

저주파 표준자기장 생성장치 개발

한국표준과학연구원 유 권상*, 박 영태, 김 영균, 김 윤배

DEVELOPMENT OF LOW FREQUENCY MAGNETIC FIELD STANDARD

KRISS K. S. RYU*, Y. T. PARK, Y. B. KIM

1. 서 론

1979년 Wertheimer와 Leeper가 고압선 송전선로 주변에 살고있는 소아의 백혈병 발생률이 보통의 경우보다 2~3 배 높게 나타나는 것을 보고한 후[1], 극저주파 전자파 (ELF-EMF)와 백혈병 혹은 암 발생과의 연관성이 국제적인 관심의 대상이 되고 있다. 1990년 미국 산업위생학회에서는 극저주파 자기장의 허용한계치를 $60/f$ (frequency) mT로 제시하였다[2]. 반면에 1993년에 국제방사성보호협회에서는 안전기준으로써 $80/f$ mT를 제시하였다[3]. 국내에서는 1998년 제 2회 전자장의 생체영향에 관한 워크숍에서 한국전력공사의 측정결과를 보고하였는데, 송전선로의 자기장 세기 $1.2 \mu\text{T}$ 는 가전기기의 자기장 세기 $1.4 \mu\text{T}$ 보다 크지 않는 수치임을 보고하였다[4].

저주파 자기장이 인체에 미치는 영향을 연구하기 위해서는 정밀정확한 저주파 자기장 측정이 반드시 이루어져야 하므로, 본 연구에서는 3축 헬름홀쯔 코일을 제작하여, 저주파 자기장 측정기의 교정에 이용하고자 한다.

2. 헬름홀쯔 코일의 제작 및 자기장 계산

헬름홀쯔 코일의 보빈 및 지지대는 비자성체이면서 정밀가공이 가능한 bakelite를 사용하였다. 코일은 직경 Φ 0.2 mm 구리선이 50 가닥으로 된 직경 Φ 2 mm의 테플론 피복 연선을 사용하였다. 보빈에 감긴 코일의 총 권선수는 144 회이며, 이들은 각각 12회 씩 감겨져 있는 12 층의 코일로 구성되어 있다. 동작 주파수가 증가하면 인덕턴스 영향으로 인하여 코일의 임피던스가 증가하므로, 12 층의 코일은 각각 4층 씩 구분하여 동작주파수에 따라 외부에서 병렬 혹은 직렬로 연결하여 사용할 수 있게 하였다. 각 보빈에 감겨진 총 코일의 중앙을 잡아서 유효반경으로 하면, 3축 헬름홀쯔 코일의 유효반경은 각각 626 mm, 541 mm 및 456 mm가 된다. 제작한 교류자기장 표준용 3축 헬름홀쯔 코일의 사진이 그림 1에 나타나 있다.

일반적으로 원형코일에 흐르는 전류에 의하여 발생하는 자기장을 구하는 방법으로는, 자기장을 Legendre 다항식으로 전개하여 구하는 방법과 타원 적분함수를 이용하여 구하는 방법으로 크게 나뉘어 진다. 후자는 수렴 속도는 비교적 느리지만 전 공간의 자기장을 구할 수 있는 장점을 지니고 있다.

반경 a 인 원통형 보빈에 두께를 무시할 수 있는 매우 얇은 판 도선이 외경 전면에 골고루 감겨져 있고, 한 쪽 끝의 길이가 음의 방향으로 무한대이며 유한한 한 쪽 끝이 그림 2와 같이 원통 좌표계의 원점에 존재하는 솔레노이드를 생각하자. 원점으로부터 축 방향 및 반경 방향으로 각각 x 및 ρ 만큼 떨어진 점 $P(x,\rho)$ 에서 축 방향 및 반경 방향의 자기장 성분은 솔레노이드에 흐르는 전류와 단위 길이 당 감겨진 권선 수의 곱을 $N'I$ A/m로 가정하면 각각 다음과 같이 주어진다[5].

$$B_x(x,\rho,a) = 2NI \times 10^{-7} \left[\pi - \frac{xK}{R_2} - \zeta(\Phi_2) \right] \quad [T] \quad (1)$$

$$B_r(x,\rho,a) = \frac{2a}{R_2} NI \times 10^{-7} \left[2 \left(\frac{K-E}{k^2} \right) - K \right] \quad [T] \quad (2)$$

3축 헬름홀쯔 코일 중 가장 작은 헬름홀쯔 코일에서 식 (1), (2)에 의해 헬름홀쯔 코일의 중심에 대해 규격화한 자기장이 그림 3에 주어져 있다.

3. 자기장 측정

교류 전류를 흘리면서 헬름홀쯔 코일의 코일상수를 측정하기 위한 개략도가 그림 4에 주어져 있다. 파형발생기에서 생성된 정현파를 전력증폭기로 증폭시켜 헬름홀쯔 코일에 전류를 흘리고, 헬름홀쯔 코일의 중심에 위치시킨 탐지코일과 록-인 증폭기의 신호 입력은 A mode로 하여 자기장을 측정하였다. 그리고 전류는 헬름홀

즈 코일에 shunt 저항을 연결하여 DVM으로 전압을 관측함으로써 측정하였다.

