

자기공진 방식의 4kW급 무선전력전송 시스템

최영국, 곽봉우*, 김명복*
한국생산기술연구원

4kW Magnetic Resonance Wireless Power transfer System

Young-kuk Choi, Bong-woo Kwak*, Myung-bok Kim*
Korea Institute of Industrial Technology

ABSTRACT

본 논문은 전기자동차의 무선충전에 적용 가능한 자기유도방식의 4kW급 무선전력전송 시스템의 설계 및 실험결과를 제시한다. 전기자동차 충전에 적용이 용이한 사각형태의 코일 구조를 선택하고 현재 출시 되고 있는 전기자동차에 적용이 용이하도록 코일의 크기를 가로 50cm, 세로 50cm로 제한하였고 동작 주파수 범위는 전기차용 무선충전 국제표준화 동향을 바탕으로 81.38kHz~90kHz로 선정하였다.

1. 서 론

최근, 대기오염 및 지구 온난화 등으로 각국의 규제강화가 점점 강화되고 있고 자동차 시장 또한 이러한 규제강화로 인하여 전기자동차에 대한 관심이 급격히 증가하고 있다.

현재 전기자동차의 충전방식의 대부분을 차지하고 있는 플러그인 방식은 안전성에 대한 문제점 및 사용자 편의성이 떨어진다는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완 할 대안으로 무선전력전송 충전방식이 주목 받고 있다.

본 논문에서는 자동차의 높이와 지상에 설치된 코일 구조물의 높이를 고려하여 이격거리를 15cm내외로 선정하고 코일의 형태는 자동차의 하부공간에 배치 가능하도록 사각무프코일 형태로 제작하였으며 미국 자동차 공학회 등을 중심으로 표준규격으로 정의된 동작주파수 81.38kHz~90kHz 범위에서 동작하는 4kW급 무선전력전송회로를 설계하고 이에 대한 실험결과를 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 전기자동차 충전용 무선전력전송 시스템

전기자동차의 무선충전 원리는 그림 1과 같이 계통으로부터 입력되는 AC 전력을 컨버터에서 사용가능한 DC전력으로 변화해 주고 변환된 DC전력을 이용하여 무선전력전송에 적합한 AC로 변환한다. 변환된 AC 전력은 바다 또는 지상에 설치된 송신코일에 전달되고 자동차 하부에 설치된 수신코일과의 자기공진 현상을 이용하여 전력을 무선으로 전송하고 정류 회로 및 에너지 관리시스템을 통해 배터리를 충전하게 된다.

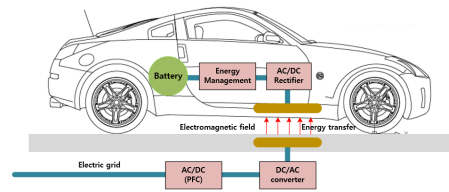


그림 1 전기자동차 무선전력전송 배터리충전 시스템
Fig. 1 Wireless power transfer battery charging system for electric vehicle

2.2 시스템 구성

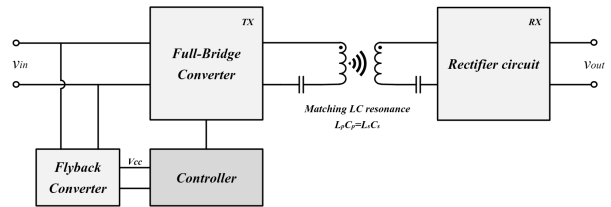


그림 2 시스템 구성
Fig. 2 System configuration

본 논문에서는 적용한 시스템은 그림 2와 같이 풀브리지(Full-bridge) 컨버터, 컨트롤러, 플라이백 컨버터 및 정류회로로 구성하였다. LLC 공진을 이용하였고 주파수는 85kHz로 설정하였다.

2.3 회로설계

전기차 충전을 위한 무선전력전송회로는 그림3과 같은 자기공진형 토폴로지가 적합한 것으로 알려져 있다.

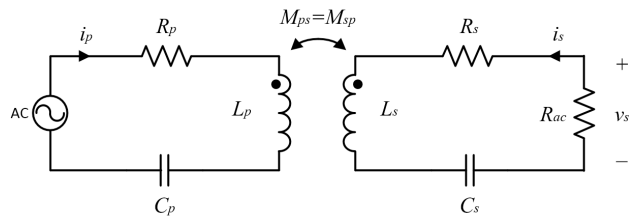


그림 3 무선전력전송 회로
Fig. 3 Wireless Power Transfer circuit

코일 상호간 결합계수 k_{ps} 를 고려한 동작주파수 f_o 는 식(4)

와 같이 정의 된다.

$$f_o = \frac{1}{2\pi \sqrt{(1-k_{ps})L_p C_p}} \quad (4)$$

표 1 실험조건

Table 1 Experimental condition

입력전압	DC 400V
출력전압	DC 400V
출력용량	4kW, 10A
동작주파수	81.38kHz ~ 90kHz

2.4 시스템 설계 결과

사각루프코일을 적용하여 설계하였고 코일 간 간격은 15cm로 하였다. 실험용 Coil former의 크기는 그림 4와 같이 자동차하부에 설치하였을 때 적용이 용이하도록 가로 50cm, 세로 50cm 크기로 설계하였다.

