

무선 충전을 위한 전력 변환 회로 특성에 관한 연구

나 승 권*, 정 연 만°

한국폴리텍대학원주캠퍼스, 강릉원주대학교

E-Mail: skna2@hanmail.net, ymjeong@gwnu.ac.kr

A Study on the Characteristics of Power Conversion Circuit for Wireless Charging

Seung-Kwon Na*, Yeon-Man Jeong°

Korea Polytechnic College Wonju Campus, Gangneung-Wonju National Univ.

요 약

본 논문은 무선 전력전송기에서 두 유도 코일 사이의 무선 전력전송 특성과 영향에 대해 분석하고, 무선 전력전송 기술을 이용한 전력변환기 회로와 배터리 충·방전기 회로를 제안한다. 비 접촉 방식의 무선 전력전송기의 전력을 전송 할 수 있는 송신부 1차측 코일과 수신부 2차측 코일 및 하프브리지(Half bridge) 직렬공진 컨버터를 적용하여 전력 전송거리 향상에 대한 새로운 토폴로지를 검증하였다.

Key Words : Half Bridge, FET, IGBT, LLC

I. 서 론

2011년 일본 원자력 발전소 사고를 비롯해 에너지에 대한 요구에서 친 환경적인 요소의 중요성은 날이 갈수록 커지고 있다. 쉬운 설치와 적은 유지비용으로 환경을 파괴하지 않고 에너지를 생산하는 것은 인간이 궁극적으로 추구하는 미래 에너지의 조건이다[1]-[2]. 그리고 현재 휴대폰을 비롯한 배터리를 사용하는 대부분의 휴대용 기기는 신호처리를 블루투스, 무선 랜 등 무선 통신기기로 구현하고 있는 추세이지만, 전력공급에 있어서만 접촉단자를 통한 유선 방식을 사용할 수밖에 없는 실정이다. 이는 휴대용 기기의 디자인이나, 방수처리, 내구성 등에 치명적인 제한 요소가 작용하므로 무접점 전원 공급에 의한 배터리 충전을 필요로 하는 시장의 요구가 증가하고 있다.

본 논문에서는 비 접촉 방식의 무선 전력전송기의 전력을 전송 할 수 있도록 송신부 인 1차측 코일과 수신부인 2차측 코일에 하프브리지(Half Bridge) 직렬공진 컨버터를 적용한다. 이를 통하여 무선충전시스템의 전력전송거리 향상[3]-[5]을 위한 새로운 토폴로지를 검증하고자 한다.

II. 본 론

무선전력전송을 이용한 전기자동차용 충전기는 계통에서 배터리로 에너지를 전달하는 단방향성을 주로 사용하고 있으며 전송 거리에 따른 큰 전력을 전송하는데 어려움이 있다. 따라서 여러 개의 회로를 검토 후, 직·병렬 공진형 컨버터의 토폴로지 및 제어방식을 이용하였다.

그림 1은 직·병렬 공진형 컨버터와 부스트 컨버터 구성 회로도를 나타낸 것이다. 직·병렬 공진회로의 공진탱크는 직렬과 병렬 공진회로의 공진탱크의 조합으로 고려되어지며, 직렬 공진 탱크 L_r 과 C_s 이 부하와 직렬로 연결되어 순환전력은 병렬 공진회로보다 작으며 병렬로 연결된 공진 커패시터 C_p 로 인해 무부하 조건에서도 출력전압 제어가 용이한 장점이 있다.

충전기는 기본적으로 풀 브리지 형태의 공진회로이며 두개의 전력단으로 구성된다. 구조는 스위치의 전류 스트레스가 매우 크므로 반도체 스위치는 FET(Field Effect Transistor)를 사용하지 않고

IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)를 사용하였으며 IGBT는 스위칭 손실이 커서 고속 스위칭을 할 수 없기 때문에 스위칭 주파수는 20kHz의 고정주파수를 사용하였다.

