

양성자 자기회전비율 측정을 위한 지자장 상쇄장치 제작*

우병철 · 박포규 · 김철기 · 유권상 · 김창석

한국표준과학연구원 자기연구실

(1992년 4월 13일 받음)

저자장방법으로 양성자 자기회전비율을 측정할 때, 지자장을 상쇄시켜 무자장 실험공간을 형성시킬 필요가 있다. 이를 위해 일정한 자장성분은 헬름홀츠코일에 흐르는 정전류에 의하여 상쇄되고, 미소변화 자장은 폐회로를 구성하는 케환장치에 의해 자동적으로 상쇄되는 지자장 상쇄장치를 설계하였다. 지자장성분을 상쇄하기 위해 코일상수가 같은 대형 및 소형 3축 헬름홀츠코일과 미소변화 자장 상쇄용 케환증폭기를 제작하였다. 제작된 시스템을 사용하여 일반실험실 내에서 예비실험을 한 결과 수십 μT 의 일정한 자장성분과 $\pm 100\text{ nT}$ 의 미소변화 자장을 상쇄하여 잔류자장이 $\pm 10\text{ nT}$ 이하인 공간을 형성하였다.

I. 서 론

순수한 물속에 존재하는 양성자의 자기모멘트와 각운동량의 비로 정의되는 양성자 자기회전비율(γ_p')은 자속밀도와 양성자 회전주파수를 측정함으로써 결정된다 [1].

저자장방법에서 자속밀도($\sim 1\text{ mT}$)는 대형 솔레노이드에서 생성되며, 솔레노이드 중앙에 위치한 물시편의 양성자 회전주파수는 핵자기공명에 의해 측정된다[2-4]. 이러한 양성자 자기회전비율을 결정하기 위하여서는 물시편이 위치하는 솔레노이드 내부에 매우 정밀하고 균일한 자장이 요구된다.

따라서 솔레노이드에서 생성된 자장이 주변의 자성체나 인위적인 외부자장원과의 상호작용에 의하여 영향을 받지 않도록, 이들로부터 떨어진 비자성실내에 솔레노이드가 위치하게 된다. 그러나 비자성실내에도 수십 μT 수준의 지자장이 존재하므로 이를 수 nT 이하로 상쇄해서 무자장공간을 형성시킨 후 정밀한 솔레노이드 자장을 생성시킬 필요가 있다. 이를 위해 비자성실로부터 떨어진 관측실에서 지자장변화를 측정하여, 이와 크기가 같고 방향이 반대인 자장을 인위적으로 발생시켜 솔레노이드 중앙에 지자장이 상쇄된 공간을 형성하게 된다[4-8].

본 연구에서는 저자장 영역에서 분해능이 우수하고 방향성분 측정이 가능한 fluxgate 마그네토미터[9]로 지자

장변화를 관측하고, 인위적인 자장생성장치로는 비교적 작업공간이 크고 넓은 공간에 균일한 자장을 생성하는 헬름홀츠코일[10]을 사용하였다. 지자장의 아주 미소한 성분까지 상쇄하기 위하여 일정한 자장과 미소변화 자장을 분리하여 상쇄하도록 하였다. 이를 위해 헬름홀츠코일 자장이 솔레노이드 자장의 균일도에 영향을 미치지 않는 최적화 조건에 따라 대,소형 헬름홀츠코일을 제작하고, 미소변화 자장상쇄에 필요한 케환증폭기를 제작하여 각각의 성능을 조사하였다.

현재 비자성실 및 관측실이 완공되지 않은 관계로, 일반실험실 내에 제작한 지자장 상쇄장치를 구성하고 무자장 공간을 형성하기 위한 예비실험을 수행한 결과를 보고한다.

II. 지자장 상쇄 개요

대형 솔레노이드 (길이 $\sim 1\text{ m}$, 반경 $\sim 100\text{ mm}$)가 위치할 비자성실을 건물과 도로 등으로부터 약 120 m 이상 떨어지게 하고, 지자장변화 측정을 위한 관측실은 비자성실로부터 약 40 m 정도 되는 곳에 위치하도록 설계했다[8]. 한편, 지자장 측정장치가 솔레노이드 축방향자장의 영향을 가장 작게 받도록, 관측실은 솔레노이드의 축방향과 약 55°의 각을 이루게 된다[6,11,12].

