

전자파 잔향실의 교반기 매개변수에 따른 전계 균일도 향상 방안

김광용*, 홍주일*, 한승문*, 두진석*, 허창수*, 이기택**
 인하대학교*, 한국전기연구원**

Improvement Scheme of Field Uniformity of Stirrer Parameter in Reverberation Chamber

Kwang-Yong Kim*, Joo-Il Hong*, Seung-Moon Han*, Jin-Suk Doo*, Chang-Su Huh*, Ki-Taek Lee**
 Department of Electrical Engineering, INHA University*
 Korea Electrotechnology Research Institute**

Abstract - Reverberation chamber have become a common tool in radiated susceptibility and emission testing of electronic equipment. In a reverberation chamber, internal electromagnetic fields are mixed by metallic stirrer. Due to elimination of Polarization characteristic in reverberation chamber, electromagnetic wave reached to EUT all aspect angle. Hence, Field distribution in overmode reverberation chamber can be presented by chi-square distribution. Field uniformity in reverberation chamber have to satisfy standard deviation below 3dB and is influenced by mechanical stirrer. This paper investigates relationship between change of stirrer parameter and field uniformity in reverberation chamber.

1. 서 론

현대 사회로 접어들면서 HPEM 환경에 의한 전자장비의 피해사례가 증가하고 있다. 이러한 위험에 대비하기 위해 전자장비에 대한 전자파 내성시험이 필수적으로 요구되고 있으며 EMP 시뮬레이터, 무반사실, TEM Cell 등의 시험설비가 내성 평가를 위해 운영되고 있다. 이들 시험설비는 높은 신뢰성을 제공하지만 시설을 구축하는 데 드는 공간과 비용이 시험가능 체적(Working Volume)에 비해 매우 크며, 입사되는 평면파가 EUT의 한 면에만 닿으므로 실험시 모든 편파를 고려하기 위해서는 EUT를 회전시키기 위한 회전 테이블이 별도로 필요하며, 측정 시간이 매우 오래 걸리게 되는 단점이 있다[1].

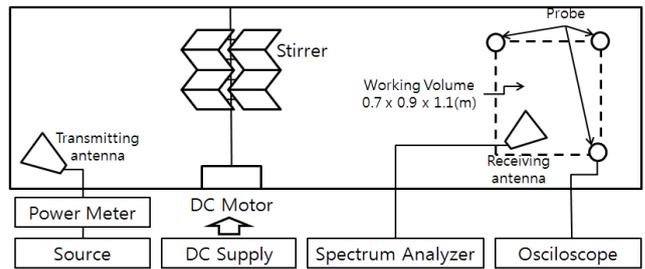
전자파 잔향실은 1968년 Valdes에 의해 처음으로 제안된 이후 다양한 연구가 이루어져 왔으며, 2003년에는 전자파 잔향실 시험방법에 대한 IEC 규격이 제정되었다[2]. 전자파 잔향실은 전자파 차폐실 내부에 기계적으로 회전하는 교반기를 삽입하여 내부의 전계 분포를 랜덤하게 변화시키므로 통계적으로 균일한 전계를 얻을 수 있고, 챔버 내부의 높은 도전율을 가지는 금속 벽에 의해 전자파가 반사되는 과정에서 편파 정보를 소실하게 되므로 내성 평가시에 편파를 고려하지 않아도 가장 취약한 부분에 전자파가 침투하게 된다. 따라서 편파 특성을 고려할 필요가 없으므로 기존의 시험시설에 비해 측정시간이 매우 단축된다[3]. 또한 동일한 크기의 시험가능 체적을 얻기 위해 필요한 설치공간이 매우 축소되며 흡수체가 필요하지 않으므로 구축 비용이 매우 저렴하다는 장점이 있어 현재 널리 사용되고 있다.

필드 균일도는 전자파 잔향실에서 가장 중요한 특성 중 하나이다. 필드가 균일하다는 것은 모든 방향에서 동일한 크기의 에너지가 수신된다는 의미이며, 필드가 균일하다면 EUT를 실험하기 위한 시험가능 체적 내의 임의의 위치에서 측정된 전계값이 시험가능 체적 전체를 대표할 수 있다[4]. 이 논문에서는 교반기의 매개변수 변화에 의해 전자파 잔향실 내부의 전계 균일도가 어떻게 변화하며 어떠한 경향을 가지고 있는 지에 대하여 연구하였다.

2. 본 론

2.1 실험 방법

전자파 잔향실의 크기는 3.60m(L) × 2.40m(W) × 2.30m(H) 이며, 내벽은 높은 도전율을 가지는 구리로 구성하였다. 교반기는 알루미늄 판으로 제작하였다. 실험 구성은 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 전자파 잔향실 실험 구성도

전자파를 인가하기 위한 소스는 2.46 GHz의 협대역을 가지는 최대 출력 1 kW의 마그네트론을 사용하였다. 송신 안테나는 IEC 61000-4-21에 의해 시험가능 체적으로 전자파가 직접 입사되지 않도록 챔버 벽을 향하도록 하였다. 교반기를 회전시키기 위해 전압 조절로 간단히 회전 속도를 변화시킬 수 있는 40 W DC 모터를 사용하였으며, 모터에 인가되는 전압을 조절할 수 있도록 DC Supply를 사용하였다.

