

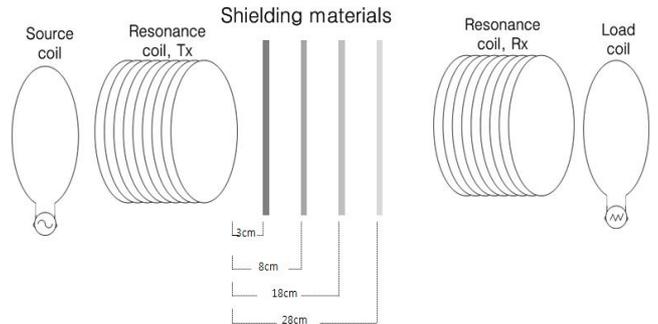
초전도 코일을 적용한 무선전력전송 시스템의 차폐재 배열에 따른 특성 분석

이유경*, 정병익, 정인성, 황선호, 최효상
조선대

Characteristic analysis of WPT system using the superconductor coil according to the shielding materials arrangement

Yu-Kyeong Lee, Byeong-Ik Jung, In-Sung Jeong, Seon-ho Hwang
Chosun University

Abstract - 본 논문에서는 초전도 공진 코일의 차폐 소재 위치에 따른 무선전력전송 특성을 분석하였다. 차폐 소재는 송신 코일로부터 3cm, 8cm, 18cm, 28cm 간격을 두었다. 차폐 소재로는 알루미늄과 플라스틱을 적용하였다. 그 다음 Network Analyzer를 이용하여 S-parameter(S₁₁)를 분석하였다. 그 결과, 알루미늄 차폐 소재를 5cm 간격을 두어 적용하였을 때 반사계수가 가장 높았다. 하지만 플라스틱 차폐소재에서는 어떤 위치에서도 비슷한 반사계수를 나타냄을 확인하였다.



<그림 1> 차폐재에 배열에 따른 무선전력전송 시스템 구조

250cm, 감은 턴 수는 1번, 두께는 0.1mm이다. 공진 코일의 직경은 300mm이며 8.5 턴을 감았다. 또한, 두께는 0.1mm 이다.

3. 실험 결과 및 분석

본 실험은 차폐재를 각각 3cm, 8cm, 18cm, 28cm로 이동하여 실험을 진행하였다. 그 다음 차폐재 배열별 반사계수를 분석하였다.

그림 2는 알루미늄 차폐재 배열에 따른 반사계수 이다. 그림 2(a)와 같이 송신 코일에서부터 간격이 5cm로 차폐재가 적용될 경우 S₁₁ -5.57dB 이다. 그림 2(b)는 송신 코일로부터 차폐재가 8cm 떨어져 있을 경우 S₁₁ -6.84dB를 나타내었다. 그림 2(c), (d)는 차폐 소재의 배열이 송신 코일에서부터 18cm, 28cm의 거리에 있을 때 반사계수이다. 각각의 반사계수는 S₁₁ -11.67dB, S₁₁ -11.76dB로 낮다.

1. 서 론

무선전력전송 기술은 모바일 전자기기 등의 충전시 전선으로부터 자유롭기 때문에 전자기기 사용에 편리하다. 최근 자기유도 방식을 이용한 무선 충전 기기가 상용화 되었다. 하지만 자기유도 방식은 송수신 코일 사이의 거리가 짧은 제약이 있다. 이러한 문제점을 개선할 수 있는 자기공진 방식은 특정 공진주파수에서 공진현상을 이용해 수 m 이내에 무선으로 전력을 전달하는 방식이다 [1]-[2]. 본 연구팀에서는 자기공진 방식에 초전도 코일을 적용하였다. 초전도 코일을 적용하였을 때 송·수신 코일의 배열, 코일 재질에 따른 무선전력전송 특성을 분석하여 상전도 코일에 비해 초전도 코일의 효율이 증가함을 확인하였다[3]-[4]. 하지만 무선전력전송 기술은 송·수신 코일의 주변 도체로 인해 노이즈가 발생한다, 이 때 발생한 노이즈는 모바일 전자기기 등에 장애를 일으킨다. 따라서 외부로부터의 노이즈에 견딜 수 있는 무선전력전송 시스템을 제작하는 것은 필수 요건 이다. 이러한 필수 요소를 충족하기 위해 차폐 소재 및 차폐 기술에 대한 연구가 필요하다. 본 논문에서는 3cm, 8cm, 18cm, 28cm 차폐 소재를 배열하였다. 차폐 소재는 알루미늄과 플라스틱으로 구성하였다. 그 다음 초전도 공진코일의 S-parameter(S₁₁)를 비교, 분석하고자 한다.

