

저자장 표준 시스템 제작

한국표준과학연구원 자기연구실 박포규*, 손대락, 우병철, 김창석

Construction of a Low Magnetic Field Standard System

Korea Research Institute of Standards and Science P.G.Park*, D.Son, B.C.Woo, C.S.Kim

1. 서 론

저자장과 관련된 측정기술은 항공·우주분야, 생체자기학 (biomagnetism) 등의 첨단산업분야 뿐만 아니라 각종 전자산업 및 군수산업 등에 이용되고 있다. 예를 들면 fluxgate 마그네토미터는 저자장 변화를 측정한다든지, 초전도 간섭현상을 이용한 SQUID 마그네토미터는 인체에서 발생하는 미세한 자장까지 측정 가능한 단계에 이르렀다. 저자장 측정기술과 이에 연관된 연구를 수행하기 위해서는 표준 저자장을 발생·제어 시키는 기술이 필수적이다. 이러한 측정기술을 이용하여 저자장 센서의 특성조사, 저자장 측정장비의 교정 및 시험검사에 활용할 수 있도록 제작된 1 mT 이하의 저자장 표준시스템을 기술한다.

2. 저자장 상쇄시스템 및 저자장 발생시스템 제작

1) 저자장 상쇄시스템 제작

저자장 표준을 확립하기 위해서 요구되는 정확도의 자장을 솔레노이드나 헬름홀츠코일을 사용하여 발생시키는데, 이 경우 저자장이 발생된 자장과 함께 존재하기 때문에 정확한 표준자장을 얻기가 어렵게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 저자장 변화 관측용으로 직경이 각각 0.74 m, 0.86 m, 0.98 m 인 소형 3축 헬름홀츠코일과 저자장 상쇄용으로 직경이 각각 1.5 m, 1.74 m, 1.96 m 인 3축 대형 헬름홀츠코일을 제작하였다. 저자장 변화 관측은 3-축 fluxgate 마그네토미터를 사용하여 소형 헬름홀츠코일의 중심에서 측정하였다. 저자장 성분을 각각 시간에 따라 변하지 않는 main field 와 시간에 따라 변하는 미소변화자장으로 나누어서 상쇄시키는 방법을 사용하였다. 관측된 저자장의 main-field를 대형 헬름홀츠 코일에 정전류를 인가하여 상쇄시킨 후, 미소변화자장은 궤환회로를 이용하여 자동적으로 상쇄되어 지도록 저자장 상쇄시스템을 구성하였다.

2) 저자장 발생시스템 제작

정확하고 균일한 자장을 발생시키기 위하여 표준솔레노이드의 재질은 온도에 따른 변형 및 자화율이 적고, 절연율이 우수한 석영을 사용하였다. 선반을 이용하여 직경 및 피치를 정밀하게 가공하였는데 치수는 평균피치가 $999.95\mu\text{m}$ 이고, 평균반경이 101.1995 mm 으로 측정 되었다. 자장균일도를 향상시키기 위하여 단층솔레노이드에 주전류 이외에 중심에서 대칭인 2개의 보조전류를 인가하는 three-current 방법(1,2)을 사용하여(Fig.1) 주전류와 보조전류비(I_1/I), 보조전류를 인가하는 위치(L_1, L_2)를 변화시켰을 때 축방향성분의 자장이 축상에서 최대의 균일도를 주는 조건($I_1/I = 83/1000$, $L_1 = 253\text{ mm}$, $L_2 = 285\text{ mm}$)을 구하였다. 이러한 조건을 대입한 three-current 방법과 single current 를 사용할때 얻어지는 자장분포를 비교분석한 결과를 Fig.2에 나타냈다. 또한 솔레노이드의 피치 및 반경의 변화에 따른 자장의 변화를 계산하였으며, 솔레노이드 중심축상에서 자장을 계산한 값과 fluxgate 마그네토미터로 측정된 값을 비교 분석하였다.