시험가능 체적의 크기는 내부 부하 및 벽에서 최저 사용가능 주파수(LUF : Lowest Usable Frequency)의 λ/4 이상을 이격시켜야 한다. 실험에 사용된 챔버의 최저 사용가능 주파수는 245.797 MHz 이며, 본 실험에서는 최저 사용가능 주파수의 1/4인 30.5 cm보다 긴 40 cm을 이격시켜 시험가능 체적을 결정하였다.

전자파 잔향실 내부의 전계 균일도를 측정하기 위하여 등방성 전계 프로브를 사용하였다. 전계 프로브는 시험가능 체적의 꼭지점에 설치되며, 전계 프로브의 측정 위치 수는 IEC 61000-4-21에서 <표 1>과 같이 정의하고 있다.

<표 1> 측정 주파수에 따른 전계 프로브 측정 위치 수

측정 주파수	전계 프로브 측정 위치 수
$f_s \sim 10 f_s$ 미만	8개
$10 f_s$ 이상	3개

실험에 사용한 주파수는 2.46 GHz로 $10 f_s$ 를 초과하기 때문에 <표 1>에 따라 3개의 등방성 전계 프로브를 사용하여 3개의 위치에 대한 x, y, z축 전계강도를 측정하였으며 측정된 9개의 데이터를 바탕으로 전계 균일도를 구하였다. 전자파 잔향실의 전계 균일도는 각 측정 위치에서의 전계 데이터의 표준편차로 표현되며, 식 (1)에 의하여 얻을 수 있다.

$$\sigma_g = \sqrt{\frac{\sum_{m=1}^3 \sum_{n=1}^3 (\mathcal{E}_{m,n} - \langle \mathcal{E} \rangle_g)^2}{9-1}} \quad (1)$$

식 (1)에서 얻어진 값을 dB로 표현하기 위한 공식은 아래의 식 (2)와 같다.

$$\sigma (dB) = 20 \log \left(\frac{\sigma + \langle \mathcal{E}_{x,y,z} \rangle}{\langle \mathcal{E}_{x,y,z} \rangle} \right) \quad (2)$$

교반기의 회전수는 5 RPM으로 고정하였으며 전계 프로브 데이터는 교반기의 1회전에 대하여 취득하였다. 교반기 높이가 동일할 때와 교반

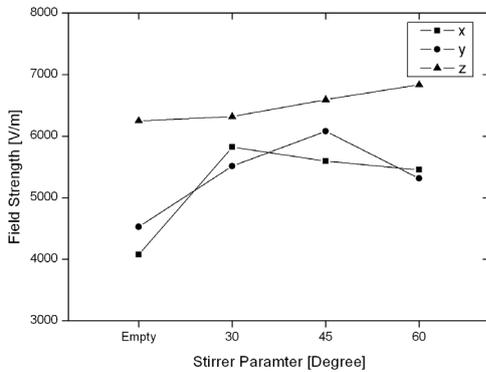
기 반사판 수가 동일한 경우에 대해 반사판 사이의 각을 매개변수로 하여 각각 30°, 45°, 60°로 변화시켜 실험하였다.

2.2 실험 결과

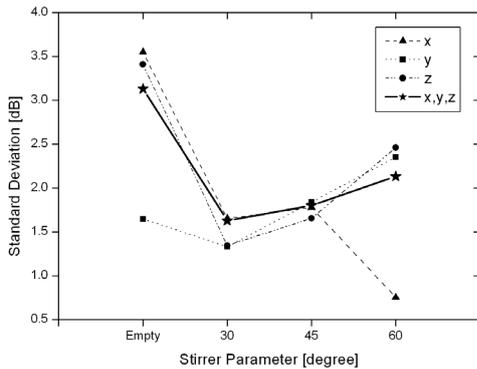
전자파 잔향실에서 교반기의 매개변수 변화에 따른 전계 균일도 변화는 <그림 3>, <그림 5>와 같으며, 교반기가 삽입된 전자파 잔향실의 전계 균일도가 빈 챔버의 전계 균일도에 비해 약 1~2dB 상승하였고 평균 전계강도 역시 빈 챔버에 비해 약 1~2dB 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 전자파 잔향실 내부에서 회전하는 교반기에 의해 경계조건이 연속적으로 변화하는 과정에서 내부 에너지의 균일한 확산이 이루어지기 때문으로 추측된다.

