

## 브라운관의 자기장 영향 분석용 저자기장 제어 장치의 설계 및 제작

박포규\* · 김영균 · 신석우

한국표준과학연구원, 전자기표준연구부  
대전 유성구 유성우체국사서함 102호, 305-600

최형호 · 김태익

(주)대동전기, 경북 구미시 공단동 120

정동근

구미기능대학, 전자과, 경북 구미시 공단1동 112, 730-901

(2003년 8월 14일 받음, 2003년 10월 25일 최종수정본 받음)

컴퓨터, TV, 의료용기기 등의 모니터로 사용되는 브라운관의 자기장 영향에 따른 특성을 분석하기 위한 자기장 발생 및 측정 장치를 개발하였다. 한 변의 길이가 2 m인 정육각형 형태의 3축 자기장 발생장치, 컴퓨터, 전원공급기 및 자기장 측정기 등을 이용하여 전세계 각 나라별 지구자기장(Earth Magnetic Field, EMF)을 발생시킬 수 있는 대형 3축 코일 시스템을 설계하고 제작하였다. 각 코일의 코일상수는 X축(E-W)는 30.31  $\mu\text{T/A}$ , Y축(Ver)는 29.73  $\mu\text{T/A}$  및 Z축(N-S)는 30.51  $\mu\text{T/A}$ 이고, 자기장 분해능은 0.01  $\mu\text{T}$ 이었다. 자기장 균일도는 사용되는 편향요크(Deflection York, DY)의 크기를 고려하여 중심에서 12 cm 이내의 공간에서 측정하였고, 균일도는 1 % 내외 이었다.

**주제어** : 자기장 측정 및 발생, 지구자기장, 코일상수

### I. 서 론

지구자기장은 사람이 직접 느낄 수 없기 때문에 일반인의 관심을 별로 끌지 못한다. 그러나 지구자기장은 지구의 중요한 물리적특성의 하나로써, 태양으로부터 지구 내부에 이르는 넓은 범위의 환경에 관계되어 있고, 다양한 분야에 이용될 수 있으므로 국내외에서도 연속적으로 지구자기장의 변화량을 실시간으로 측정하여 공개하고 있다[1, 2].

지구자기장의 세계적 분포는 위도에 따라(20-70)  $\mu\text{T}$ (1 T는 10,000 G임) 정도의 차이가 발생하며, 이러한 지역에 따른 지구자기장의 차이는 브라운관(CRT, Cathode Ray Tube)의 화질에 영향을 끼칠 수 있으므로 판매하고자 하는 장소의 지구자기장과 똑같은 자기장 환경을 설정한 후, 브라운관의 특성을 조절하여야 한다. 브라운관은 전기신호를 광신호 형태로 바꾸는 디스플레이 부품의 일종으로써 음극에 설치된 전자총에서 음극전자가 방출되면 이 전자는 강한 양전기에 이끌려서 튜브를 따라 주사되는데, 이때 편향요크는 전자를 상하좌우로 편향시켜 2차원 디스플레이를 가능하게 한다[3]. 즉 편향요크에서 발생하는 자기장과 지구자기장의 가감되어 전자의 행로에 영향을 끼쳐 디스플레이 되는 화면의 상태를 변화시킬 수 있다. 이러한 특성을 측정하기 위하여 전세계의 지구

자기장 크기를 발생시킬 수 있는 장치를 개발 및 제작하였다.