자계 결합도 향상을 위하여 페라이트바를 적용하였고 8개의 고정용 홈을 균등하게 배치 하였다. 송 수신 코일의 간격유지를 위해 고정용 봉을 설계하여 적용하였다.

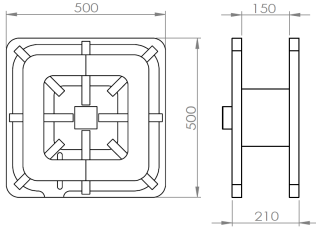


그림 4 실험용 코일 포머

Fig. 4 Experimental coil former

실험조건과 시스템사양을 바탕으로 하여 각 파라미터를 설계 다면 표 2와 같다.

표 2 설계 결과

Table 2 Design result

L_p	198uH	M_{ps}	41.5uH
L_s	198uH	k_{ps}	0.21
C_p	22nF	N_p	15T
C_s	22nF	N_s	15T

2.5 실험

전원공급기에서 공급된 전력을 설계된 무선전력전송 시스템을 통과하여 출력단의 전자부하로 전력이 공급 될 수 있도록 시스템을 구성하였다.

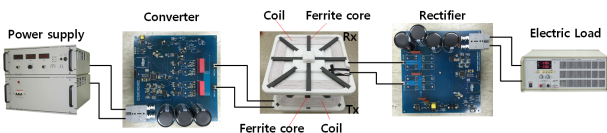


그림 5 무선전력전송 회로

Fig. 5 Wireless Power Transfer circuit

실험에 앞서 코일의 자속을 확인하기 위해 그림 6과 같이 시뮬레이션을 진행하였고 이격거리 15cm 조건에서 4kW 전송시 게이트파형 및 전류파형은 그림 7, 8과 같다.

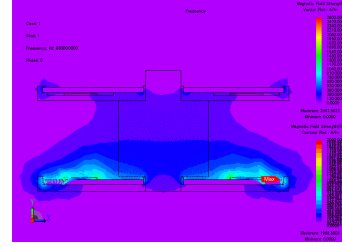


그림 6 자속 분포 시뮬레이션

Fig. 6 Simulation for Magnetic flux distribution

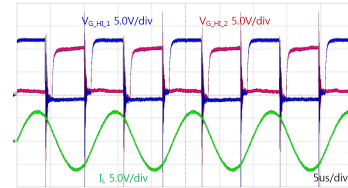


그림 7 게이트전압 및 급전단 코일 전류파형

Fig. 7 Gate voltage and Transmitter coil current waveform

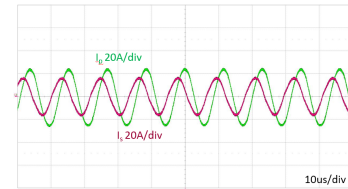


그림 8 급전단과 수신단의 전류파형

Fig. 8 Transmitter and receiver current waveform

3. 결론

자기유도 방식의 4kW급 무선전력전송회로의 설계 및 실험 결과를 제시하였다. 제작된 무선전력전송회로에 대한 실험 결과, 이격거리 15cm 조건에서 4kW 전력전송 시 약 90%의 효율을 달성하였고 전기자동차 배터리 충전용 무선전력전송 시스템 적용에 대한 가능성을 확인하였다.

이 논문은 한국생산기술연구원의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참고 문헌

[1] Sangcheol Moon, Bong-Chul Kim, Shin-Young Cho, Chi-Hyung Ahn, and Gun-Woo Moon, "Analysis and Design of a Wireless Power Transfer System an Intermediate Coil for High Efficiency", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 61, No. 61, No. 11, pp. 5861-5870, 2014, Nov
 [2] 이승환, 김현민, 김희제, 김수원, "자기유도방식과 LC공진을 이용한 무선전력전송기기", 전기학회논문지 62(3), 349-354, 2013.3
 [3] 오광교, "자계결합도의 변동을 고려한 전기차 충전용 무선 전력전송회로 설계", 전력전자학술대회 논문집, 429-430, 2015