

# 페라이트 배치에 따른 자기유도 무선전력전송 시스템의 방사노이즈 비교

윤주호, 강두진, 강민혁, 이재우, 이병국<sup>†</sup>  
 성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과

## The Comparative Analysis of EMI by Ferrite Arrangement in Inductive Power System

Ju Ho Yun, Doo Jin Kang, Min Hyuck Kang, Jae Woo Lee and Byoung Kuk Lee<sup>†</sup>  
 Department of Electrical and Computer Engineering, Sungkyunkwan University

### ABSTRACT

본 논문에서는 기존에 각국에서 제정된 인체에 대한 여러 EMI규격을 제시하고, EV 모델 및 패드의 페라이트 배치 구조에 따라 측정 포인트에서 발생하는 EMI의 값을 비교하여 기존 규격에 적합한 페라이트의 배치를 제안한다.

### 1. 서론

IPT (Inductive Power Transfer) 시스템의 연구 개발은 전 세계적으로 수행되고 있으며 각 표준화 단체에 의해 전력전달 용량 및 송수신 패드에 따른 규격 제정이 진행 중이다. 그 중 EMI (Electro Magnetic Interference)에 대한 규격은 인체보호 측면에서 매우 중요하다. 그러나 EMI 관련 규격은 전기적 특성에 비해 규격화가 늦어지고 있으며 현재 IPT 시스템의 EMI 연구는 제작된 시스템의 실험적 측정에 머물러 있는 실정이다.

본 논문에서는 인체에 대한 국가별 EMI 제한 규격에 대한 조사 및 EMI 허용치를 비교하여 만족시켜야 하는 최대 자속 밀도 제한치를 분석한다. 이를 기반으로 실제 차량의 모델링 및 송수신 패드에 사용되는 페라이트의 배치에 따른 EMI를 전자기 해석 시뮬레이션을 통해 분석하고 최대 자속밀도를 고려한 적합한 페라이트 배치를 결정한다.

### 2. 인체보호에 대한 EMI 규격

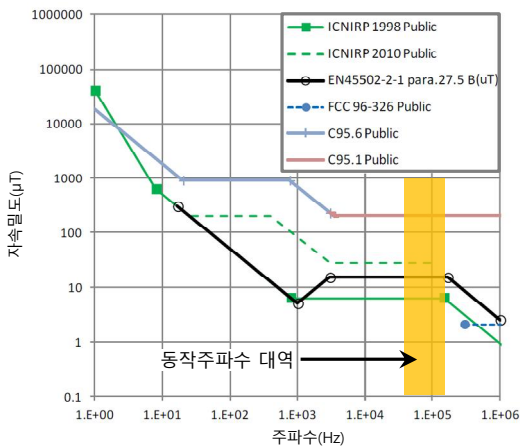


그림 1 각국의 EMI 규격 비교  
 Fig. 1 International EMI limit comparison.

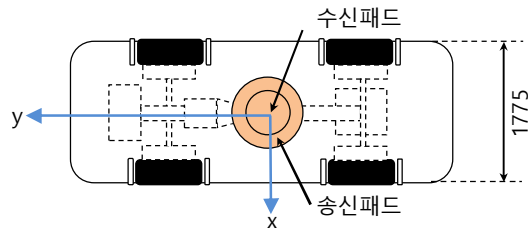
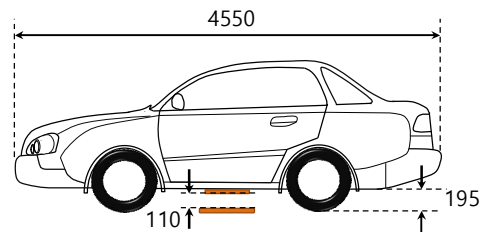


그림 2 전기 자동차 모델링  
 Fig. 2 Electric vehicle modeling.

