

홀수감부를 리용한 자기마당측정체계

김주혁, 한명성

SQUID를 리용한 방법이나 자기공명에 의한 방법, 거대자기저항을 리용한 방법 등과 같은 자기마당측정방법[2, 3]들은 감도가 높은 우점은 있지만 장치가 크고 다루기 불편하며 한번의 측정에 많은 시간과 품이 든다. 또한 탄동점류계와 같이 유도수감부를 리용한 자기마당측정방법[3]에서는 전류의 세기를 인위적으로 변화시키거나 교류자기마당인 경우에만 측정이 가능하기때문에 정자기마당측정은 불리하며 측정시간도 오래다.

우리는 홀수감부와 PIC소자를 리용하여 사용방법이 간단하면서도 공간의 임의의 위치에서 정자기마당을 신속히 측정할수 있는 수자식자기마당측정체계에 대하여 연구하였다.

1. 홀수감부에 의한 자기마당측정의 원리

전자기마당속에서 속도 \mathbf{v} 를 가지고 운동하는 전하 q 에 작용하는 로렌츠힘은 전기마당 \mathbf{E} , 자기마당 \mathbf{B} 에 의하여 다음과 같이 표시된다.

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}) \quad (1)$$

자기마당이 없는 상태에서 이동도가 μ 이고 밀도가 n 인 전하나르개들은 전원전극사이에서 직선으로 전류밀도가 \mathbf{J} 인 전류를 형성하면서 속도 \mathbf{v} 를 가지고 이동한다.(그림 1의 1))

$$\mathbf{v} = \mu \mathbf{E}, \quad \mathbf{J} = q\mu n \mathbf{E} \quad (2)$$

자기마당의 영향밑에서 운동하는 립자들은 자기마당벡토르 \mathbf{B} 에 수직인 방향에서 편기되며(그림 1의 2)) 이 작용을 상쇄하는 전기마당 성분 \mathbf{E}_H 는 다음과 같다.

$$\mathbf{E}_H = -(\mathbf{v} \times \mathbf{B}) = -\mu(\mathbf{E} \times \mathbf{B}) \quad (3)$$

식 (2)를 고려하면 홀전기마당은 다음과 같이 표시된다.

$$\mathbf{E}_H = -\frac{1}{qn}(\mathbf{J} \times \mathbf{B}) = -R_H(\mathbf{J} \times \mathbf{B}) \quad (4)$$

여기서 R_H 는 홀결수이다.

보통 너비 w 인 평판의 수감전극들사이의 전압은 홀수감부의 출력신호로 된다.

$$V_H = \mu w E_x B_y = R_H w J B \quad (5)$$

두께가 t 인 평판에서 전류밀도 \mathbf{J} 는 $\mathbf{J} = \mathbf{I}/(wt)$ 이므로 홀전압은 다음과 같이 얻어진다.

$$V_H = \frac{R_H}{t} \mathbf{I} \cdot \mathbf{B} \quad (6)$$

따라서 주어진 전류 I 로부터 자기마당(자기유도 B)을 측정할수 있다. 이 수감부의 변환

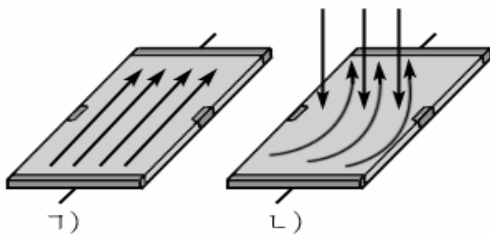


그림 1. 자기마당속에서 전류의 방향
1) 자기마당이 없을 때, 2) 자기마당이 있을 때

함수는 물리적크기(너비 w 와 두께 t)와 홀결수(R_H)로 표시되는 물질의 성질에 관계된다.

홀결수가 큰(실례로 더 작은 나르개밀도) 수감부일수록 더 좋은 수감부이다. 그러나 감도에 영향을 주는 가장 중요한 인자는 나르개이동도 μ 이다.

비저항이 나르개밀도와 나르개이동도 $\mu(\rho=1/(qn\mu))$ 에 의존하기때문에 길이 l 을 가진 평판에 대하여 홀전압은 다음과 같은 식으로 표시된다.

$$V_H = \mu w V B / l \quad (7)$$

따라서 높은 감도와 출력신호를 얻기 위해서는 나르개이동도가 큰 물질들을 리용하여야 한다.

식 (6)과 (7)은 무한히 긴 평판형홀수감부들에 대하여 유도된것이다. 실지 홀소자들에 대해서는 추가적인 기하학적인자 $G = V_H / V_{H\infty}$ 가 도입된다. 이때 홀전압은 $V_H = G \frac{R_H}{t} I \cdot B$ 로 표시된다. 기하학적인자 G 는 0.7~0.9사이의 값을 가진다.

