

무선전력전송시스템에 대한 근역장 잡음 분석 연구

전상봉, 권중화, 문정익, 김성민, 조인귀
한국전자통신연구원

Analysis of near-field noise for wireless power transmission system

Sangbong Jeon, Jong-Hwa Kwon, Jung-Ick Moon, Seong-Min Kim, In-Kui Cho
Electronics Telecommunications Research Institute

Abstract - 본 논문에서는 자기 공명 방식 무선전력전송시스템의 전자파 노이즈 원을 분석하기 위해서 근역장 측정 시스템을 이용하여 PCB 회로에 분포하는 근역장 분포를 측정하였다. 측정된 시료는 6.78 MHz를 사용하는 시스템으로 자기 공명 방식으로 에너지를 전송하고 있다. 주 전자파 노이즈 원으로 6.78 MHz의 공진 주파수의 고조파와 시스템에 안정적인 전압을 공급하기 위해 사용되는 레귤레이터의 내부 클럭 신호의 고조파가 많이 발생하고 있다. 이들 고조파 성분은 전 대역의 주파수 영역에 넓게 분포하는 것으로 나타났다.

분석에 주로 이용되는 근역장 측정 시스템을 보여주고 있다. 근역장 측정시스템은 근역장 측정 프로브를 장착하여 PCB에 분포하는 전기장 혹은 자기장을 측정하여 주파수분석기를 통해 보여준다. 측정시스템에서는 PCB에 분포하는 전자파 노이즈를 주파수별 혹은 공간에 분포하는 최대 노이즈 크기로 나타낼 수 있다.

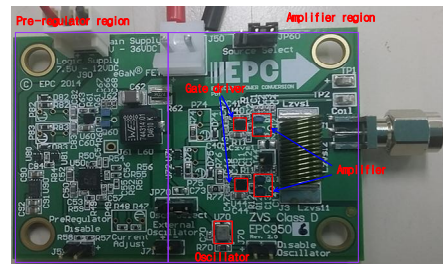
1. 서 론

최근에 무선전력전송을 이용한 제품들이 소형 전자기기에서 전자자동차에 이르기 까지 다양한 분야에서 활발히 연구되고 기존 전원을 공급하는 전원을 없애고 무선으로 전력을 공급받을 수 있는 시대가 가능해짐을 의미한다[1-2]. 하지만, 무선으로 높은 전력을 전송하다보니, 전자파 인체 영향뿐만 아니라 EMC(Electromagnetic compatibility) 문제가 발생하게 된다. 이는 무선전력전송의 시스템이 송신장치를 이용하여 공기 중으로 전자파를 발생시키고 발생된 전자파를 수신장치를 통해 전력을 받아들이는 과정을 거치기 때문에 송수신 주변에는 강한 전자기장이 형성된다. 이처럼 강한 전자기장은 다른 전자기기나 전자시스템에 영향을 주어 오동작을 발생시킴으로 인해 EMC 문제를 야기한다. 따라서, EMC 관점에서 볼 때 무선전력전송시스템은 매우 강한 노이즈 원이기 때문에, 시스템의 기능은 유지하면서 다른 기기에 영향을 주는 것을 최소화하여야 한다. 무선전력전송분야 EMC 기술은 시스템에서 발생하는 전자파를 저감하고, 안정적인 시스템을 만들기 위해 코일 구조의 방사 저감 기술, 노이즈 저감 회로 및 차폐 기술 등이 있다. 코일 구조의 방사 저감 기술은 안테나 역할을 하는 코일의 형상, 인피던스 매칭, 차폐 장치 형상 및 재료, 메타 물질을 이용한 빔 포밍 등이 연구되고 있다 [3]. 차폐 기술은 도체나 자성체를 이용하여 시스템을 차폐하는 passive shielding, 자기장이 발생하는 만큼 반대방향의 전류를 생성하여 자기장을 상쇄하는 기법을 이용한 active shielding, 누설 자기장을 이용하여 상쇄자기장을 만들어냄으로써 효율 변화를 최소화하면서 자기장 감소를 극대화 할 수 있는 방법 등이 있다[4].

본 논문에서는 자기공명방식의 무선전력전송시스템에 대해서 발생하는 전자파 노이즈 원을 분석하기 위해서 근역장 측정 시스템을 이용하여 PCB 회로에서 분포하는 근역장에서의 전자파 분포를 측정 및 분석을 하였다. 분석 결과로써 주요 전자파 노이즈 원은 6.78 MHz의 공진주파수의 고조파와 시스템의 안정적 전압을 공급하는 레귤레이터의 내부 클럭의 고조파 성분들이 많이 발생하였다. 전자파 노이즈의 분포는 전 주파수 대역에서 넓게 분포하는 것으로 나타났다.

