

공진형 무선전력전송 시스템의 최대허용가능전력에 관한 연구

이진현*, 박영민, 변진규

승실대학교 전기공학과

1. 서론

전 세계적으로 유망기술로 손꼽고 있는 무선전력전송(Wireless Power Transfer, WPT)은 전자기파방식, 자기 유도방식, 자기공진방식으로 구분 될 수 있다. 자기공진형 방식은 전송가능거리가 수 mm로 짧고 충전위치에 따라 효율이 달라지는 자기유도형 방식을 보완할 수 있어 관심이 증가하고 있다. 자기공진형 방식의 경우 원거리 전송이 이루어지기 때문에 송수신부 코일 사이의 전자기장에 인체가 노출되었을 때 인체에 영향을 미칠 가능성이 높아지는데 이에 따른 안전성에 관한 연구가 부족하여 상용화하기에는 무리가 있다. 본 논문에서는 자기공진형 방식에서 송수신부 코일 사이에서 균질 인체모델을 여러 위치조건 하에 배치하여 인체에 유도되는 유도전류를 수치해석 기법을 통해 구했다. 계산된 유도전류 값과 1998년도와 2010년도의 ICNIRP 전자기장 인체보호기준을 근거로 공진형 무선전력전송시스템의 인체모델의 위치에 따른 최대허용가능전력을 구하였다.

2. 실험방법

본 논문에서는 150kHz의 공진주파수를 가지는 이중 루프 형태의 공진형 무선전력전송 시스템을 설계하였다. 설계한 무선전력전송 시스템은 아래 표1과 같이 송수신 코일간의 거리(w)와 코일의 직경(D)이 서로 다른 4가지 시스템으로 구성하였다. 송수신부 코일 사이에 IEC-62311 표준에 따른 균질 인체모델을 코일 사이의 여러 위치에 배치하였다. 수치해석 기법을 통해 설계한 무선전력전송 시스템 내에 인체모델이 노출되었을 때를 분석하여 인체모델의 위치 별 99th(99백분위율)유도전류를 구하였고 이를 토대로 표2에 제시된 두가지 기준 전류밀도를 이용한 1998년도와 인체 내부전기장을 이용한 2010년도의 ICNIRP 전자기장 인체보호기준을 적용하여 일반인에게 해당하는 최대허용전력을 인체모델의 위치별로 구하였다.

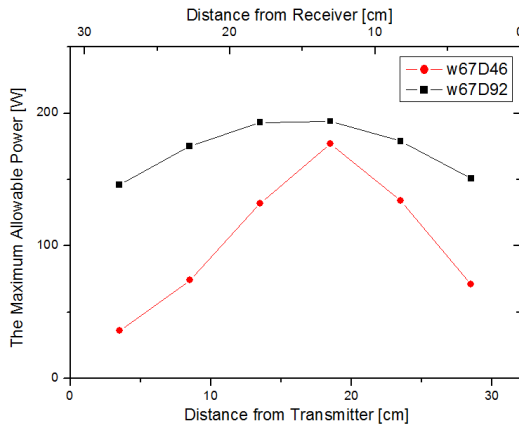
표 1 송수신 코일간의 거리와 코일의 직경이 다른 WPT 시스템 [D : 코일의 직경, w :송수신 코일간의 거리]

설계한 WPT 시스템	D=46[cm] w=67[cm]	D=46[cm] w=92[cm]	D=92[cm] w=67[cm]	D=92[cm] w=92[cm]
-------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

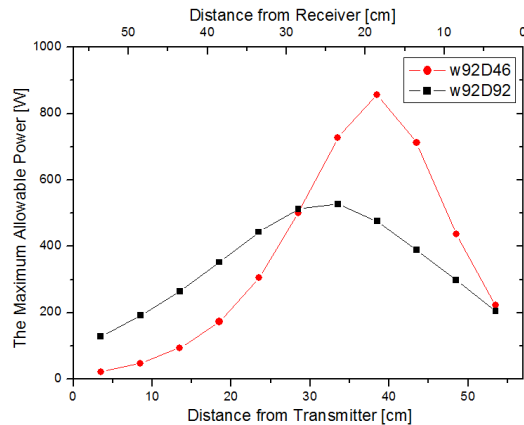
표 2 2010년도와 1998년도 ICNIRP 기준에 따른 150kHz 자기장 노출 인체보호기준

노출대상		INCIRP 2010 기준의 인체 내부 전기장	INCIRP 1998 기준의 머리와 몸통의 전류밀도
직업인 노출	머리와 중추 신경계 (CNS)	40.5 [V/m](rms)	1.5 [A/m ²](rms)
	머리와 몸의 모든 조직(PNS)	40.5 [V/m](rms)	
일반인 노출	머리와 중추 신경계 (CNS)	20.25 [V/m](rms)	1.5 [A/m ²](rms)
	머리와 몸의 모든 조직(PNS)	20.25 [V/m](rms)	