자기장측정기로는 핵자기공명(Nuclear Magnetic Resonance, NMR), 원자자기공명(Atomic Magnetic Resonance, AMR), 자기유도(magnetic induction), 자기저항(Magnetic resistance), 홀효과(Hall effect) 및 자속게이트(fluxgate)등이 있으며, 지구 자기장 범위에서는 자속게이트 방법이 간편하고 정확하게 측정할 수 있는 이점이 있기 때문에 널리 사용되고 있다. 자기장 발생기로는 전자석, 헬름홀츠 코일, 솔레노이드 및 영구자석 등이 있다. 전자석은 고자기장용, 솔레노이드는 정밀한 자기장을 발생시킬 수 있으나, 축방향으로만 공간을 활용할 수 밖에 없는 단점이 있고, 영구자석은 자기장 발생공간이 매우 좁으므로, 넓은 공간이 필요한 본 목적에는 적합하지가 않다. 따라서 본 연구에 적합한 발생장치는 헬름홀츠 코일으로써 사용공간이 넓고, 수 A의 전류를 흘려주므로 코일에 많은 열을 발생시키지 않는다. 헬름홀츠 코일은 동일한 축에 위치한 지름이 d인 원형코일이 a만큼 떨어져 있고, 두 코일에 흐르는 전류는 같은 방향 및 권선수가 같은 경우  $a = 0.5 \times d$ 일 때 자기장의 2차 도함수가 0이다. 즉 두 코일의 중간 지점에서 균일한 자기장이 형성됨을 알 수 있다. 코일의 모양이 정사각형인 경우에는  $a = 0.5446 d$ 이다[4, 5]. 이 조건을 만족하는 코일을 헬름홀츠 코일(Helmholtz coil)이라 한다. 그러나 제작, 작업의 편리성, 등을 고려하여 한 변이 약 2 m인 정사각형을 6개 제작하여 정육면체 형태의 코일을 제작하여 사용하였다.

\*Tel: (042)868-5163, E-mail: pggpark@kriss.re.kr

## II. 지구자기장(Earth magnetic field)

지구자기장의 성분은 Fig. 1과 같으며 지리상의 북극인 진 북과 자침의 N극이 가리키는 자북 사이에 이루는 각인 편각 (Declination), 자기장(磁場)과 지구 표면이 만드는 각인 북각 (Inclination), 총자기장의 벡터합을 나타내는 전자력, 수평 및 연직분력 등으로 나눌 수 있다.

미세 저자기장인 지구자기장의 크기는 우리나라의 경우, 시간에 따라 변하지 않는 직류성분이 Vertical 40  $\mu$ T(0.4 G), N-S 30  $\mu$ T(0.3 G), E-W 3  $\mu$ T(0.03 G)이며, 태양풍 등이 없는 정상적인 날의 시간에 따라 변화는 성분은 약 100 nT/day 이다[6]. Fig. 2와 같이 지구자기장을 연속적으로 측정해 보면 24 시간을 주기로 반복적으로 변함을 알 수 있다. 지구자기장의 변화원인으로는 여러 가지가 있으며, 주요 원인은 다음과 같이 추측되고 있다. 일 변화의 원인으로는 지구 내, 외적 변화에 의해 발생함을 추측할 수 있으며, 내적인 것으로는 지구의 자전운동과 관련하여 맨틀과 외핵의 운동에 의한 것 등이 있고, 외적으로는 태양과 달에 의한 영향이 가장 크다. 수십 년에서 수백년 동안 오랜 주기로 변하는 원인으로는 지구 내부의 핵이나 맨틀의 이동으로 추정된다. 지구자기장의 세기가 급속하게 감소하는 현상인 자기폭풍은 태양의 흑점활동에 기인하며, 수 시간동안 또는 2,3일간 지속되며 적도보다 극지방에 자주 일어나는 현상이고, 태양에서 오는 자기폭풍의 세기는 1000 nT 정도이다[7].

지구자기장은 태양으로부터의 유해한 방사선이나 우주선이 지구로 침입하는 것을 방지하거나 완화시킴으로써 인류를 비롯한 생물 보호, 태양면의 폭발 등에 의해서 지구를 감싸고 있는 전리층의 교란으로 인한 통신장애, 좁은 해협에 여러 군데의 지구자기장 관측점을 운용함으로써 잠수함의 통과 등을