2. 본 론

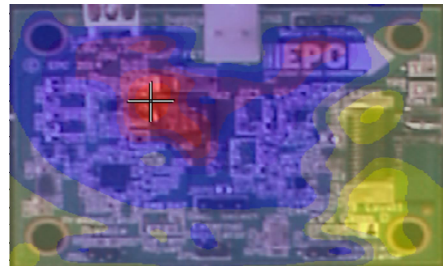
<그림 1>은 6.78 MHz를 공진주파수로 사용하는 무선전력전송시스템의 송신부를 나타내고 있다. 측정에 사용된 시료는 자기 공명 방식을 사용하는 무선전력전송시스템으로 크게 두 부분으로 나뉜다. 안정적 전압을 공급하기 위한 pre-regulator 영역과 amplifier 영역으로 나누어 볼 수 있다. amplifier 영역을 보면, 6.78 MHz의 클럭을 발생하는 발진기가 있고, 발진 신호는 버퍼를 통해 케이트 드라이버로 입력된다. 케이트 드라이버로 입력된 신호는 증폭기를 통해 출력으로 신호가 안테나를 통해서 전달된다. 이 때 증폭기는 ZVS (zero voltages switching) D급 증폭기이며, 차동모드로 동작한다. 출력 에너지는 SMA 커넥터에 연결되는 송신 안테나를 통해 수신부 안테나로 전달된다. pre-regulator 영역은 1 MHz의 내부 클럭 발생기를 통해 생성되는 신호는 버퍼를 통하여 케이트 드라이버를 통해 증폭기에 전달된다. pre-regulator는 입력 되는 전압으로부터 동작되고 전류를 최대 1.5 A까지 제한하여 입력으로부터 안정적인 전압을 공급한다. <그림 2>는 PCB 레벨에서의 전자파 노이즈



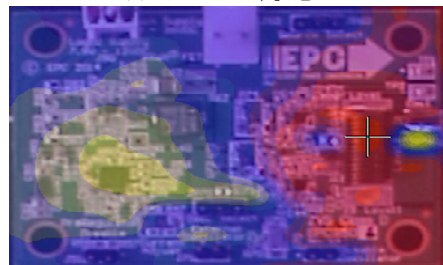
<그림 1> 자기 공명 방식의 무선전력전송 송신부



<그림 2> 근역장 측정 시스템

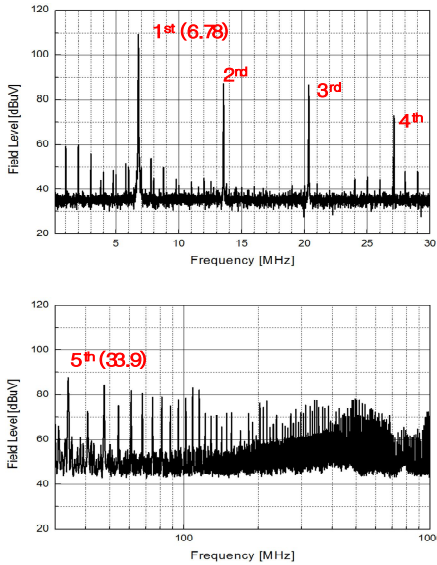


(a) 1 MHz 근역장 분포



(b) 6.78 MHz 근역장 분포

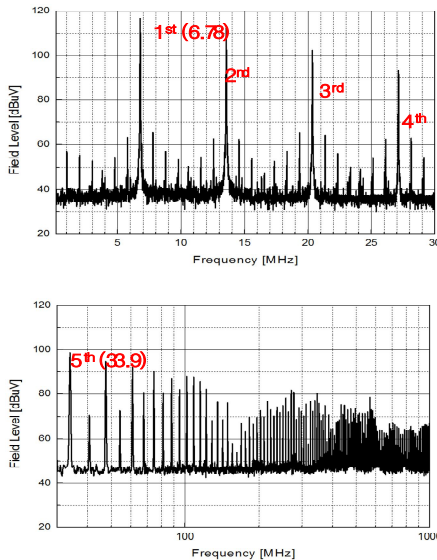
<그림 3> 1 MHz 와 6.78 MHz 의 근역장 분포



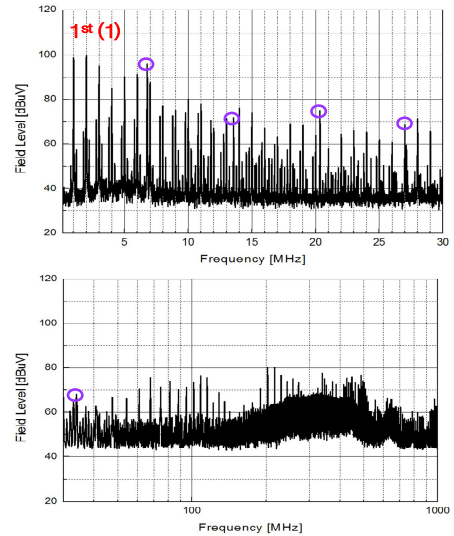
〈그림 4〉 amplifier 영역의 6.78 MHz 발진기 근역장 분포

