한 균일한 전력전달과 높은 커플링 커패시턴스를 얻기 위하여 유전율이 높고 접촉 면적이 큰 자동차 전, 후면 유리를 이용해 커플링 커패시터를 구성하였다. 하지만 유리로 구성된 커플링 커패시턴스의 크기는 대전력 전송에 어려움이 있다. 따라서 두 개의 변압기를 이용한 임피던스 변환을 통해 커패시터를 크게 보이게 하여 대용량 전력 전송을 가능하게 하였다. 제안한 컨버터는 유리를 이용하여 커플링 커패시터를 제작하였으며 1.2KW 송, 수신 회로를 설계 및 제작하여 동작 및 특성을 확인 하였다.

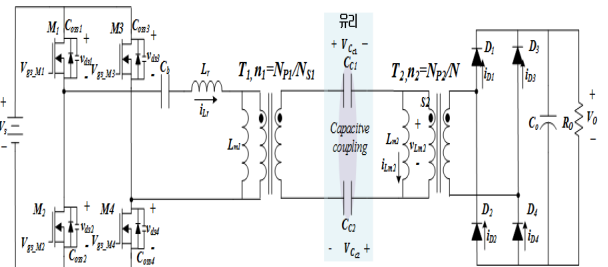


Fig.1 Proposed capacitive coupling LLC converter

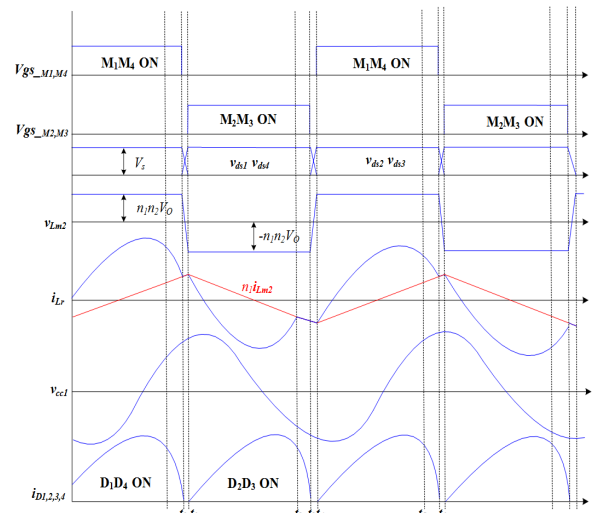


Fig.2 Key waveform of the proposed converter

### 2. 제안한 커패시티브 커플링 LLC 무선전력 전송 컨버터

제안하는 전기자동차 전, 후면 유리를 이용한 LLC무선전력전송 컨버터는 그림 1과 같다. 제안하는 컨버터는 유리를 유전체로 한 커플링 커패시터와 두 개의 변압기로 구성되어 있다.

Table.1 Experimental Specification

입력전압	400V	커플링 커패시턴스	8nF,8nF
출력전력	1.2KW	공진 인덕터	135uH
1차측 자화인덕턴스	4000uH	동작 주파수	98k
2차측 자화인덕턴스	1350uH		