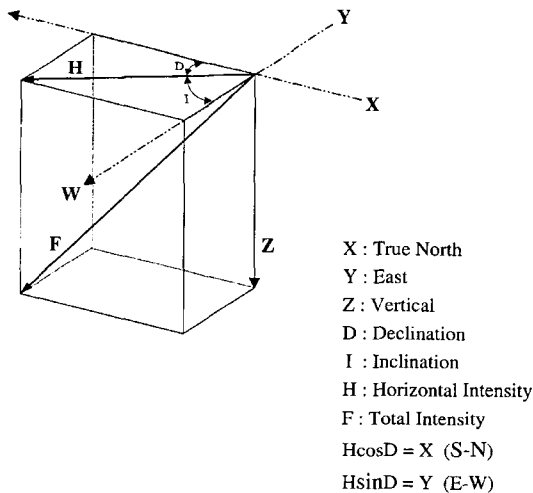


Fig. 1. Components of an earth magnetic field.

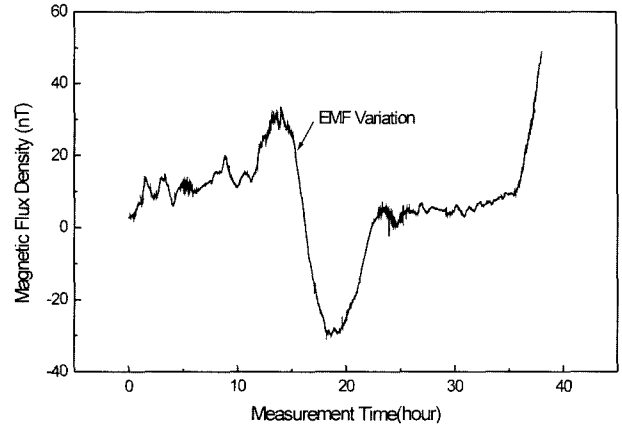


Fig. 2. Variation of earth magnetic field in KRISS site.

포착할 수 있는 군사용 및 지구자기장의 차이를 관측함으로써 지하 매설물 및 광물에 대한 정보 및 인공위성의 자세제어 등에 활용 될 수 있다. 또한 지구자기장은 지구 내부와 직접 관련되어 있으므로, 지구자기장의 시간적, 공간적 변화는, 그것 자체가 지구내부의 시간적, 공간적 변화를 반영하고 있다. 그러므로 지구자기장 관측 자료는 지질학적(심부 지질 구조 파악), 지구물리학적(지진, 화산 분출의 예측) 연구에 이용될 수 있다[8, 9].

## III. 코일의 자기장 계산 및 제작

여러 가지 형태의 코일에 의해 발생하는 자기장은 Biot-Savart 법칙, Legendre 다항식 및 Elliptical 함수 등을 사용하여 계산할 수 있다[10,11]. Fig. 3과 같이 사각형 틀의 코일에서 임의의 점 P(x, y, z)에서 발생하는 자기장의 크기  $B_z$ (z 방향 성분)는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다[12].

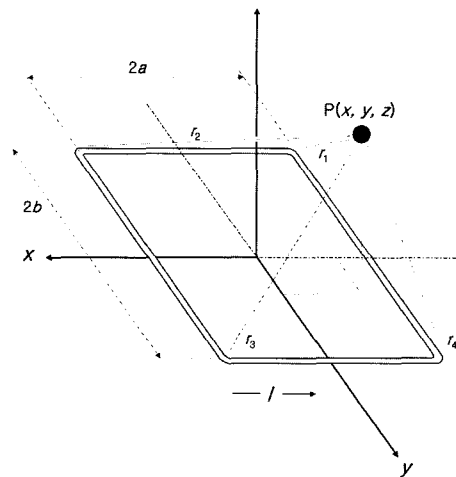


Fig. 3. Geometry of rectangular loop of many turns of coil.

$$B_z = \frac{\mu_0 IN}{4\pi} \sum_{\alpha=1}^4 \left[ \frac{(-1)^\alpha d_\alpha}{r_\alpha [r_\alpha + (-1)^{\alpha+1} C_\alpha]} - \frac{C_\alpha}{r_\alpha (r_\alpha + d_\alpha)} \right] \quad (1)$$

