

공진형 무선전력전송 시스템에 의한 인체유도전류밀도의 통계적 해석

신한수*, 송혜진, 성동규, 변진규
승실대학교 전기공학과

1. 서론

전 세계적으로 여러 기관에서 무선전력전송(Wireless Power Transfer, WPT) 기술을 유망기술로 손꼽고 있다. 이는 무선전력전송 기술의 발달과 함께 다양한 분야에 적용할 수 있기 때문이다. 다양한 무선전력전송 기술 중 자기공진방식이 자기유도방식보다 충전자유도 향상 등 단점을 보완할 수 있어 관심이 증가하고 있다. 하지만 공진형 무선전력전송 기술이 적용된 제품에 대한 표준화가 이루어지지 않아 아직 상용화된 제품을 쉽게 찾아볼 수 없다. 공진형 무선전력전송 기술의 표준화를 위하여 많은 업체와 기관들이 참여하여 무선충전연합(Alliance for Wireless Power, A4WP)을 구성하고 연구 및 개발을 하고 있지만, 상용화를 위해 반드시 필요한 인체의 안전성에 대한 연구는 미흡하다.

본 논문에서는 150kHz 공진주파수 대역에서 이중 루프 형태의 공진형 무선전력전송 시스템을 모델링하고 표준화된 인체모델을 이용하여 무선전력전송 시스템의 자기장에 노출되었을 때 인체모델 내부의 유도전류밀도를 통계적인 방법을 통해 계산하고 이를 인체보호기준과 비교한다.

2. 공진형 무선전력전송 시스템과 균질 인체모델

본 논문에서 모델링한 이중 루프 형태의 공진형 무선전력전송 시스템은 총 4개의 코일로 구성되어있고, 설계 공진주파수는 150kHz이다. 공진 코일의 직경(D)이 다른 두 개의 무선전력전송 시스템을 이용하여, 송수전 코일 사이에 인체가 노출된 경우에 인체 내부에 유도되는 유도전류밀도의 계산을 위해 IEC-62311 표준에 제시된 균질 인체모델을 사용하였다[1]. 균질 인체모델은 손과 발이 없이 머리와 몸통으로만 이루어져 있다. 인체모델의 전기적 상수값은 근육의 도전율과 비유전율을 사용하였으며, 그림 1과 같이 무선전력전송 시스템의 송수전 코일 사이에 위치시켜 유도전류밀도를 계산하였다.

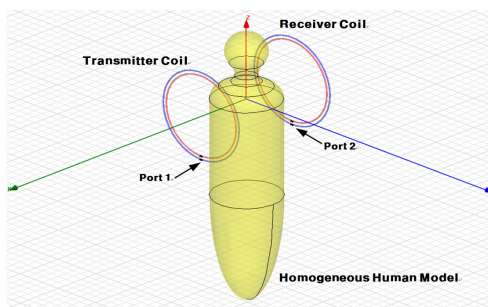


그림 1. 공진형 무선전력전송 시스템의 송수전 코일 사이에 위치한 균질 인체모델

3. 인체유도전류밀도의 통계적 해석과 인체보호기준 비교

본 절에서는 앞 절에서 소개한 무선전력전송 시스템과 균질 인체모델을 이용하여, 다양한 노출 조건에 대하여 인체유도전류밀도를 계산하고 인체보호기준과 비교하였다. 우선 같은 자기장 세기 노출조건에 대한 비교를 위

해 D=46cm WPT 시스템에서 인체모델이 없고, 입력전력이 1W인 경우 송전 코일의 중심에서 5.5cm 떨어진 지점의 자기장 세기를 먼저 계산하고, 이를 기준으로 D=92cm WPT 시스템과 평면파의 입력을 조정하였다. 평면파 노출의 경우 자기장 성분만을 고려하기 위해 두 개의 평면파를 서로 반대방향으로 입사하여 중첩의 원리에 의해 전기장 성분을 제거하였다.

표 1. 무선전력전송 시스템과 평면파에 노출된 균질 인체모델의 데이터 추출 간격에 따른 유도전류밀도 비교

노출 조건	입력 전력 [W]	자기장 세기 [A/m]	인체유도전류밀도[A/m ²]								
			평균값			최대값			백분위 99%		
			데이터 추출 간격		상대 오차 [%]	데이터 추출 간격		상대 오차 [%]	데이터 추출 간격		상대 오차 [%]
			5[mm]	10[mm]		5[mm]	10[mm]		5[mm]	10[mm]	
D=46cm WPT 시스템	1	15.3468	0.1688	0.1686	0.12	1.0626	0.9607	9.59	0.7491	0.7496	0.07
D=92cm WPT 시스템	1	3.3375	0.1030	0.1026	0.39	0.4052	0.3943	2.69	0.3374	0.3353	0.62
D=92cm WPT 시스템	21	15.2942	0.4721	0.4701	0.42	1.8567	1.8069	2.68	1.5461	1.5364	0.63
평면파	-	15.3468	0.4541	0.4606	1.43	1.1907	1.1856	0.43	1.1225	1.1225	0

사용된 소프트웨어의 종류나 인체모델을 나눈 요소망의 크기나 품질에 따라 인체유도전류밀도의 최대값은 현저하게 달라질 수 있다[2]. 따라서 본 논문에서는 균질 인체모델 내부에서 일정한 간격으로 추출한 유도전류 밀도 데이터로부터 평균값, 최대값, 백분위 99%값을 계산하여 비교하였다(표 1). 계산한 인체유도전류밀도의 평균값과 백분위 99% 값은 데이터 추출간격에 의한 상대오차는 각각 최대 1.43%와 0.63%이고, 최대값에서는 최대 9.59%의 큰 차이를 보인다. 이를 통해 시뮬레이션 결과에서 인체유도전류밀도의 크기를 보다 안정적으로 비교하기 위한 값은 백분위 99%값임을 알 수 있다.

전자기장 노출에 대한 인체보호기준인 ICNIRP 1998년 기준에서 자기장노출에 의한 인체유도전류밀도의 직업인 기준은 1.5A/m², 일반인 기준은 0.3A/m²이다[3]. 이 기준을 데이터 추출 간격 5mm 백분위 99%값과 비교하면, 동일 자기장세기 노출조건에서 D=46cm WPT 시스템은 직업인 기준을 만족하였으나, D=92cm WPT 시스템의 경우 초과하였다. 그리고 동일 입력전력(1W) 조건에서는 D=92cm WPT 시스템의 자기장 세기와 유도전류밀도가 D=46cm WPT 시스템보다 작은 값을 나타냈으며, 두 시스템 모두 백분위 99%값이 직업인 보호 기준을 만족하였다.

4. 결론

본 연구에서 이중 루프 형태의 공진형 무선전력전송 시스템을 모델링하고, 표준화된 인체모델을 이용하여 무선전력전송 시스템의 자기장 노출에 의한 인체유도전류밀도를 통계적인 방법인 백분위 99% 값을 이용해 계산하고 이를 인체보호기준과 비교하였다. 본 연구는 인체보호기준과 계산한 노출제한치 비교의 방향을 제시 함으로써 무선전력전송 시스템의 자기장 노출에 대한 인체 안전성 평가에 도움이 될 것으로 전망된다.

5. 참고문헌

[1] International Electrotechnical Commission, IEC-62311, (2007).
 [2] H. -J. Song, H. S. Shin, H. -B. Lee, J. -H. Yoon. and J. -K. Byun, to be published in IEEE Transactions on Magnetics.
 [3] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, Health Physics, Vol.74, No.4, pp. 494-522, (1998).