

다이폴형 코일을 사용한 5m 거리의 자기유도 무선전력전송 기술

박창병
카이스트

5m-off-long-distance inductive power transfer system using dipole coils

Park, Changbyung
KAIST

ABSTRACT

기존 자기공진형태에서 사용되는 루프 형태의 코일 대신에 코어를 사용한 다이폴 형태의 코일을 1차 측과 2차 측에 사용해 코일의 부피를 줄이면서도 먼 거리까지 자기장을 보낼 수 있는 자기유도방식의 무선 전력 시스템을 구성 하였다. 각 코일에 사용된 코어의 형상은 코어 내부에서 자기장이 균일하게 분포 될 수 있도록 최적화 되었으며 5m 거리에서 209W의 전력을 전달하고, 최대 16%의 효율을 달성 하였다.

1. 서 론

자기공진 형태의 무선전력 전송 방식은 2007년 MIT에서 개발한 방식으로 2m의 거리에서 60W의 전력을 전달하면서 45%의 효율을 달성하였다. 이 방식은 코일에서 발생하는 자기장의 세기를 크게 함으로써 전송 거리를 늘리는 방식으로 1차 측과 2차 측에 부피를 크게 차지하는 자기 공진 코일이 존재 한다. 높은 자기장을 발생시키기 위해서는 각 공진 코일에 흐르는 전류 또한 크게 흘러야 하므로 각 코일의 내부 저항은 매우 작아 져야하고, 각 코일의 Q factor가 매우 커지게 된다. 높은 Q 값은 각 코일이 전력 전송을 위해 동작할 때, 전송하고자 하는 전력의 Q 배 높은 무효전력이 각 공진 코일에 걸리는 것을 의미한다. 예를 들어 400W의 전력을 전달 하고자 할 때, Q 값이 2500이라면 대략 1MVA의 무효 전력을 자기 공진 코일에서 견딜 수 있어야 한다. 자기공진형태의 무선전력 전송방식이 높은 전력을 전달하는데 한계가 있음을 나타낸다. 또한 일반적으로 각 자기 공진 코일의 공진을 위한 공진 소자로 이와 같이 높은 내압을 가지는 수동소자를 찾기 어렵기 때문에 각 코일의 기생 캐패시턴스를 사용해 공진 주파수를 정하게 되는데

이와 같이 공진 주파수를 정하게 될 경우 기생 캐패시턴스의 값이 주변 온도와 습도와 같은 환경과 사람의 접근등에 대한 영향에 대해 지나치게 민감하게 된다. 이외에도 자기 공진 형태의 무선 전력 전송 방식은 높은 구동 주파수와 이에 대응하는 코일의 파워소스 등의 문제점을 가지고 있다. 본 논문에서는 다이폴 형태의 코일을 사용한 코일을 통해 자기유도 방식의 무선 전력 방식을 통해 5m의 세계 최대 무선 전력 전송거리를 가지는 무선전력 전송 시스템을 제안한다.

2. 코일설계

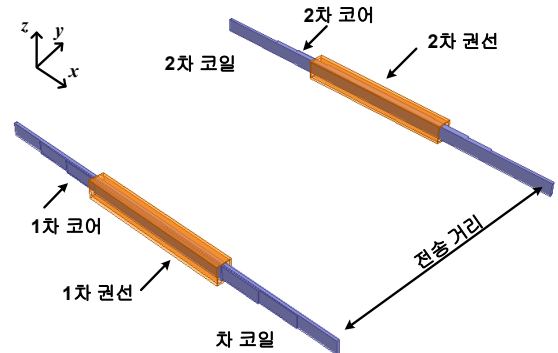


그림 1 제안된 자기유도 무선 전력 시스템의 구성

그림 1에 1차 코일과 2차 코일의 전체적인 구성도를 나타 내었다. 긴 막대형의 코어의 가운데에 헬리컬 코일 형태로 리츠 와이어로 권선이 이루어져 각 코일을 구성하도록 구성이 되어 있다. 1차 코일에 흐르는 전류가 자기장을 발생 시키고 발생된 자기장중 일부가 2차 코일의 코어로 전달되어 쇠교 자속을 형성하게 된다. 그림 2에 1차 코일과 2차 코일간의 자속선 시뮬레이션 결과를 나타 내었다.