여기서

$N$  is the number of turns;

$$C_1 = -C_4 = a + x;$$

$$C_2 = -C_3 = a - x;$$

$$d_1 = d_2 = b + y;$$

$$d_3 = d_4 = y - b;$$

$$r_1 = [(a+x)^2 + (b+y)^2 + (z)^2]^{1/2};$$

$$r_2 = [(a-x)^2 + (b+y)^2 + (z)^2]^{1/2};$$

$$r_3 = [(a-x)^2 + (b-y)^2 + (z)^2]^{1/2};$$

$$r_4 = [(a+x)^2 + (b-y)^2 + (z)^2]^{1/2};$$

$I$  is the dc current in amperes ;

$\mu_0$  is the permeability of the air ;

$x, y,$  and  $z$  are the coordinates

을 나타낸다.

코일의 치수 및 최대 발생 자기장을 선택한 다음, 식 (1)을 사용하여 권선수, 공급할 전류, 구리선의 굵기, 구리선의 저항 등을 계산하였고, 이러한 사항들을 고려하여 전원공급기의 용량을 선택하였다. 코일의 한 변이 2m( $a = b = 1$  m), 전류 1 A, 권선수 70회 일 때, 점  $P_1(0, 0, 1)$ 에서 발생하는 자기장의 크기를 식 (1)을 사용하여 계산하면  $16.17 \mu\text{T}$ 이므로 2m 떨어진 두 코일의 중심에서 발생하는 자기장은  $32.34 \mu\text{T}$ 이다. 제작한 저자기장 발생장치는 지름이 1 mm인 구리선을 사용하였으며, 2개의 사각코일에서 각각 70회 감긴 구리선의 길이는 1120 m, 저항은  $25 \Omega$ 이었다. 실제 제작한 코일 각각에서 발생하는 자기장의 크기를 fluxgate 자기장 측정기를 이용하여 측정된 결과 X축(E-W)는  $30.31 \mu\text{T}$ , Y축(Ver)는  $29.73 \mu\text{T}$  및 Z축(N-S)는  $30.51 \mu\text{T}$ 이었다. 계산값과 측정값의 차이가 발생하는 주요인으로는 각 코일 알루미늄 프레임의 외부 치수는 2m이지만, 실제 내부에 감긴 코일의 사이즈는 이보다 작고, 각각의 코일에서 발생하는 자기장의 균일도를 향상시키기 위하여 미소한 저항을 병렬로 연결하여 코일에 흐르는 전류를 감소시켰기 때문으로 생각된다[13].

#### IV. 저자기장 제어 장치의 제작

저자기장을 제어하기 위한 장치의 구성은 Fig. 4와 같이 한 변이 2m인 사각코일 6개로 구성된 코일 set, 전원공급기, fluxgate 자기장 측정기, 표시장치 및 컴퓨터로 구성되어 있으며, 모든 장비는 GPIB 인터페이스 및 Labview 프로그램을 이용하여 측정하고, 제어하도록 설계되었다. 한 변이 2m인 정육면체형 코일은 마주보는 각각의 코일이 서로 직렬로 연결

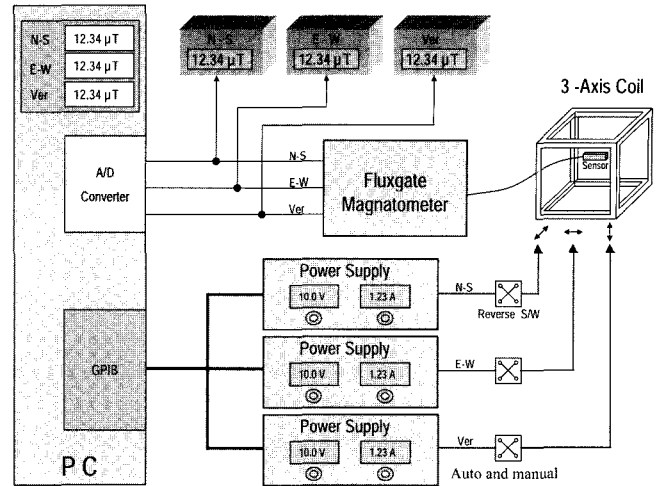


Fig. 4. Block diagram of apparatus.