2. 본 론

2. 전자파 차폐 효율

차폐재에 전자파가 입사되었을 때 흡수, 반사, 투과, 수정 요소의 손실에 대한 총계를 차폐 효과라 한다. 차폐 효과는 식 (1)과 같다. R은 반사손실, A는 흡수손실, B는 다중반사손실이다. 여기서 손실은 차폐 측면에서의 효과이다.

$$Shielding\ Effectiveness = R + A + B \quad (1)$$

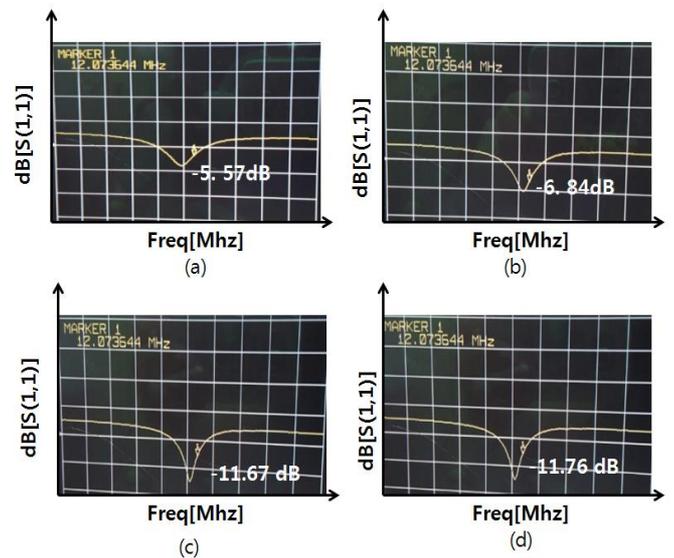
차폐효과 측정법은 송신 코일의 전력에 차폐재가 놓여 있을 경우(P₁)와 그렇지 않은 경우(P₂)에 수신되는 수신 코일의 전력 차를 측정하여 결정할 수 있다. 이 때 수신 전력 값의 비의 삼입 손실은 식 (2)와 같다. 차폐효과 효율은 입사되는 에너지(E₁)과 투과되는 에너지(E₂)의 값으로 식 (3)과 같이 표현한다[5].

$$IL = 10\log\left(\frac{P_2}{P_1}\right) \quad (2)$$

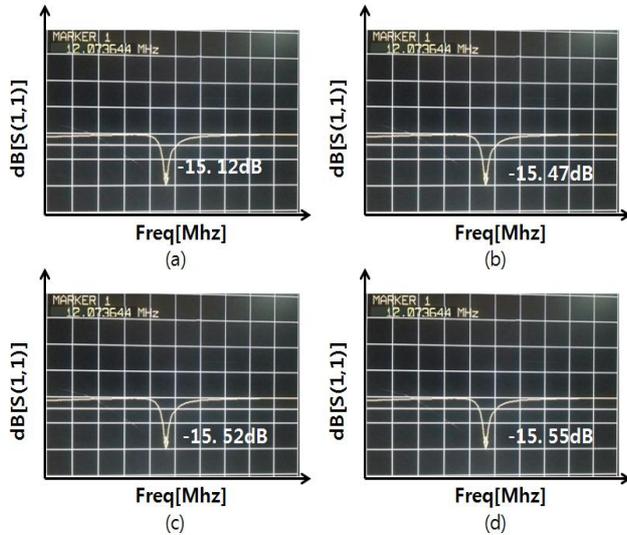
$$SE = 20\log\left[\frac{E_1}{E_2}\right] (dB) \quad (3)$$