비자성실 내에는 대형 3축 헬름홀츠코일(직경 $\sim 2\text{ m}$)이 위치하고, 관측실에는 소형 3축 헬름홀츠코일(직경 $\sim 1\text{ m}$)이 위치하게 되며, 시간에 따라서 비교적 변하지 않는 일정한 자장과 미소변화 자장을 분리하여 상쇄하기 위

*본 연구는 과학기술처 시행 특성연구개발 사업의 일환으로 수행되었음.

하여 대.소형 헬름홀츠코일은 각각 주권선과 케환권선으로 이루어졌다.

소형 3축 헬름홀츠코일의 중앙에 위치한 3축 fluxgate 마그네토미터가 지자장의 각 방향성분을 측정하게 되며, 대부분의 일정한 자장은 정전류원에서 주권선으로 인가 되는 전류에 의하여 상쇄되고, 미소변화 자장만이 fluxgate 마그네토미터의 출력으로 나타나게된다. 이 출력을 케환증폭기로 증폭한 후 이에 비례하는 전류를 케환권선에 공급하여, fluxgate 마그네토미터의 출력을 항상 0이 되게 함으로써 미소변화 자장이 자동적으로 상쇄되게 하였다. 설계된 지자장 상쇄시스템의 개요도는 그림 1 과 같다.

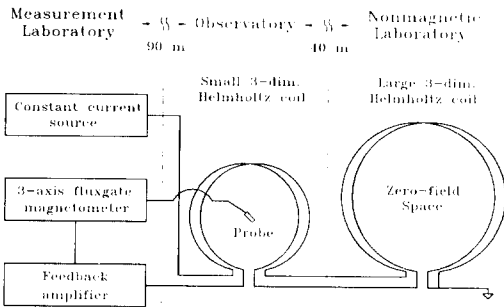


Fig. 1. Schematic diagram of an earth's field compensation system.

지자장 상쇄장치 설계시 필요한 실제 지자장을 알아보기 위하여, proton 마그네토미터 및 지자장 측정장치(Sokki사, GSI)로 비자성실이 위치할 지점에서 지자장을 하루동안 측정하였다. 지자장의 크기는 49, 976 nT였으며, 수직, E-W 및 N-S 방향의 성분은 각각 39,359 nT, 4,148 nT 및 30, 518 nT였다. 또한 미소변화 자장은 E-W 방향에서 약 60 nT, 그외 방향에서는 각각 약 25 nT였다. 따라서 이러한 지자장을 수 nT 이하로 상쇄할 수 있도록 지자장 상쇄장치를 설계하였다.

III. 헬름홀츠코일 설계제작

양성자 자기회전비율을 수 ppm 이하의 불확도로 정밀하게 측정하기 위해서는 반경 수십 mm 의 공간에서 약 0.1 nT 정도의 균일도를 지닌 약 1 mT 의 정밀한 자장이 요구된다[2-4]. 헬름홀츠코일에서 발생하는 자장이 솔레노이드 자장의 균일도에 영향을 미치지 않도록 하기

위하여, 헬름홀츠코일은 지자장 상쇄시 중앙의 반경 30 mm 공간내에서 약 0.01 nT의 균일한 자장을 생성할 수 있도록 하였다. 지자장의 각 방향성분을 최대값인 40 μ T로 감안하면, 헬름홀츠코일은 약 0.25ppm의 균일도를 지녀야 한다. 일반적으로 헬름홀츠코일은 동일한 두 개의 원형전류가 한축상에서 그 반경과 같은 거리를 두고 축에 수직하게 놓인 것을 말하며, 이때 중앙에서는 미소 거리 변화에 대한 자장변화율이 매우 작아 균일한 자장공간을 형성하게 되며, 보다 넓은 공간에 균일한 자장을 얻으려면 코일 사이의 거리를 미소 조정하면 된다[10,13].

이와같은 이상적인 헬름홀츠코일(반경 a) 측상의 자장을 이용하여, 중앙의 주어진 공간($\pm x$) 내에서 얻을 수 있는 최대 자장균일도와 이때 두 코일 사이의 거리($2x_0$)를 구하고 반경에 대하여 규격화한 각각의 값을 그림 2에 나타냈다.