되어 있으므로 3-축의 자기장을 동시에 발생시킬 수 있다. 전원공급기는 코일에 전류를 흘려 자기장을 발생시킬 수 있으며, 전류의 안정도가 직접적으로 자기장에 영향을 끼친다. X-축 코일의 경우, 코일상수가  $30.31 \mu\text{T/A}$ 이므로 전류가 1 mA 변화면 자기장은  $0.03 \mu\text{T}$ 가 변한다. 3-축 자기장측정기는 각 코일에서 발생하는 자기장을 동시에 읽을 수 있다. 이러한 장비들이 인터페이스를 통하여 컴퓨터와 연결되어 원하는 자기장을 발생 할 수 있다. 즉 경북 구미지역의 X, Y, Z축의 자기장을 발생시키기 위해서는 먼저 컴퓨터에 자기장값을 입력하고, 각 축에 자기장값에 해당하는 전류를 코일에 공급하여 자기장을 발생시키면 자기장측정기는 발생된 자기장값을 컴퓨터를 통해 읽고, 컴퓨터에 입력된 자기장값과 비교하여 그 차이를 조정하게 된다. 각각 코일의 권선수 및 크기를 가능한 통일되게 제작하였으나, 실제로는 약간의 차이로 인해 발생하는 자기장 역시 같지 않으므로 동일한 축에 연결된 두 개 코일 각각에서 발생하는 자기장의 크기를 같게하기 위하여, 저항을 필요한 코일에 병렬로 연결하여 균일한 자기장이 발생되도록 하였다[13]. 또한 각 코일의 중심부에서 자기장을 측정하여 균일도(U)를 식 (2)를 사용하여 계산하였다.

$$U = \frac{B_z - B_0}{B_0} \times 100\% \quad (2)$$

여기서  $B_z$ 는 측정점에서 자기장,  $B_0$ 는 코일의 중심에서 자기장을 나타낸다.

자기장 균일도는 사용되는 편향요크의 크기를 고려하여 중심에서  $\pm 12$  cm 이내의 공간에서 2 cm 간격으로 X, Y, Z축을 측정하였고, 균일도는 1% 내외이었다. Table I은 각 코일 축의 중심면에서 자기장 균일도를 측정된 것이다.

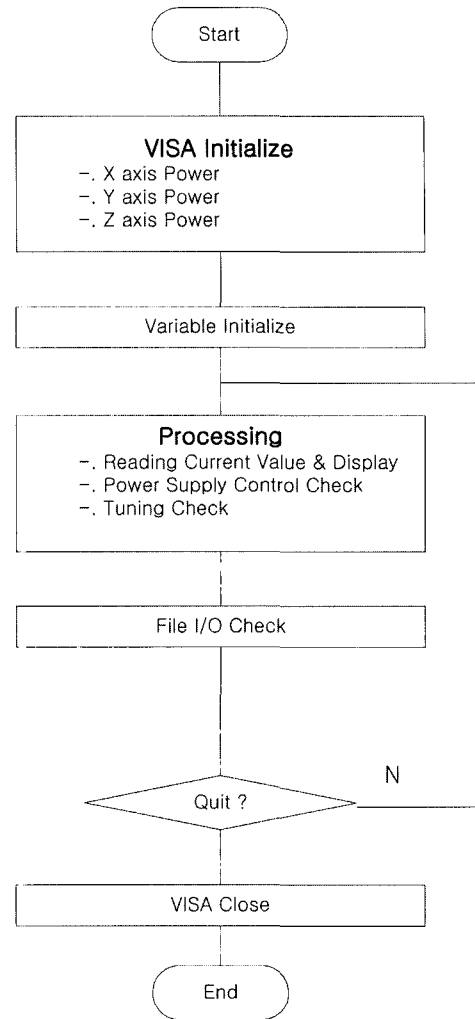
정밀 저자기장을 발생하기 위하여 제조회사 등이 다른 여러종류의 장비들을 컴퓨터를 사용하여 제어하는 자동화 프로