3. 실험 설계 및 구성

차폐 소재로는 알루미늄과 플라스틱을 적용하였다. 차폐재는 가로 500mm, 세로 500mm, 두께 1mm로 구성하였다. 그림 1은 차폐 소재 배열에 따른 무선전력전송 시스템 구조이다. 그 다음 S-parameter (S₁₁)을 측정하였다. 초전도 무선전력전송 시스템의 실용성을 확보하기 위해 송신코일에 초전도 코일을 적용하였다. 소스 코일과 로드 코일의 직경은



<그림 2> 알루미늄 차폐재 배열에 따른 S-parameter (a) 3cm (b) 8cm (c) 18cm (d) 28cm



〈그림 3〉 플라스틱 차폐소재 배열에 따른 S-parameter
(a) 3cm (b) 8cm (c) 18cm (d) 28cm

차폐재가 송신 코일과 가까이 있을 경우, 알루미늄 차폐재에 작용하는 전자파에 흐르는 전류는 차폐재 표면에서 내부로 흐른다. 이 때 송신 코일의 전자파가 알루미늄 차폐재 내에서 감소하기 때문에 반사계수가 높았다. 하지만 차폐재가 송신 코일로부터 멀어질 경우 입사되는 에너지는 전자파 장애 영역을 벗어나기 때문에 반사계수가 낮아 무선전력전송 효율에 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

그림 3은 플라스틱 차폐재를 적용하였을 때 반사계수이다. 그림 3(a), (b), (c), (d)의 반사계수는 -15.12dB, -15.47dB, -15.52dB, -15.55dB를 나타내었다. 플라스틱 차폐재는 부도체로 차폐효과의 영향을 받지 않아 입사되는 에너지가 그대로 투과되는 것을 확인하였다. 따라서 플라스틱 위치가 변하더라도 무선전력전송 효율에 별다른 영향을 미치지 않는 것을 확인할 수 있었다.

3. 결 론

본 논문에서는 차폐재를 일정하게 배열하였을 때 초전도 공진 코일의 반사계수를 분석하였다. 차폐재로는 알루미늄과 플라스틱을 적용하였다. 그 결과, 플라스틱 차폐재는 어떤 위치에서도 반사계수가 비슷하였다. 플라스틱은 부도체로 차폐가 되지 않고 무선전력전송 효율에 별다른 영향을 미치지 않는 것을 확인하였다.

알루미늄 차폐재는 송신 코일과 가까울수록 반사계수가 높았다. 하지만 송신 코일로부터 차폐소재의 거리가 멀어질수록 반사계수가 낮은 것을 확인하였다.

플라스틱 차폐재는 알루미늄 차폐재 보다 반사계수 낮다. 플라스틱 소재로 냉각용기를 제작할 경우 내구성이 약하기 때문에 불안정하다. 하지만 알루미늄 차폐재의 경우, 높은 전도율과 다른 도체들에 비해 가벼운 특징을 가지고 있다. 또한, 알루미늄 차폐재는 다른 도체들에 비해 차폐효과가 우수하다. 향후, 알루미늄 차폐재를 접목시킨 냉각 기술에 대한 지속적인 연구를 통해 초전도 무선전력전송 시스템의 신뢰성을 확보할 수 있을 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] Dong-Su Lee, "Technological andx Thearetical Relationship between Wireless Power Transfer Technologies", KIEE, Vol. 63, No. 2, pp. 245-249, 2014
- [3] In-Sung Jeong, Hyo-Sang Choi, "Characteristics of Wireless Power Transmission applying the superconducting coil", KIEE, Vol. 62, No. 6, pp. 762-766, 2013
- [4] Min-Sang Kang, Hyo-Sang Choi, In-Sung Jeong, "Efficiency Analysis of Magnetic Resonance Wireless Power Transmission using Superconductor Coil According to the Changing Position of Transmission and Receiving Coils", KIEE, Vol. 63, No. 6, pp. 776-779, 2014
- [5] Kyung-Sub Lee, Yeo-Choon Yoon, Gwang-Bo Choi, Sung-Soo Kim, Jun-Young Lee, " Microwave Absorbing Properties of Fe-Si-Al Alloy Flaky Powder-Rubber Composites", KIEES ,Vol. 16, No.2, pp. 228-234, 2005

감사의 글

이 논문(저서)은 2013년도 교육부와 한국연구재단의 지역혁신 인력양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2013H1B8A2032246)

감사의 글

이 논문은 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (NRF-2013R1A1A2010202)