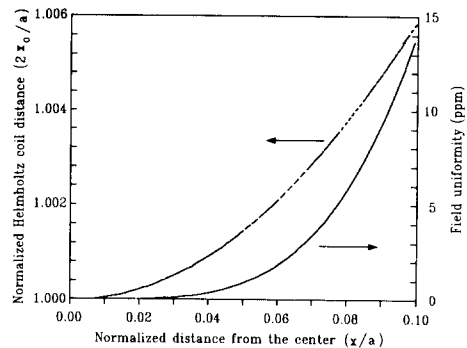


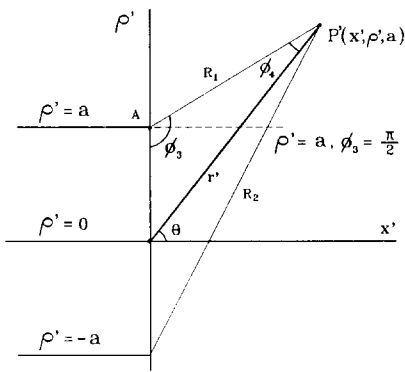
Fig. 2. The best field uniformity and the normalized coil distance($2x_0/a$) within the center region(x/a) on the axis of an ideal Helmholtz coil.

헬름홀츠코일의 중앙에서 0.25ppm의 균일도를 얻기 위해서는, 필요한 공간(x)의 헬름홀츠코일 반경(a)에 대한 비가 약 0.0351 이하가 되어야 하고, 헬름홀츠코일 사이의 거리는 반경의 1.0007배가 되어야 함을 그림 2에서 알 수 있다. 필요한 공간이 30 mm 이면 헬름홀츠코일의 최소 반경은 약 855 mm이며, 이때 헬름홀츠코일 사이의 거리는 855.6 mm이다.

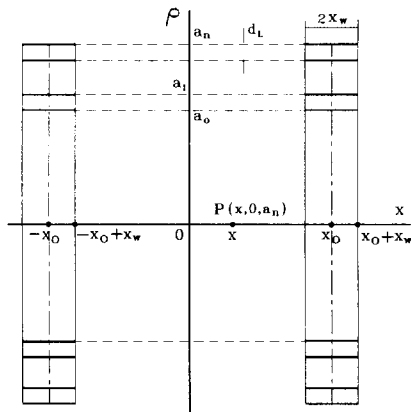
양성자 자기회전비율 측정시 불확도에 가장 큰 영향을 미치는 솔레노이드 축방향[14]과 같은 방향으로 위치하게 될 대형 3축 헬름홀츠코일 보빈의 외반경을 865 mm로 하고, 나머지는 각각 745 및 985 mm로 결정하였다. 각각의 주권선은 직경 1.03 mm의 코일을 보빈 위에 18회씩 10겹으로, 케환권선은 각각의 권선을 18회씩 2겹

으로 하였다.

그러나 실제 헬름홀츠코일은 한 쌍의 원형전류가 아니라, 여러개의 원형전류로 이루어지므로 이들을 고려하여야 한다. 코일의 helical 특성과 축방향 전류성분을 무시하고 각겹의 코일을 원통형 전류 sheet로 간주하면, 한 쪽 끝이 무한히 긴 한 겹의 코일은 원통형 좌표계에서 그림 3-(a) 와 같이 표시할 수 있다.



(a)



(b)

Fig. 3. (a) A cylindrical current sheet with an infinite end.

(b) Practical Helmholtz coil composed of multi-layered current sheet.

이에 단위길이당 단위전류가 흐르면, 거리 r' 인 점에서 축방향 자장은 다음과 같다[15].

$$B_z(x', \rho', a) = \mu_0 \left[2\pi - \frac{2x'K}{R_2} - 2\zeta(\phi_3) \right] \quad (1)$$

여기서, zeta 함수인 $\zeta(\phi_3) = K \cdot E(\phi_3, k') - (K-E) \cdot F(\phi_3, k')$ 로 주어지며, modulus $k' = R_1/R_2$ 이다. K 및 E 는 각각 제 1종 및 제 2종 타원함수로 modulus k

$= 2(a/\rho')^{1/2}/R_2$ 이며, $F(\phi_3, k')$ 및 $E(\phi_3, k')$ 는 각각 제 1종 및 제 2종 완전타원함수이다. 그림 3-(b)에서와 같이 헬름홀츠코일의 권선의 폭을 $2x_w$, 감긴 겹을 N_L , 각 겹의 간격을 d_L , 첫 권선의 중심반경을 a_0 , 그리고 두 코일중심 사이의 거리를 $2x_0$ 라 하면, 축상의 중심으로부터 x 떨어진 점에서 축방향 자장 B_x 는 다음과 같이 주어진다.

$$B_x = \sum_{n=1}^{N_L} [B_x'(x_0 + x - x_w, 0, a_n) - B_x'(x_0 + x + x_w, 0, a_n) + B_x'(x_0 - x - x_w, 0, a_n) - B_x'(x_0 - x + x_w, 0, a_n)] \quad (2)$$

여기서 $a_n = a_0 + d_L \cdot (n-1)$ 이다.