〈그림 3〉은 PCB 스캐너를 이용하여 송신회로에 존재하는 전자파 노이즈를 측정된 결과로서, 1 MHz와 6.78 MHz 주파수 성분의 분포이다. 결과에서 보면 1 MHz의 주파수 성분은 pre-regulator 영역에서 내부 클럭이 증폭되어 나오는 출력부에서 가장 높게 나타나고, 6.78 MHz 성분은 amplifier 영역의 D 급 증폭기 위치에서 가장 강하게 나타나고 있는 것을 볼 수 있다. 〈그림 4〉는 amplifier 영역의 6.78 MHz 발진기 위치에서의 근역장 필드 분포를 보여준다. 측정 주파수 대역은 150 kHz ~ 1 GHz 까지 수행하였고, 150 kHz ~ 30 MHz 근역장 프로브와 30 MHz ~ 1 GHz 근역장 프로브로 각각 측정하였다. 측정 결과에서 보면 6.78 MHz 고조파 신호가 많이 나타나고 1 GHz 까지 전 대역에 걸쳐서 나타나고 있음을 알 수 있다. 〈그림 5〉는 D급 증폭기 위치에서 측정된 결과로서 여기서도 6.78 MHz의 고조파 성분들이 많이 나타나고 있다. 발진기의 전자파 노이즈 보다 증폭기 위치에서 더 큰 크기의 고조파 성분들이 나타나고 〈그림 3〉에서 가장 높게 나타나는 위치이다.

〈그림 6〉는 pre-regulator 영역에 있는 증폭기 위치에서 측정된 결과를 나타낸다. 결과에서 보면 1 MHz의 고조파 성분들이 주요 노이즈 원인으로 나타나고 1 MHz 신호는 per-regulator 내부에서 사용되는 클럭 신호이다. 〈그림 6〉의 결과에서도 1 MHz의 고조파 신호들인 1 GHz 영역까지 나타나고 있음을 알 수 있다. 〈그림 6〉에서 원은 주파수는 6.78 MHz의 신호를 표시하고 있다. pre-regulator 영역에서는 6.78 MHz 신호가 존재하지 않으나, amplifier 영역에서 넘어 온 신호이다. 무선전력전송 시스템의 송신회로에서의 전자파 노이즈를 분석해 보면, pre-regulator 내부에 사용하는 1 MHz의 클럭 신호의 고조파 성분과 amplifier 영역에서 사용하는 6.78 MHz 메인 공진 주파수의 고조파 성분으로 나타나고 있다.



〈그림 5〉 amplifier 영역의 D급 증폭기 근역장 분포



〈그림 6〉 pre-regulator 영역의 증폭기 근역장 분포

3. 결 론

본 논문에서는 자기 공명 방식 무선전력전송시스템의 송신회로에 대해서 PCB 스캐너를 이용하여 근역장 분포를 측정하였고, 이를 바탕으로 주 전자파 노이즈 원인 1 MHz의 내부 클럭신호의 고조파 성분과 6.78 MHz의 공진 주파수의 고조파 성분으로 나타나고 있다는 것을 보였다. 또한 이들 고조파 성분들은 전 대역에 걸쳐 넓은 주파수 스펙트럼으로 나타났다. 따라서 이에 대한 전자파 저감 대책이 필요하며 추후 적절한 전자파 저감 대책 연구가 필요할 것으로 사료된다. 그리고 앞으로 근역장 분포에 대한 전자파 노이즈 원인 원역장의 분포로서 존재하게 되는 지에 대하여 분석하기 위해서 원역장 측정을 통해 비교 분석이 필요하다.

[Acknowledge]

본 연구는 미래창조과학부와 ETRI가 지원한 2015년 ICT R&D 프로그램으로 수행되었음

[참 고 문 헌]

- [1] S.M. Kim, I.K. Cho, J.I. Moon, J.H. Yoon, W.J. Byun and H.D. Choi, "System level power control algorithm in wireless power transmission for reducing EMF," in Wireless Power Transfer Conference (WPTC), IEEE, pp.193-196, 2014.
- [2] A. Kurs et al., "Wireless power transfer via strongly coupled magnetic resonances," Science, vol. 317, pp. 83-86, Jul. 2007.
- [3] 안승영, 김종훈, "Technology trend of EMC for wireless power transfer system", 한국전자파기술, 제26권 1호, pp. 5-15, 2015.
- [4] S. Kim, H. H. Park, J. Kim, J. Kim, and S. Ahn, "Design and analysis of a resonant reactive shield for a wireless power electric vehicle", IEEE Trans. on MTT, 62(4), pp. 1057-1066, 2014.