3. 결론

완성된 저자장 상쇄시스템을 이용하여 실험실내에서 분석한 결과 안정도가 2nT/h, $\pm 5\text{ cm}$ 범위에서 20nT의 균일도로 저자장을 상쇄시킬 수 있는 zero-field 공간을 형성하였다. 저자장 발생시스템은 single current 방법에 의한 자장생성의 경우 코일상수가 $1.226 \times 10^{-3}\text{ T/A}$, 자장의 균일도가 $\pm 5\text{ cm}$

범위에서 0.1%의 자장을 생성시킬수 있었으나, 3-current 방법에 의한 자장생성의 경우 코일상수가 $1.2296 \times 10^{-3} \text{ T/A}$ 이고 균일도가 $\pm 5 \text{ cm}$ 범위에서 100 ppm의 표준자장을 생성시킬수 있었다. 완성된 저자장 표준시스템 (Fig. 3)을 이용하여 1 mT 이하의 자장영역에서 100nT의 분해능으로 최대 100 ppm의 정밀도로 저자장 측정장비 교정이나 특성검사를 할 수 있으며, 또한 DC - 100 Hz 범위에서의 동특성 측정도 가능하도록 하였다.

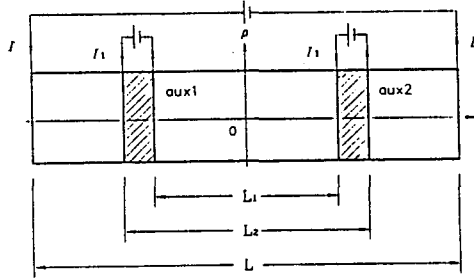


Fig. 1. Schematic diagram of three-current injection method.

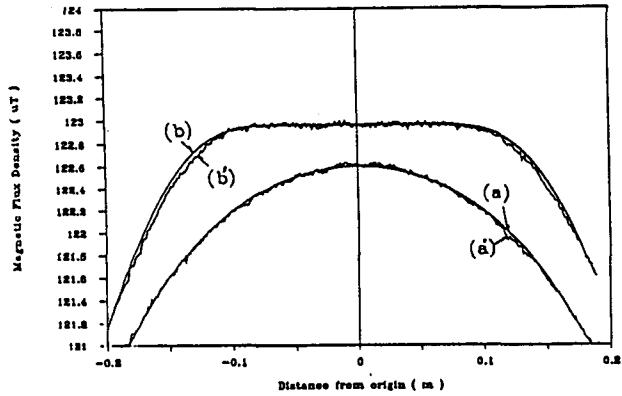


Fig. 2. Magnetic field distribution in solenoid along z-axis for (a) single current, (b) three-current calculation and (a') single current, (b') three-current measurement.

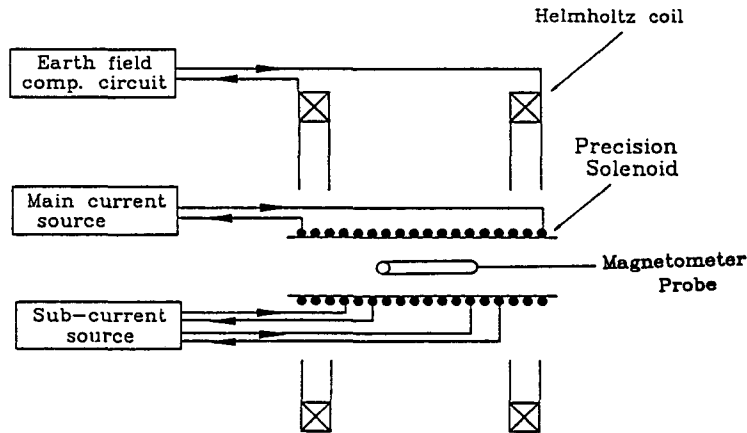


Fig. 3. Block diagram of low magnetic field standard system.

참 고 문 헌

1. Chest Snow and R. L. Driscoll, J. NBS., 69C, 49 (1965).
2. K. Weyand, Archive fur Elektrotechnik, 69, 287 (1986).