3. 실험결과 및 고찰

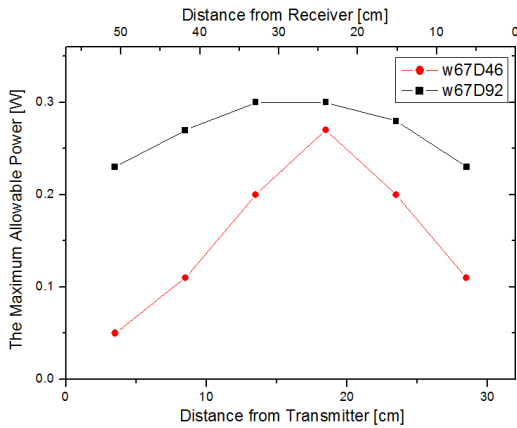


(a) 코일간 거리 67cm

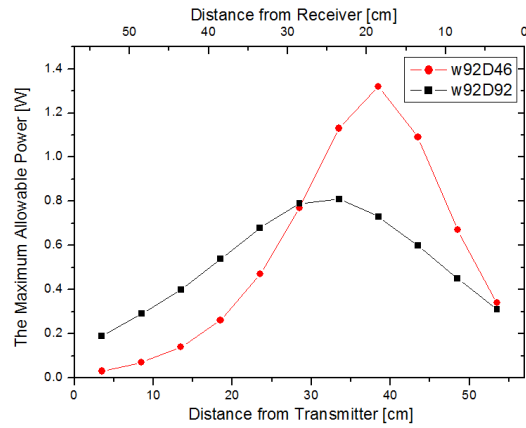


(b) 코일간 거리 92cm

그림 1 2010년 ICNIRP기준과 비교한 모델의 수신부의 거리에 따른 최대 허용가능 전력



(c) 코일간 거리 67cm



(d) 코일간 거리 92cm

그림 2 1998년 ICNIRP기준과 비교한 모델의 수신부의 거리에 따른 최대 허용가능 전력

자기공진형 무선전력시스템에 인체모델이 위치별로 자기장에 노출되었을 때 발생하는 99th(99백분위율) 인체유도전류를 계산하여 시스템들의 각 위치에 인체모델이 위치할 때 최대허용가능전력을 구하였다. 전기장은 전력의 제곱근에 비례하는 것을 이용하여 입력전력을 증가, 감소시키면서 안전기준을 만족하는 전력을 구하였다. 그림 1과 그림 2는 각각 2010년도와 1998년도 ICNIRP 기준을 이용한 최대 허용가능 전력그래프이다. 각각 그림1의 (a),(b) 그래프와 그림2의 (c),(d)의 그래프를 비교해 보았을 때 코일의 직경(D)이 크고 코일간의 거리(w)가 멀수록 최대허용가능전력 값이 크다는 것을 확인할 수 있다. 또한 허용최대전력은 인체모델이 두 코일 중 수신부에 가까운 중앙에 위치하였을 때 높게 나타나며 양쪽 코일에 가까이 갈수록 작아진다. 즉 시스템에서 자기장에 노출된 인체의 영향은 양쪽 코일에 가까울수록 특히 송신부에 가까울수록 크게 미친다는 것을 알 수 있다. 그림 1의 2010년 기준으로 구한 최대허용가능전력의 경우 수십W에서 수백W까지 안전한 반면에 그림 2의 1998년 기준으로 구한 최대허용전력은 최소 0.03W에서 1.32W로 아주 작은 값만 허용하는 것을 볼 수 있다. 이는 2010년 기준이 인체조직의 내부전기장의 세기로 적용되는데 비해 1998년 기준이 유도전류의 세기를 기준으로 하는 것을 원인이라 볼 수 있는데 이 이유는 논문에서 사용되는 것과 같이 단일 균질 신체부위 모델로 시뮬레이션 할 때 유도전류 결과 값이 높게 나오는 경향이 있기 때문이다[5].

4. 결론

본 논문에서 자기공진형 무선전력전송시스템에서 자기장에 노출된 균질 인체모델에 유도된 유도전류를 수치해석 계산을 통해 1998년과 2010년의 다른 ICNIRP 기준을 사용하여 구하였다. 시스템의 최대허용가능전력은 코일의 반경이 클수록, 거리가 멀수록 크다는 것을 알 수 있었고. 이를 통해 자기공진형 무선전력전송 시스템을 설계하였을 때 위치별 최대허용가능 전력을 이용하여 인체에 미치는 영향을 줄이는 데에 도움이 될 것이다. 그러나 균질모델의 경우 실제 신체조직이 구현되어 있는 해부학적 모델에 비해서 차이가 있을 수 있으므로 차후 현실적인 해부학적 인체 모델을 통해 시뮬레이션을 진행 할 필요가 있다.

5. 참고문헌

- [1] H. S. Shin, H. -J. Song, D. -G. Sung, J. -K. Byun, “공진형 무선전력전송 시스템에 의한 인체유도전류밀도의 통계적 해석”, 한국자기학회
- [2] S. Gabriel, R. W. Lau, and C. Gabriel, “The Dielectric Properties of Biological Tissue: Part III-Parametric Models for the Dielectric Spectrum of Tissues”, Phys. Med. Biol., Vol. 41, pp. 2271-2293, 1996
- [3] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, “For Limiting Exposure to Time-Varying Electric and Magnetic Fields (1Hz – 100kHz)”, Health Physics, Vol. 99, No. 6, pp. 818-836, 2010.
- [4] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, “Guidelines for Limiting Exposure to Time-varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)”, Health Physics, Vol. 74, No. 4, pp. 494-522, 1998.
- [5] IEC-62311, “Assessment of Electronic and Electrical Equipment Related to Human Exposure Restrictions for Electromagnetic Fields (0Hz ~ 300GHz)”, 2007.