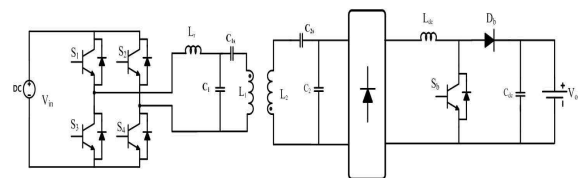


그림 1. 직·병렬 공진형 컨버터와 부스트 컨버터 구성 회로도

그림 2는 무선전력 전송 송신부 회로도를 나타낸 것이다. 송신부 측 회로에서는 태양 전지 모듈을 통해 생산된 전기에너지를 공진형 컨버터를 통해 전력 변환을 해서 전송한다.

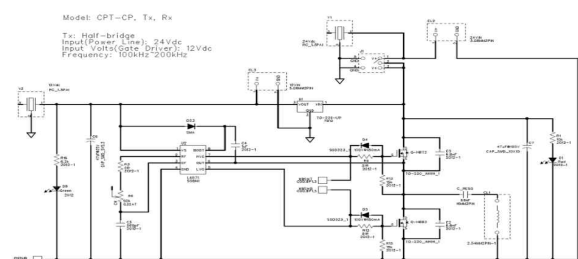


그림 2. 무선 전력 전송 송신부 회로도

그림 3은 무선 전력 전송의 수신부 회로도이며 왼쪽에 있는 수신부 코일을 통해서 변환된 전력이 들어와 배터리를 충전하는데 사용하도록 설계 하였다.

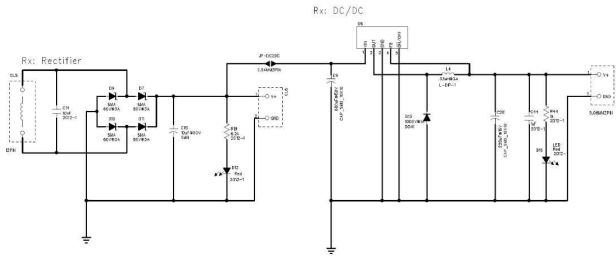


그림 3. 무선 전력 전송 수신부 회로도

III. 실험 결과 및 고찰

1단 구조의 주파수 가변형 LLC 공진형을 적용한 3kW급 무선전력전송 중 · 방전기의 프로토타입을 제작하여 실험을 진행하였다. 무선전력전송을 위한 이격거리는 8cm이며 최대효율은 풀 부하 시 95.8%로 측정되었다. 이는 역방향도 동일하다. 스위칭 주파수는 풀 부하 출력 시 57kHz이며 약 1A의 충전전류 증가 시 주파수가 변은 1kHz정도 낮아진다.

그림 4는 충전전류 3A, 4A일 경우 공진캐패시터의 전압을 측정한 파형으로, 수신단의 스위치의 게이트는 동작 안하는 것을 확인할 수 있다.

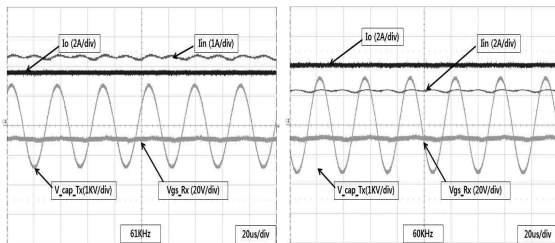


그림 4. 충전전류 3A, 4A 시 Tx공진캡전압, 입력전류, 충전전류, Rx게이트 전압(전송거리 8cm)

그림 5는 충전전류 6A, 7A시 공진캐패시터의 전압과 게이트 전압과 입력전류와 출력 전류를 측정한 파형으로 충전전류 6A, 7A 지령시의 주요파형이다. 6A 충전전류 시 스위칭 주파수는 58kHz, Tx공진 캐패시터의 전압은 2000V이며 충전전류 7A일 경우 스위칭주파수는 57kHz이며 Tx공진 캐패시터의 전압은 2100V정도 나타난다.