**Table I.** Uniformity in the center surface (a) X axis, (b) Y axis and (c) Z axis.

(a)					
	-12	-6	0	6	12
12	0.0089	0	-0.0046	-0.0007	0.0083
6	0.0132	0.0030	-0.0007	0.0036	0.0102
0	0.0125	0.0020	0	0.0023	0.0110
-6	0.0099	0	-0.0030	-0.0003	0.0079
-12	0.0056	-0.0040	-0.0040	-0.0046	0.0036
(b)					
	-12	-6	0	6	12
12	-0.0138	-0.0091	-0.0077	-0.0101	-0.0150
6	-0.0084	-0.0040	-0.0027	-0.0050	-0.0091
0	-0.0061	-0.0017	0	-0.0024	-0.0071
-6	-0.0067	-0.0027	-0.0010	-0.0027	0.0642
-12	-0.0101	-0.0061	-0.0047	-0.0064	-0.0111
(c)					
	-12	-6	0	6	12
12	0.0063	0.0105	0.0109	0.0096	0.0049
6	-0.0020	0.0023	0.0023	0.0066	-0.0030
0	-0.0043	-0.0007	0	-0.0016	-0.0056
-6	-0.0020	0.0023	0.0030	0.0013	-0.0030
-12	0.0069	0.0100	0.0109	0.0100	0.0056

그림을 GPIB 인터페이스 및 LabView 프로그램을 이용하여 개발하였다. 발생하는 자기장을 가능한 짧은 시간에 안정화하기 위하여 측정 프로그램을 단순화 및 최적화 시켰다. Fig. 5의 flowchart는 시스템 전체를 개략적으로 표현한 것으로 프로그램 초기에 VISA를 통해 GPIB port를 access 하기 위해 연결된 device를 찾고 해당 port를 초기화 한다. 이 과정이 정상적으로 수행되면 X, Y, Z축 방향으로 연결된 센서의 정보를 입력받아 이를 화면상에 표시하며, 출력 전압 및 조정 상태를 모니터 하게된다. 또한, 사용자의 필요에 따라 취득 정보를 파일 형태로 저장하거나, 불러 와서 이를 프로그램을 통해 분석 할 수 있도록 윈도우에서 지원하는 파일 I/O를 수행하게 된다. 파일 I/O를 통해 현재 지역별로 다른 지구자기장의 일정 상수를 해당 이름 별로 저장하여 모델 변화 및 시험 지역 변화에 유연하게 대응되도록 하였다. 프로그램이 정상 종료되면 이미 열려있던 GPIB port를 닫고 윈도우로 복귀하게 된다.

Fig. 6의 flowchart는 각 축의 제어 정보를 처리하는 부분으로 X, Y, Z축의 제어정보를 각 축별로 단독으로 제어 할 수 있도록 하였다. X축의 경우를 예로 들면, 코일에 연결된 전원공급기의 상태를 먼저 점검한 후, 해당 자기장 값으로 자기장을 형성하기 위한 조정을 수행하게 된다. 조정이 진행된다면 먼저 현재 코일에 인가된 전원의 극성을 확인하는 절차로



**Fig. 5.** Flowchart of main program.

현재 인가값에 150 mV를 인가한 후 자기장의 변화를 획득하여 현재 인가된 극성이 정상적인지를 판단하고 극성이 반대일 경우 극성을 전환 라는 메시지를 사용자에게 보낸다. 사용자는 극성을 전환하고 확인절차를 수행하면 목표 자기장치의 1/3으로 압축하여 해당 자기장 값으로 근접해 가는 방법을 사용하였다.

따라서 식 3과 같은 방법으로

$$\text{설정치} = (\text{목표값} - \text{현재값})/3 + \text{현재값} \quad (3)$$

오버 슈팅을 최소화하고 빠른 시간에 목표치에 접근 할 수 있도록 하였다. 목표값에 근접정도는 Approach Limit로 사용자가 규정하며, 목표치와 현재치가 이 값 이내로 근접할 때 조정절차는 종료하게 된다.