이와 같은 측정장치로 60 Hz 주파수의 교류 자기장에서 측정된 헬름홀츠 코일 코일상수가 그림 5에 주어졌 있는데, 코일상수는 2.87×10^{-4} T/A 이다. 그리고 측정된 균일도가 그림 6에 주어져있다. 축방향으로 ± 90 mm에서 0.1%, ± 110 mm에서 0.2%, ± 135 mm에서 0.3%의 균일도를 갖고, 반경방향으로는 ± 80 mm에서 0.1%, ± 90 mm에서 0.2%, ± 120 mm에서 0.5%의 균일도를 갖는 것으로 측정되었다.

4. 결 론

주파수 60 Hz에서 자기장 세기 5.72×10^2 A/m까지 발생시킬 수 있는 저주파 자기장 생성용 3축 헬름홀츠 코일을 제작하여 특성을 측정하였다. 가장 작은 헬름홀츠 코일에서 계산한 코일상수는 2.83×10^2 T/A이고 측정된 값은 2.87×10^2 T/A로 1%의 차이가 생기며, 이는 측정 시스템, 주변환경 및 코일을 박판으로 가정하여 계산하였기 때문에 기인한 것으로 사료된다. 제작한 헬름홀츠 코일을 이용하여 교류자기장 측정장치를 교정할 수 있다.

5. 참고문헌

- [1] N. Wertheimer and E. Leeper, Am. J. Epidemiol, 109, 273(1979).
- [2] American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Threshold limit values and biological exposure indices for 1990-1991 adopted by ACGIH, 119(1990).
- [3] National Radiological Protection Board. Documents of the NRPB, 4, 1(1993).
- [4] 김 문덕, 제2회 전자장의 생체영향에 관한 워크숍, p. 206(1998. 5).
- [5] Chester Snow, Applied Mathematics Series 38, NBS(1953).

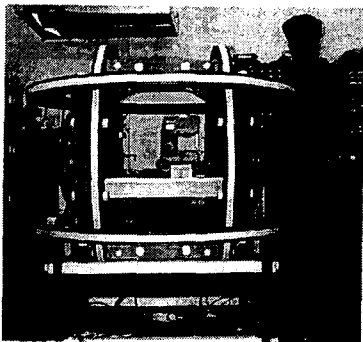


Fig.1. Photograph of constructed 3-axes Helmholtz.

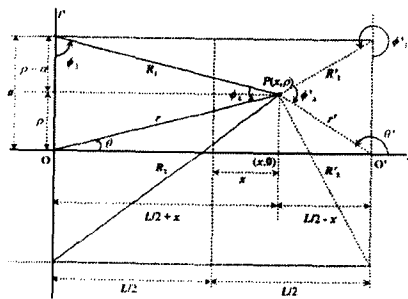


Fig.2. Thin solenoid at cylindrical coordinate system.

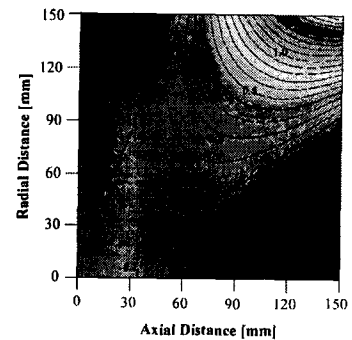


Fig.3. Axial field uniformity normalized to center's at small helmholtz coil.

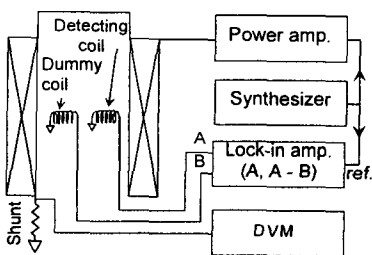


Fig.4. Blockdiagram for measuring coil constant and field uniformity.

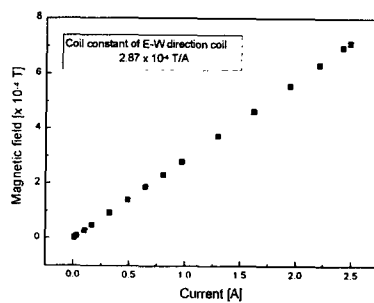


Fig.5. Coil constant of constructed Helmholtz coil at 60 Hz.

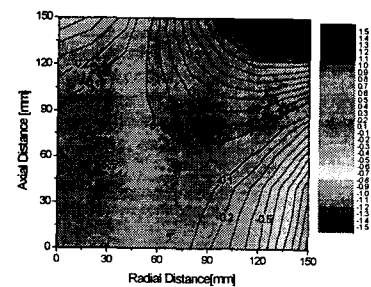


Fig.6. Measured field uniformity of constructed small Helmholtz coil.