인체보호를 위한 EMI 규격은 각국마다 다른 양상을 보이고 있다. 국내에서는 국제비전리방사보호위원회 (International Commission on Non Ionizing Radiation Protection, ICNIRP) 규격인 ICNIRP 1998을 참고하여 만든 규격을 전파법으로 규정하고 있으며, 국제적인 규격으로는 ICNIRP 2010, 미국이 따르는 규격으로는 IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)의 IEEE Std. C95.1 2005가 있다<sup>[1][5]</sup>. 그림 1은 주파수 대역에 따른 각 규격 별 자속 밀도 제한을 나타낸다. IPT 시스템의 동작 주파수는 85kHz 내외이기 때문에 이 대역에서 EMI 규격을 만족시켜야 한다<sup>[5]</sup>. 그림 1에서 국내 규격 ICNIRP 1998이 가장 낮은 수치를 갖고 있기 때문에 이를 기준으로 페라이트 배치에 따른 자속밀도 해석 결과를 비교 및 분석한다.

### 3. 방사노이즈 측정을 위한 모델링

그림 2는 송수신 패드가 설치된 전기자동차 (Electronic vehicle, EV) 모델을 나타낸다. 송신 패드는 지면 돌출형으로 구성하였으며 수신패드는 EV 하부 중앙에 위치한다. EV는 주차 시 x축 방향의 이격이 발생하며, y축 방향으로 이상적인 정렬상태를 갖는다고 가정한다. 패드에서 발생하는 EMI의 측정 포인트는 수신패드의 중앙으로부터 x축 방향에 위치하는 EV의 가장자리로 설정한다. 송수신 패드의 수직 이격거리는 차체 및

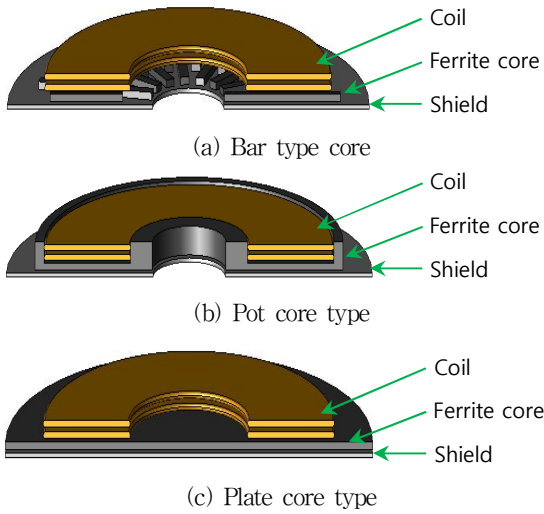


그림 3 코어 형상 별 충전용 패드  
Fig. 3 Charging pads with core type variation.

패드의 높이를 고려하여 110mm로 선정한다.

페라이트 형상에 따른 EMI 세기의 변화를 측정하기 위하여 구성된 페라이트 코어의 형상을 그림 3과 같이 모델링 하였다. 페라이트는 TDK 社의 PC95로 선정하였으며, 실온(25°C)에서의 상태로 설정한다. 구성 코일 및 실드는 각각 Litz wire 및 알루미늄으로 구성하였다. 그림 2, 3의 모델을 기반으로 x축 방향으로 미정렬된 상태를 포함한 EV가 정차되어있는 경우의 EMI 방사노이즈를 측정한다.

#### 4. 시뮬레이션을 통한 EMI 측정

전자장 시뮬레이션을 통하여 제작된 모델을 기반으로 한 시스템에서 각 페라이트 코어의 형상 및 x축 이격거리가 발생할 경우 발생하는 EMI를 측정하였다. 각 시스템은 SP 토폴로지로 구성하였으며, 송수신 패드의 정렬 상태와 관계없이 3.3kW의 출력을 갖도록 주파수를 가변하였다. 각 case 별 측정 point에서 발생하는 EMI는 표 1과 그림 4에 나타내었다.