헬름홀츠코일 축상의 자장을 식(1) 및 (2)로부터 수치해석 방법으로 구하여, 중앙의 30 mm 내의 공간에서 최대균일도를 얻기 위한 코일중심 사이의 거리를 최적화시켰다. 이때 각겹 코일의 간격을 최소인 0.89 mm 로 하였다. 최적화된 대형 3축 헬름홀츠코일의 두 코일중심 사이의 거리는 각각 869.5 mm, 749.6 mm 및 991.4 mm였으며, 축상에서 얻을 수 있는 최대 균일도는 각각 0.22 ppm, 0.40 ppm 및 0.14 ppm 이었다. 한편 소형은 대형과 코일상수가 같도록 하기 위하여 반경 및 권선수를 각각 대형의 절반으로 하였다. 헬름홀츠코일의 보빈 및 지지대는 10 mm 두께의 홍송 원목판을 여러겹으로 접착하여 제작했다. 대형 헬름홀츠코일 각 보빈의 두께를 60 mm, 그리고 폭을 120 mm로 하고 바깥에는 코일권선을 위하여 폭 20 mm, 길이 15 mm 의 홈을, 소형의 경우는 두께 30 mm, 폭 60 mm 보빈에 폭 20 mm, 길이 15 mm 의 홈을 각각 대형선반으로 가공하였다.

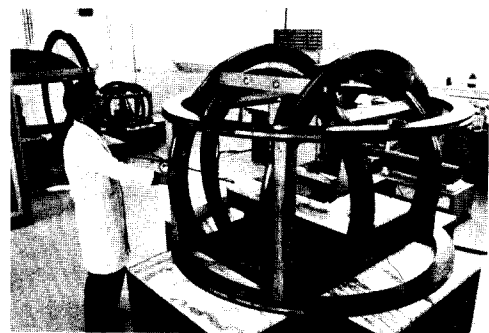


Fig. 4. General view of the three-dimensional Helmholtz coils.

직류모터를 이용하여 보빈을 천천히 회전시키면서 각 헬름홀츠코일 권선을 감았으며, 각 겹 사이에는 절연지를 삽입시켰다. 이와같이 제작하여 조립한 3 축 헬름홀츠코일의 사진은 그림 4 와 같다.

IV. 헬름홀츠코일 특성분석

제작된 헬름홀츠코일의 자장균일도는 과형합성기(HP, 3325) 및 전력증폭기(Krohn-Hite, 7500)로 45 Hz 정현파전류(∼0.5 A_{rms})를 헬름홀츠코일로 흘리고, 탐지코일에 유기되는 신호를 lock-in 증폭기(EG & G PAR, 5210)로 측정하여 이를 구하였다. 길이가 약 10 mm, 외경이 약 15 mm, 그리고 유효면적권선수가 0.296 m² 인 탐지코일을 헬름홀츠코일의 중앙에 위치시킬 때 이에 유기되는 신호의 크기는 약 2.74 mV 였다. 측정분해능을 향상시키기 위하여 헬름홀츠코일 내부에 신호측정용과 유효면적권선수가 거의 같은 탐지코일을 고정시키고 서로 기전력이 상쇄되는 방향으로 연결하여, 그 양더의 기전력이 수십 μV 이하가 되도록 하였다. 그러다음, 신호 측정용 탐지코일을 측정에서 1 cm 간격으로 움직이면서 두 탐지코일의 기전력 차이를 측정하여 자장균일도를 구하였다. 자장균일도는 탐지코일의 신호를 1초 간격으로 150회 측정하고 평균하여 구하였으며, 측정감도는 약 2.7 nV/ppm 이다.

솔레노이드 축방향으로 위치하게 될, 반경이 865 mm 이고 두 코일중심 사이의 거리가 869.5 mm인 대형헬름홀츠코일 중앙의 축상에서 자장균일도를 측정한 결과를 그림 5 에 표시하였다.