교반기의 매개변수 변화에 따른 x, y, z축 전계강도는 <그림 2>, <그림 4>와 같다. 전자파 잔향실의 경우 빈 챔버에 비해 x축 및 y축의 전계 균일도가 크게 향상되는 것을 확인할 수 있었다. 교반기가 없는 경우에는 전자파 발생원의 편파 정보가 소실되지 않고 남아있기 때문에 상대적으로 z축의 전계강도가 우세하게 나타나지만 교반기를 삽입한 경우에는 교반기에 의한 전자파의 산란 때문에 편파 특성이 사라지고 이로 인해 x, y축 방향의 편파가 증가하는 것으로 보인다.

교반기가 동일한 높이를 가질 때, 반사판의 각 변화에 의한 전계 균일도 변화는 <그림 3>과 같다. 동일한 높이를 가지는 교반기일 경우 반사판 사이의 각이 좁은 경우가 그렇지 않은 경우에 비해 더 우수한 전계 균일도를 나타내었다. 이는 교반기의 반사판 면적 증가에 의해 전자파 잔향실의 내부 에너지가 균일하게 형성되는 것으로 보인다.

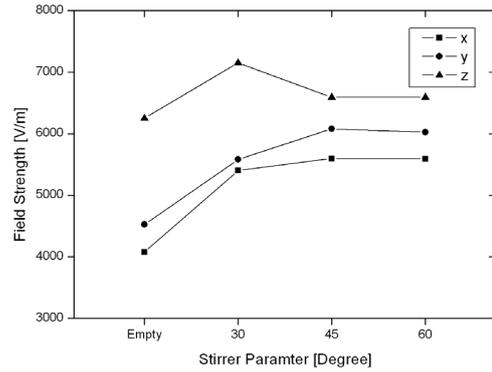


<그림 2> 높이가 동일한 경우 교반기의 각 변화에 의한 x, y, z축 전계강도 변화

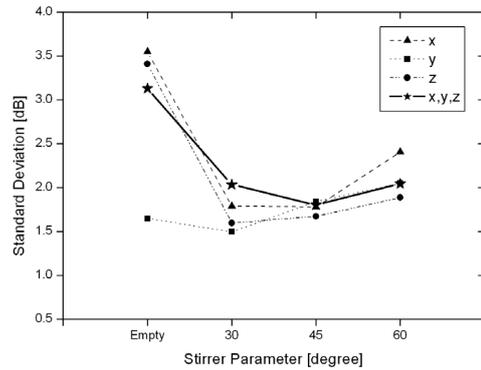


<그림 3> 높이가 동일한 경우 교반기의 각 변화에 의한 전계 균일도 변화

교반기의 반사판의 수가 동일할 때, 반사판의 각 변화에 의한 전계 균일도 변화는 <그림 5>와 같다. 반사판의 수가 동일한 경우에는 반사판의 각이 45°일 때 가장 좋은 전계 균일도를 나타내는 것을 알 수 있었다. <그림 4>에서 알 수 있듯이 반사판 사이의 각이 45°일 때 다른 각에 비해 x, y, z축 전계강도의 크기가 균일하게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 이는 경계조건 변화에 따른 내부 에너지 분포가 45°일 때 가장 균일하기 때문으로 보인다.



<그림 4> 반사판 수가 동일한 경우 교반기의 각 변화에 의한 x, y, z축 전계강도 변화



<그림 5> 반사판 수가 동일한 경우 교반기의 각 변화에 의한 전계 균일도 변화

3. 결 론

전자파 잔향실의 전계 균일도를 향상시키기 위해 사용되는 교반기는 그 형태의 변화에 따라 잔향실 내부의 전계 균일도를 변화시킨다. 실험 결과에 따르면 교반기의 변화에 따라 일정한 경향성을 나타내는 것을 알 수 있었다. 또한 교반기를 삽입하였을 경우 편파 정보가 소실되는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 교반기 형태의 특성에 의해 2개의 교반기 매개변수가 동시에 변화하여 위 실험의 결과로는 전계 균일도에 가장 큰 영향을 미치는 매개변수를 확정짓지 못하는 문제점이 발생하였다.

교반기의 성능에 가장 큰 영향을 미치는 교반기 매개변수를 결정하기 위하여 현재 추가적인 실험을 수행중이며, 차후 교반기의 회전 속도가 전자파 잔향실의 전계 분포에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 실험을 수행할 계획이다.

[참 고 문 헌]

- [1] Johnson D.M., Slocum M., Hoskins D., "High Power Radiated Susceptibility Testing of Rescue Hoist Systems in Reverberation Chambers", Digital Avionics Systems Conferences, 2000. Proceedings. DASC. The 19th, Volume 1, 7-13 Oct. 2000
- [2] IEC 61000-4-21, Electromagnetic compatibility(EMC) - Part 4-21 : "Testing and measurement techniques - Reverberation chamber test methods", 2003.
- [3] M. L. Crawford, G. H. Koepke, "Design, Evaluation, and Use of a Reverberation Chamber for Performing Electromagnetic Susceptibility / Vulnerability Measurements", NBS Technical Note 1092, April 1986.
- [4] David A. Hill, "Electromagnetic Theory of Reverberation Chamber", NIST Technical Note 1506, December, 1998.