Fig. 7은 본 장치를 제어하는 화면으로 X, Y, Z축의 현재값, 설정값, 적용지역 등을 표시할 수 있으며, 가상 스위치 등을 이용하여 사용하기 편리하게 구성하였다.

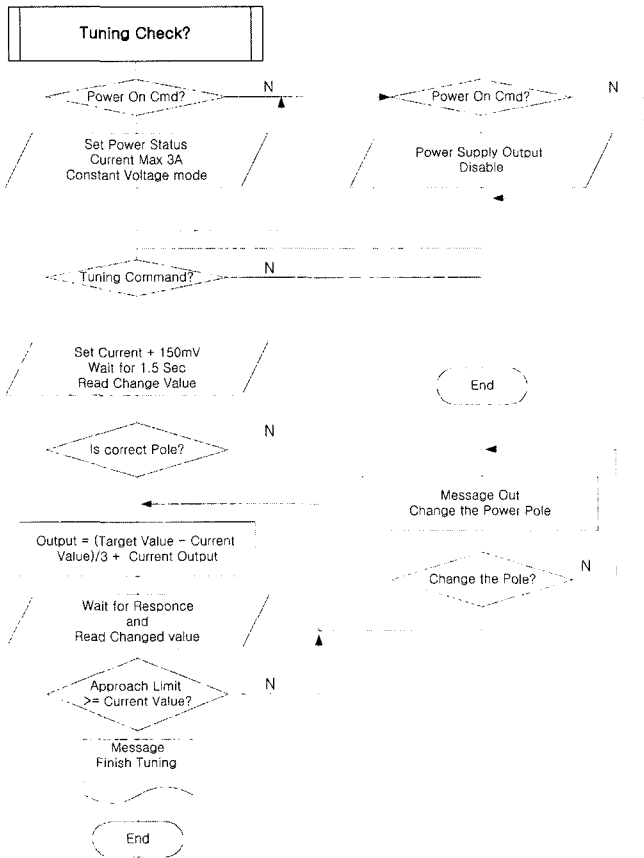


Fig. 6. Flowchart of tuning program.

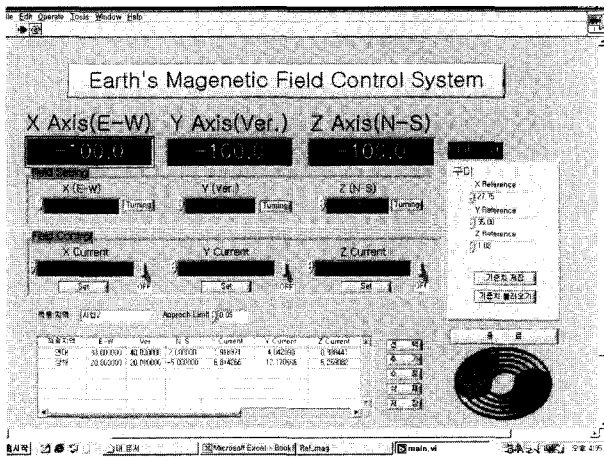


Fig. 7. Display of main program control unit.

### V. 결과 및 논의

의료기기에 사용되는 특수 편향요크(Deflection Yoke, DY)는 지구자기장의 영향을 많이 받는 관계로 국내판매시에는 별 문제가 되지 않으나, 미국, 유럽 등의 다른 나라로 수출 판매

시에는 지구자기장의 차이로 인하여 심각한 특성 문제가 발생된다. 그러므로 각 나라별 지구자기장의 크기를 알고 제어할 수 있는 장치가 필요하다.

한변의 길이가 2 m인 정육각형 형태의 3-축 자기장 발생장치, 컴퓨터, 전원공급기 및 자기장 측정기등을 이용하여 전세계 어느나라의 지구자기장도 자동적으로 발생시킬 수 있는 대형 3-축 코일 시스템을 설계하고 제작하였다. 각 코일의 코일 상수는 x축(E-W)는 30.31  $\mu\text{T/A}$ , y축(Ver)는 29.73  $\mu\text{T/A}$  및 z축(N-S)는 30.51  $\mu\text{T/A}$ 이고, 자기장 분해능은 0.01  $\mu\text{T}$ 이었다. 자기장 균일도는 사용되는 편향요크의 크기를 고려하여 중심에서  $\pm 12$  cm 이내의 공간에서 측정하였고, 균일도는 1% 내외이었다.