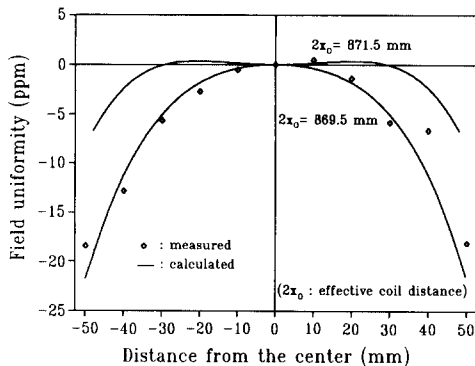


Fig. 5. Magnetic field uniformity near the center on the axis of large Helmholtz coil (effective radius : 871 mm).

측정한 자장균일도는 중앙의 30 mm에서 약 5ppm 으로 나타났는데, 이는 설계시 고려하지 못한 각겹의 코일 사이에 삽입한 절연지로 인하여 평균간격이 0.89 mm가 아닌 1.18 mm로 된 것이 주영향으로 여겨진다. 실제 측정한 자장균일도는 코일중심 사이의 거리를 869.5 mm로 하고 각 겹의 코일간격을 1.18 mm로 하여 계산한 값과 거의 일치한다. 그러므로 중앙의 30 mm에서 약 0.22 ppm의 균일자장을 얻기 위해서는 제작한 코일중심 사이의 거리를 약 2 mm 크게하여야 함을 알 수 있다. 각 겹의 코일간격을 1.18 mm하여 최적화된 다른 두 방향의 대형 헬름홀츠코일 중심 사이의 거리는 각각 751.6 mm 및 991.4 mm 이다.

한편 헬름홀츠코일의 코일상수는 정전류공급장치(FLUKE, 382A) 및 홀효과 가우스미터(RFL, 912)를 이용하여 측정하였으며, 각각의 헬름홀츠코일의 사양을 표 I 에 나타내었다.

V. 케환증폭기 제작

미소변화 자장 상쇄장치는 그림 1 과 같이 fluxgate 마그네토미터, 케환증폭기 및 헬름홀츠코일로 이루어진 폐로를 형성하여, 외부자장이 변할 때 마다 이에 비례하고 방향이 반대인 자장을 생성하여 미소변화 자장을 상쇄하게 된다. 외부의 미소변화 자장을 B_{ex} (nT), fluxgate 마그네토미터의 전달함수를 F (V/nT), 케환증폭기의 전달함수를 G (mA/V), 그리고 케환권선의 코일상수를 H (nT/mA)라 하면 상쇄된 자장 B_c (nT)는 다음과 같이 주어진다.

$$B_c = \frac{B_{ex}}{1 - F \cdot G \cdot H} \quad (3)$$

케환증폭기의 입력전압, 즉, fluxgate 마그네토미터의 출력력을 V_i , 전압증폭도를 A_v , 출력저항을 R_o , 그리고 헬름홀츠코일의 케환권선의 총저항을 R_n 라하면, 케환증폭기의 전달함수 $G = A_v / (V_i \cdot (R_o + R_n))$ 로 주어진다. 비자성실에서 미소변화 자장을 ±60 nT/day로 보고 이를 1 nT/day 이하로 상쇄하기 위해서는 전체 케환회로의 이득이 적어도 60 이상이 되어야 한다. Fluxgate 마그네토미터의 전달함수를 0.1 V/nT로 보면, 케환권선의 코일상수가 약 33~43 nT/mA이므로 케환증폭기의 전달함수는 적어도 11~15 mA/V 이상이 되어야 한다. 케환증폭기는 전압증폭기 형태로하여, 입력신호를 저주파 통과 여파기를 거쳐 증폭하고 그 출력단에 가변저항을 직렬

Table 1. Specifications of the three-dimensional Helmholtz coils.

		main coils					feedback coils		
type	axis	effective diameter (mm)	effective distance (mm)	coil turns (turn)	coil constant (nT/mA)	wire resist. (ohm)	coil turns (turn)	coil constant (nT/mA)	wire resist. (ohm)
large	x	1,502	751.6	180	216	48	36	43.9	9
	y	1,742	871.5	180	186	54	36	37.2	11
	z	1,982	991.4	180	163	60	36	32.6	12
small	x	752	370	90	218	12	18	43.4	2
	y	872	430	90	188	13	18	37.4	3
	z	992	490	90	165	15	18	32.8	3

로 연결하여 전달함수를 조정할 수 있게 하였다. 또한 fluxgate 마그네토미터의 출력전압과 케환증폭기의 출력 전류를 각각 3 · 1/2 dig. LED 및 아날로그 출력으로 나타내어 상쇄된 자장 및 미소변화 자장을 관측할 수 있게 하였다.