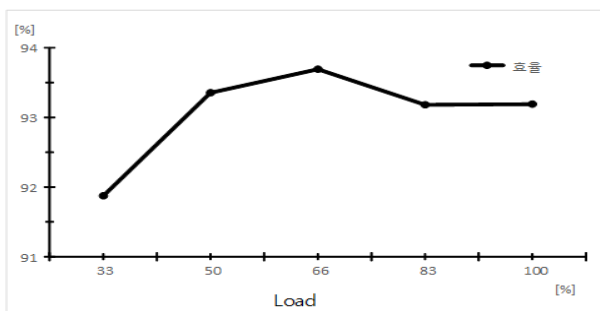


Fig.4 Efficiency

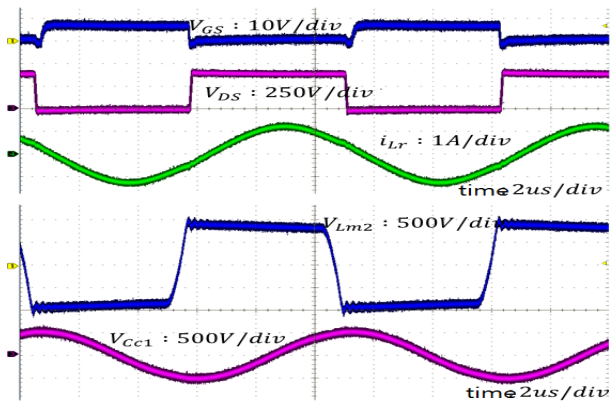


Fig.3 Experimental waveform

진, 후면에 있는 유리는 상대적으로 유전율이 높고 면적이 넓어 큰 커패시턴스를 얻을 수 있지만 대용량 전력을 전송하는데 어려움이 있다. 따라서 본 논문에서는 송신 측과 수신 측 두 개의 변압기 턴 비를 이용한 임피던스 변환을 통해 이를 해결하였다. 송신 측 승압변압기는 대전력 전송을 위한 커플링 커패시터를 크게 보이게 하였으며 수신 측 강압 변압기는 송신 측 변압기에 의해 높아진 양호도를 보상하기 위해 사용하였다. 그림 2. 는 제안하는 컨버터 동작 파형을 나타내었다. 제안한 컨버터는 기존의 LLC 직렬공진 컨버터 동작과 유사함을 볼 수 있다.

### 3. 실험결과

제안된 컨버터의 동작을 확인하기 위한 실험에 사용한 파라미터 값은 표1에 제시되어 있다. 그림 3은 풀 부하 시 게이트 - 소스 전압, 드레인 - 소스 전압, 1차측 공진 인덕터 전류, 수신 측 변압기 전압, 커플링 커패시터의 전압의 실험 결과 파형이다. 부하 변화에 따른 효율은 그림 4에 나타나 있으며 그 결과 모든 측정구간에서 90% 이상의 효율과 최대 부하 시 93% 이상의 효율을 확인 할 수 있다. 이론적 분석에서 예상하였듯이 플브릿지 LLC 직렬 공진형 컨버터와 유사하게 동작하며 유리를 이용하여 대전력을 전달할 수 있음을 확인하였다.

### 4. 결론

본 논문에서는 전기자동차 전후면 유리를 이용한 커패시티브 커플링 LLC 무선전력전송 컨버터를 제안하였다. 제안한 컨버터는 인덕티브 방식과 다르게 추가적인 송, 수신 부품 없이 자동차 전후면 유리에 전극을 형성하여 전력을 전달하는 방식이기 때문에 비용절감의 효과를 가질 수 있다. 하지만 물리적으로 생성된 커패시터의 경우 커패시턴스가 작아 대용량 전력을 전달하는데 어려움을 가진다. 따라서 변압기 턴 비를 이용한 임피던스 변환 기법을 이용하여 보상하였다. 본 연구는 1.2KW 시스템을 구성하여 동작 및 특성을 검증 하였다. 그 결과 제안한 시스템은 대용량 전력전송이 가능하고 높은 효율로 전기자동차 무선 충전 시스템으로 사용 가능성이 예측된다.

### 참고 문헌

[1] Kim, J., & Bien, F. (2013, April). Electric field coupling

technique of wireless power transfer for electric vehicles. In TENCON Spring Conference, 2013 IEEE (pp. 267–271). IEEE.

[2] Liu, C., Hu, A. P., & Budhia, M. (2010, November). A generalized coupling model for capacitive power transfer systems. In IECON 2010–36th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society (pp. 274–279). IEEE.

[3] Dai, J., & Ludois, D. C. (2015, March). Wireless electric vehicle charging via capacitive power transfer through a conformal bumper. In Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), 2015 IEEE (pp. 3307–3313). IEEE.

[4] Theodoridis, M. P. (2012). Effective capacitive power transfer. Power Electronics, IEEE Transactions on, 27(12), 4906–4913.

이 논문은 2015년 한국연구재단 신진연구지원사업에 의해 지원 되었음. (과제번호: NRF-2015R1C1A1A02036689)