편향요크는 형상이 복잡하므로 발생하는 자기장의 이론적인 계산값과 실험 측정값이 차이 등이 발생하여 설계가 어려우므로, 직접적으로 자기장을 인가하여 특성을 평가할 수 있어야한다. 이러한 특성을 평가할 수 있는 자기장 발생기를 제작함으로써, 최적의 편향요크를 설계(자기장 영향이 최소, 원가 절감, 편향감도 양호 등) 할 수 있는 기반을 구축하였다.

### 감사의 글

본 연구는 산업자원부에서 시행한 부품·소재종합기술지원 사업의 일환으로 수행되었으며, 후원에 감사 드립니다.

### 참 고 문 헌

- [1] <http://solaradio.rri.go.kr>.
- [2] <http://crlgin.crl.go.jp/sedoss/geomag-interface>.
- [3] <http://www.samsungsdi.co.kr/>
- [4] A. H. Firester, Rev. Sci. Instrum. 37. 1264(1966).
- [5] Po Gyu Park, C. G. Kim, B. C. Woo, V. Ya. Shifrin, Ungyong Mulli, 9(3), 274(1966).
- [6] 박포규, 석사학위논문, 한남대(2001).
- [7] W. D. Parkinson, "Introduction to Geomagnetism", pp. 220-307, Scottish Academic Press, London (1983).
- [8] 임무택 외, "지자기와 그의 역할", 지자기 전국관측망 구축을 위한 연구회 보고서, 과학재단(1996).
- [9] [http://satrec.kaist.ac.kr/topic\\_spacesci\\_detail\\_ethsun.html](http://satrec.kaist.ac.kr/topic_spacesci_detail_ethsun.html)
- [10] J. H. Jung, P. G. Park, Y. B. Kim, V. Ya. Shifrin, and V. N. Khorev, J. Kor. Mag. Soc. 9(5), 227(1999).
- [11] R. L. Driscoll and P. T. Olsen, Rev. Sci. Instrum., 42(10), 1427(1971).
- [12] IEC 61786, Ed.1: measurement of low-frequency magnetic and electric fields with regard to exposure of human beings-Special requirements for instruments and guidance for measurement.
- [13] P. G. Park, Y. G. Kim, V. Ya. shifrin and V. N. Khorev, J. Kor. Mag. Soc. 11(1), 38(2001).

## **Development and Construction of low Magnetic Field Control System for Analysis of Magnetic Field Effects in the Deflection Yoke**

**Po Gyu Park\*, Young Gyun Kim, and Suk Woo Shin**

*Korea Research Institute of Standards and Science(KRISS), P.O.Box 102, Yuseong, Daejeon 305-600, Korea*

**Hyung Ho Choi and Tae-Ik Kim**

*Daedong Electric co., Ltd 120, Gongdan-Dong Gumi-City Kyung-Buk, Korea*

**Dong-Keun Jung**

*Kumi Polytechnic College, 112 Gongdan1-Dong, Gumi, Kyung-Buk 730-901, Korea*

(Received 14 August 2003; in final form 25 October 2003)

We have developed the quality analysis system for magnetic field effect of cathode-ray tube that is used a monitor, TV and medical appliance. We designed and constructed the large 3-axis square coil (2 m length ) system for the generation of 3-component magnetic field using power supply, magnetometer and computer below 0.2 mT range. The coil constant is 30.31  $\mu\text{T}$ , 29.73  $\mu\text{T}$  and 30.51  $\mu\text{T}$  for the X, Y, and Z axis square coil respectively. The magnetic field resolution was 0.01 T. The uniformity of magnetic field was measured within 1 % in the range of 12 cm.

**Key words :** measurement and generation of magnetic field, earth's magnetic field, coil constant