이와같이 제작된 케환증폭기의 특성을 알아보기 위하여 대 · 소형 헬름홀츠코일의 보빈위에 별도로 감은 권선을 직렬로 연결하고, 전류를 흘려 자장변화를 유지시키면서 fluxgate 마그네토미터(RFL, 101)로 상쇄된 자장을 측정하였다.

그 결과 외부자장을 60 nT 범위에서 변화시킬 때 상쇄된 잔류자장은 약 1.0 nT 이내가 되었다. 케환증폭기의 전달함수를 크게하면 외부자장을 미세하게 상쇄할 수 있으나 fluxgate 마그네토미터의 주파수응답 특성(cut off 주파수 : 60 Hz) 및 헬름홀츠코일의 임피던스 등의 영향으로 인하여 케환증폭기가 발전하게 된다. 약 ±60 nT의 미소변화 자장을 ±1.0 nT 이하로 상쇄하기 위해서는 케환회로의 이득을 약 60으로 해야하는데, 이를 위해서는 케환증폭기의 응답주파수를 약 0.4 Hz 이하로 해야했다.

VI. 실험실내에서의 지자장 상쇄

비자성실이 완공되지 않은 관계로 일반실험실내에 자장변화가 유사한 약 7m정도 떨어진 두 곳을 선정하여 대 · 소형 헬름홀츠코일을 위치시키고, 제작한 시스템을 이용하여 지자장 상쇄실험을 수행하였다. 대 · 소형 헬름홀츠코일의 각각의 권선을 방향 및 기능별로 자장 생성방향에 같도록 연결하고, 소형헬름홀츠코일의 중앙에 3축 fluxgate 마그네토미터(Thorn Automation Ltd., FG-4/3)를 위치시켰다.

표 1에서 보듯이 소형 헬름홀츠코일의 코일상수가 대

형 보다 약간 크므로 소형 헬름홀츠코일의 주권선에 150 ohm의 가변저항을 병렬로 연결하여 전류를 분류시키므로써 코일상수를 거의 같게 하였다. 각각의 주권선에 정전류원(Fluke, 382A)으로 전류를 흘려서 대부분의 지자장을 상쇄하여 잔류자장이 수 nT 이하가 되게하고, 각 방향의 케환권선, 3축 fluxgate 마그네토미터 및 케환증폭기를 각각 연결하여 케환회로를 구성하였다. 비교적 인위적인 외부자장의 영향이 작은 밤에 지자장 상쇄실험을 각 방향으로 5시간 동안 수행한 결과를 그림 6에 표시하였다.

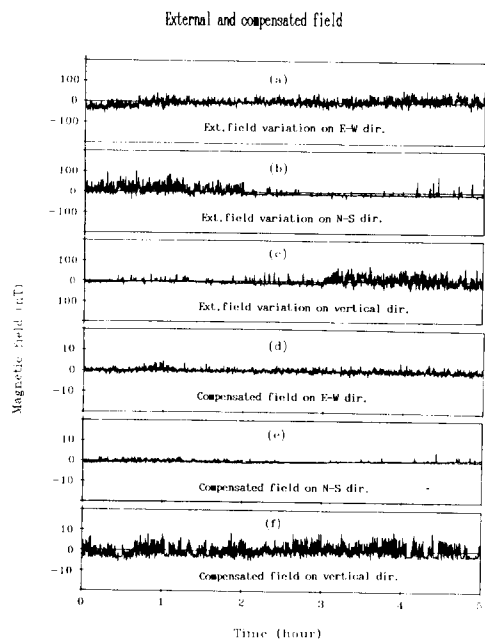


Fig. 6. Earth's field compensation at an ordinary laboratory during night.

대형 헬름홀츠코일 중앙에서 fluxgate 마그네토미터를 이용하여 상쇄된 자장을 측정하고, 지자장의 변화는 폐환 증폭기에서 헬름홀츠코일로 흐르는 전류를 측정하여 코일상수로 부터 구한 값이다. 각 방향별로 외부자장이 약 100 nT 정도 변할 때 상쇄된 공간에서 잔류자장은 약 10 nT 이하로 변하는 것을 알 수 있었다.