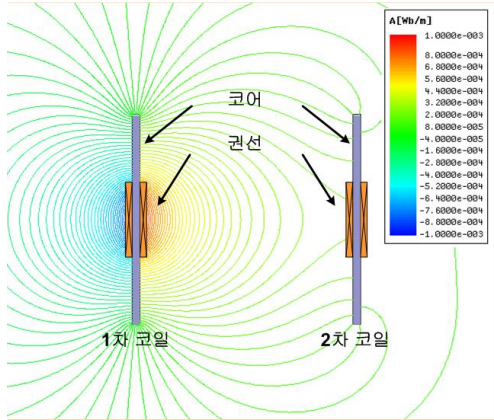


그림 2 제안된 코일의 자속선 분포 시뮬레이션 결과

1차 코일과 2차 코일의 코어를 구성 할 때, 코어를 균일하게 구성하면, 그림 3과 권선이 감긴 가운데 쪽의 자기장 세기는 큰 반면 바깥쪽으로 갈수록 자기장의 세기가 감소하게 된다. 시뮬레이션을 통해서 코어 내부의 자기장 세기를 최대한 균일하게 되도록 코어의 형상을 최적화 하면 계단 형태의 모양을 얻을 수 있고, 같은 양의 페라이트코어를 사용 했을 때, 균일 코어는 최대 자기장 세기가 46.7% 높은 결과를 얻을 수 있었다. 이와 같은 최적화를 통해 같은 양의 코어를 사용하더라도 코어 내부 최대 자기장의 세기를 줄여 줌으로써, 코어의 경제적인 사용과 더불어 코어에서 발생 하는 손실을 줄일 수 있다.

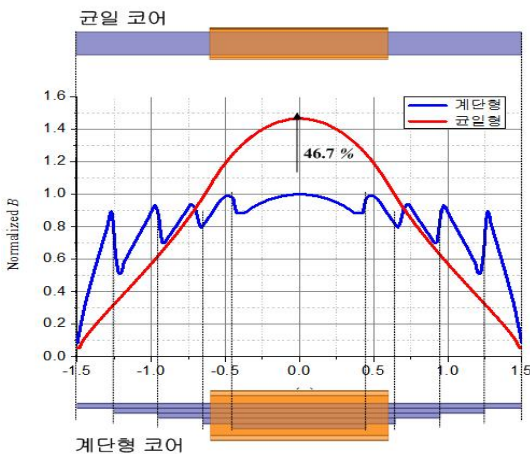


그림 3 같은 양의 코어를 사용 했을 때, 계단형 코어와 균일 코어의 코어 내부 자기장 세기 분포 비교

3. 구현 및 실험

그림 4와 같이 실험 세트를 구성하여 실험을 진행 하였다. 1차 코일 구동을 위해 풀브릿지 방식의 영전압 스위칭 인버터를 사용하였고, 2차 코일에 풀브릿지 정류기를 연결 후 뒷단에 저항을 달아 출력 전력을 측정 하였다. 그림 5는 동작 주파수를 20 kHz로 설정했을 때 각 전송 거리 별로 1차측 전류에 따른 출력 전력 측정 결과 이다. 5m 거리

에서 최대 209W의 전력 전송이 가능 했다. 그림 6은 동작 주파수를 20 kHz로 설정했을 때, 3m, 4m, 5m 거리에서 출력 전력에 대한 효율 측정 결과 이고 최대 16%의 전력 전송 효율이 측정 되었다.

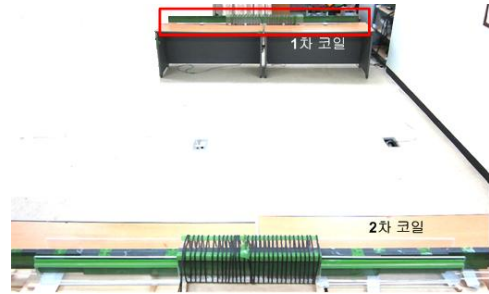


그림 4 5m 무선 전력 전송을 위한 실험 세트

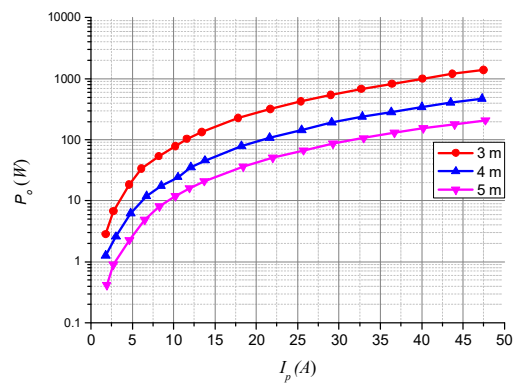


그림 5 각 전송 거리별 1차 측 전류에 따른 출력 전력

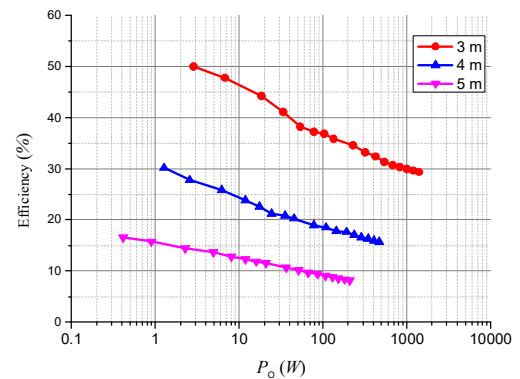


그림 6 각 전송 거리별 전달 파워에 따른 효율

3. 결 론

제안된 다이폴 형 코일을 통해 5m 거리에서 자기 유도형 전력 전송 시스템을 구현 하였고 측정 하였다.

참 고 문 헌

[1] M. Soljatic, "Wireless power transfer via strongly coupled magnetic resonances," *Science*, vol.317, no. 5834, pp.83-86, Jul. 2007.