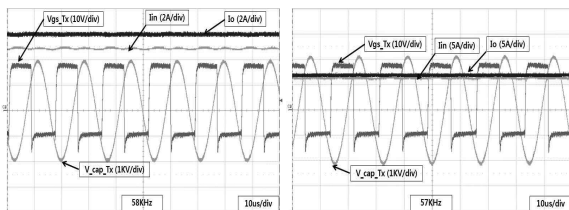


그림 5. 충전전류 6A, 7A시 Tx공진캡전압, Tx게이트전압, 입력전류, 출력전류(전송거리 8cm)

그림 6은 풀 부하 시 Tx게이트전압, Tx공진전류, Rx공진전류 파형이다. 충전전류 6A, 7A 지령시의 주요파형이다. 6A 충전전류 시 스위칭 주파수는 58kHz, Tx공진 캐패시터의 전압은 2000V이며 충전전류 7A일 경우 스위칭주파수는 57kHz이며 Tx공진 캐패시터의 전압은 2100V정도 나타난다.

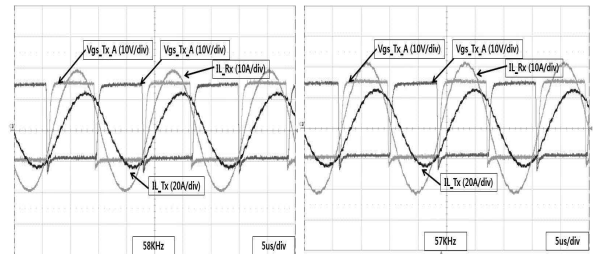


그림 6. 충전전류 6A, 7A시 Tx게이트전압, Tx공진전류, Rx공진전류(전송거리 8cm)

IV 결 론

본 논문에서는 제안된 구조의 토폴로지를 적용한 무선전력전송 중 · 방전기의 프로토타입을 제작하여 실험을 진행하였다. 입력 및 출력전압은 400Vdc이며 최대 효율은 각 거리에 따라 최대 부하 6.6kW에서 측정되었으며 최대효율은 95.7%(12cm전송거리), 93.4%(16cm전송거리) 88.5%(20cm전송거리)로 측정되었다. 향후에는 무선전력용 인덕턴스의 도통 손실을 줄이는 방안에 대해 연구를 진행하고자 한다.

References

- [1] Yoichi Hori, Novel EV Society based on Motor/ Capacitor/ Wireless -Application of Electric Motor, Supercapacitors, and Wireless Power Transfer to Enhance Operation of Future Vehicles-, GCOE International Symposium on Secure-Life Electronics, Tokyo, 2012.
- [2] Thuc Phi Duong; Jong-Wook Lee; , "Experimental Results of High-Efficiency Resonant Coupling Wireless Power Transfer Using a Variable Coupling Method," Microwave and Wireless Components Letters, IEEE , vol.21, no.8, pp.442-444, Aug. 2011
- [3] Y. Xue, L. Chang, S. B. Kjær, J. Bordonau, and T. Shimizu, "Topologies of single-phase inverters for small distributed power generators: An overview," IEEE Trans. Power Electron., vol. 19, no. 5, pp. 1305 - 1314, Sep. 2004.
- [4] R. B. Godoy, H. Z. Maia, F. Jacques, T. Filho, L. Galotto, J. Onofre, P. Pinto, and G. S. Tatibana, "Design and implementation of a utility interactive converter for small distributed generation," in Proc. IEEE Ind. Appl. Conf., 2006, pp. 1032 - 1038.
- [5] M. N. Marwali and A. Keyhani, "Control of distributed generation systems-Part I: Voltages and currents control," IEEE Trans. Power Electron., vol. 19, no. 6, pp. 1541 - 1550, Nov. 2004.