폐환회로가 외부변화 자장을 수 nT 이하로 상쇄하지 못한 것으로 나타났는데, 이는 좁은 실험실내에서 실험을 수행하였기 때문에 대·소형 헬름홀츠코일의 상호작용과, 지자장 관측 및 상쇄지점에서 외부변화 자장의 차이에 기인한 것으로 여겨진다.

VII. 결 론

양성자 자기회전비율을 측정할 때 지자장을 상쇄하기 위하여, 대·소형 3축 헬름홀츠코일, 폐환증폭기 및 3축 fluxgate 마그네토미터로 구성되는 지자장 상쇄장치를 제작하였다. 각 방향의 대형 헬름홀츠코일에서 최대 균일 자장을 얻기 위해서는 코일사이의 거리를 미세조정하여야 하며, 미소변화 자장 상쇄를 위한 폐환회로는 0.4 Hz 이하의 미소변화 자장을 약 1 nT 이하로 상쇄할 수 있는 특성을 지니고 있음을 알 수 있었다.

이와같은 지자장 상쇄장치로 일반실험실에서 지자장을 상쇄하여 잔류자장이 약 10 nT 이하인 공간을 형성할 수 있었으며, 현재 신축중인 비자성실이 완공되면 이를 이용하여 지자장의 일정한 자장성분 및 미소변화 자장을 수 nT 이하로 지자장이 상쇄된 공간을 얻을 수 있으리라 본다.

참 고 문 헌

[1] B. Petley, The Fundamental Physical Constants and the Frontier of Measurement, Adam Hilger Ltd., Bristol(1985) pp.119-121.
[2] E. R. Williams, et. al., IEEE Trans. Instrum.

Meas., **IM-38**, 233(1989).
[3] H. Nakamura, et. al., IEEE Trans. Instrum. Meas., **IM-36**, 196(1987).
[4] K.Weyand, IEEE Trans. Instrum. Meas., **IM-34**, 167(1985).
[5] W. Chiao, et. al., IEEE Trans. Instrum. Meas., **IM-29**, 238(1980).
[6] R. L. Driscoll and P. T. Oslen, Rev. Sci. Instrum., **42**, 1427(1971).
[7] H. Sasaki, et. al., Trans. I.E.E. of Jpn., **105**, 132 (1985).
[8] 김창석, 김철기, 우병철, 유권상, 박포규, “양성자 자기회전비율 측정연구”, KSRI-91-101-IR (1991).
[9] D. I. Gordon and R. E. Brown, IEEE Trans. Mag., **Mag-8**(1), 76(1972).
[10] K. Kaminishi and S. Nawata, Rev. Sci. Instrum., **52**(3), 447(1981).
[11] P. Lorrain and D. R. Corson, Electromagnetic Fields and Waves, W. H. Freeman and Co., San Fransico(1970) pp.319-312.
[12] C. G. Kim, B. C. Woo, K. S. Ryu, and C. S. Kim, Progress in the Measurement of Proton Gyromagnetic Ratio at KRISS, in Proceedings of the Fourth ROK-ROC Metrology Symposium, May(1992). pp. 393-398.
[13] J. R. Reitz, et. al., Foundations of Eletromagnetic Theory, Addison-Wesley Pub. Co., Massachusetts(1979) pp.168-171.
[14] P. Vegoureaux, Precision Measurement and Fundamental Constant, NBS Spec. Pub. **343**, 111 (1971) [15] C. Snow, NBS Appl. Math. Series, **30**, (1953) pp.1-15.

Construction of an Earth's Field Compensation System for the Measurement of Proton Gyromagnetic Ratio

B.C. Woo, P.G. Park, C.G. Kim, K.S. Ryu, and C.S. Kim

Korea Research Institute of Standards and Science,

P.O.Box 3, Taedok Science Town, Taejon 305-606

(Received 13 April 1992)

In the measurement of proton gyromagnetic ratio by a low field technique, the compensation of earth's field is required to keep a zero-field space. The constant earth's field is compensated by a current flowing through a Helmholtz coil, whereas small time-varying component is compensated automatically by a closed loop of feedback system. A feedback amplifier, and two three-dimensional Helmholtz coils having the same coil constant have been constructed in order to compensate the earth's field. Preliminary test performed at the ordinary laboratory showed that the time-varying field of ± 100 nT and the constant field have been reduced to the level of ± 10 nT using the compensating system.