표 1 수신 패드의 x축 이격에 따른 자속 밀도 변화  
Table 1 Flux density variation with x-directional receiver pad movement

이격거리[mm]	Bar 형 [ $\mu$ T]	Pot 형 [ $\mu$ T]	Plate 형 [ $\mu$ T]
0	4.34	6.42	9.10
20	4.76	6.76	9.48
40	6.07	7.49	10.51
60	6.47	9.10	12.24

차량의 초기 정렬 위치에서 누설 자속 밀도는 Bar 형태의 코어에서 가장 작고, Plate 형태의 코어에서 가장 크다. 이는 Plate 코어를 사용한 송수신 패드의 결합이 Bar형태에 비해 작은 것이 아니라 자속이 통과하는 공간에서 페라이트가 차지하는 비율이 크기 때문에 자속의 세기 자체가 강해서 나타나는 현상이다. 측정지점에서 x축 이격에 따른 코어 형태별 누설 자속 밀도 변화는 세 가지 형태의 페라이트 모델 모두 증가한다.

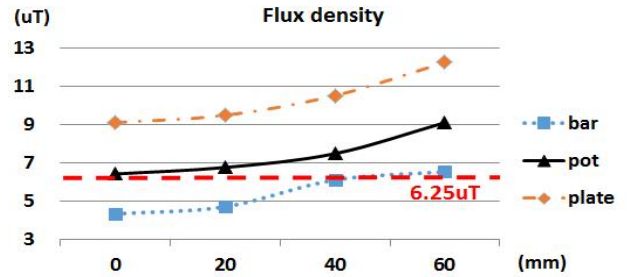


그림 4 수신 패드의 x축 이격에 따른 자속 밀도 변화  
Fig. 4 Flux density variation with x-directional receiver pad movement.

이는 송수신 패드의 정렬이 어긋났기 때문에 (Misalignment) 발생하는 현상이다. 송수신 패드의 정렬이 어긋나면 패드의 결합계수가 감소하고, SP 토폴로지 시스템의 경우 공진주파수가 초기 설정된 주파수에서 왼쪽으로 이동하는 현상을 초래하며 이는 시스템의 출력 감소로 이어진다. 출력을 증가시키기 위하여 동작 주파수를 이동된 공진주파수에 맞도록 감소시킬 경우, 송신 패드에서 발생하는 자속밀도의 크기는 그에 반비례하여 증가한다. 즉, 고정 출력을 위하여 주파수 가변 제어를 할 경우, 누설되는 자속밀도의 세기가 증가함을 알 수 있다. 그림 4에 표현된 선정된 ICNIRP 1998 규격의 EMI 제한 (6.25 $\mu$ T) 과 비교하였을 경우, bar형을 제외한 형상들은 규격을 만족하지 못함을 알 수 있다. 이는 코어 주변에 알루미늄 실드를 추가함으로써 형상에 따른 초기값을 낮추는 방법으로 다소 해결이 가능하나, 추가적인 손실이 발생하므로 그에 맞는 최적 설계 포인트를 찾는 것이 중요하다.

#### 5. 결론

송수신 패드의 페라이트 형상 변화시뮬레이션을 통해서, 수평이격거리에 따른 EMI 세기의 변화를 분석하였다. 그 중 선정된 기준치와 비교할 때 Pot형상과 Plate형상은 규격을 만족시키지 못하며, Bar형태 또한 40mm의 이격 이상에서는 이 규격을 만족시키지 못한다. Pot, Plate 형상은 실드의 추가를 통하여 개선가능하나, 이는 추가적인 손실이 발생한다. 그리고 규격의 제정에 따른 기준치의 변경 가능성을 고려하여야 한다.

이 논문은 (주)창성의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

#### 참고 문헌

- [1] ICNIRP, Health Physics, vol. 74, no. 4, pp. 494-522, Apr., 1998.
- [2] 미래창조과학부고시 제 5 18호
- [3] ICNIRP, Health Physics 99(6):818-836; 2010.
- [4] IEEE, IEEE Std. C95.1, 2005.
- [5] Obayashi, S., Tsukahara, H., "EMC Issues on Wireless Power Transfer", Electromagnetic Compatibility, Tokyo (EMC'14/Tokyo), 2014 International Symposium on, pp. 601-604, May 2014.