2. 자기마당측정체계

우리는 홀수감부와 한소편컴퓨터 PIC16F873A[1]를 리용하여 자기마당측정체계를 구성하였다.(그림 2)

그림 2에서 보는바와 같이 측정체계는 크게 자기마당을 수감하는 홀수감부, 수감부의 작은 신호를 증폭하기 위한 차동증폭단, 증폭된 신호를 상사-수자변환하여 현시하도록 조종하기 위한 한소편컴퓨터를 포함한 회로, 각 부분에 필요한 전압을 보장하기 위한 전원회로 등으로 구성되어있다.

홀수감부가 전원회로로부터 일정한 직류전압이

보장된 자기마당속에 놓여있으면 출구에 자기마당의 크기에 비례하는 홀전압신호가 나타난다. 일반적으로 홀수감부의 출력신호전압은 수mV대역으로서 매우 약하다. 때문에 이 신호를 수감하기 위해서는 신호를 증폭하는 회로가 필요하다.

차동증폭단은 약한 신호전압을 증폭하기 위한 회로로서 외부잡음에 의한 신호의 이치러짐을 작게 하는 우점을 가지고있다. 차동증폭회로는 3개의 연산증폭기로 구성하였으며 신호의 기준전압을 보장하기 위한 회로를 따로 구성하였다. 증폭된 상사신호는 한소편컴퓨터의 상사신호포구에 입력된다.

한소편컴퓨터에서는 이 신호를 A/D변환하여 LCD표시기에 현시한다. 그러면 이때 현시되는 값이 홀수감부가 놓여있는 자기마당의 크기에 관계되는 량으로 된다.

전원회로는 DC/DC변환회로, 충전회로, 기준전압발생회로 등으로 구성되어있다.

측정체계의 구성에 맞게 구동시키기 위해서는 조종프로그램을 작성하여 한소편컴퓨터에 내장시켜야 한다.

장치동작이 시작되면 먼저 초기설정단계에서 상사입구포구, 박자, 출구포구, 조종포구, 새치기를 비롯한 여러가지 설정을 진행한다. 시간계수를 하는것과 함께 상사입구포구로 들어온 신호를 A/D변환하여 LCD표시기로 현시한다. 자기마당이 존재하지 않는 위치에서 령

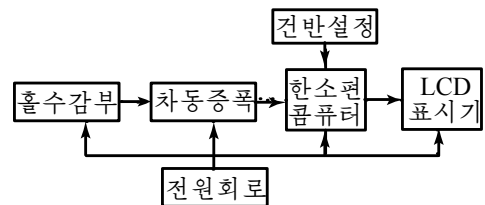


그림 2. 자기마당측정체계의 구성도

점교정단추를 통하여 령점을 맞춘다. 수감부를 통하여 신호가 들어오면 련속적으로 박자에 따라 LCD표시기에 자기마당값을 현시한다. 중지단추를 누르면 장치의 동작은 중지된다.

홀수감부를 리용한 자기마당측정값은 표와 같다. 종전의 탄동검류계에 의한 자기마당 측정값을 함께 보여주었다.

표. 자기마당측정값

No.	$B_{탄동}/T$	$B_{홀}/T$
1	0.025 2	0.024 0
2	0.038 4	0.037 0
3	0.041 3	0.040 2
4	0.055 6	0.056 5
5	0.069 3	0.068 7
6	0.071 7	0.070 9
7	0.085 2	0.086 6
8	0.098 5	0.098 0
9	0.110 3	0.113 9
10	0.134 1	0.137 5

표에서 보는바와 같이 새로 구성한 자기마당측정체계는 5mT 정도의 정확도를 가지고 자기마당을 측정할수 있다. 이것은 일반실험에서 요구되는 자기마당이나 영구자석결면에서의 자기마당과 같이 일반적인 자성연구에서 요구되는 자기마당을 일정한 정확도로 측정하는데 충분하다.

맺는 말

홀수감부와 PIC소자에 의한 자기마당측정체계를 구성하면 전원소비와 원가를 줄이면서도 일반자성연구에 충분한 정확도를 가진 휴대용자기마당측정장치를 제작할수 있다. 이 체계는 일반자성연구와 실험, 자기마당의 검출 등 자기마당의 측정에 리용할수 있다.

참고 문헌

- [1] 백은철 등; PIC소자의 원리와 응용, 공업출판사, 21~45, 주체101(2012).
- [2] Slowomir Thumanski; Handbook of Magnetic Measurements, CRC Press, 213~217, 2011.
- [3] Hugh D. Young; University Physics with Morden Physics, Addison-Wesley, 909~910, 2012.

주체106(2017)년 9월 5일 원고접수

Magnetic Field Measurement System using Hall Sensor

Kim Ju Hyok, Han Myong Song

We investigated a magnetic field measurement system that is capable of rapidly measuring magnetic field around magnetic sources such as permanent magnet with certain accuracy. This system can be used in portable magnetometers using Hall sensors.

Key words: Hall sensor, PIC, magnetic field