

고주파 교류 자기특성의 컴퓨터 계측시스템 제작

김기욱*, 송재성*

* : 한국전기연구소 비정질재료연구팀

Constuction of high frequency B-H Analyzer.

Kim Ki-Uk*, Song Jae-Sung*

* : KERI (Korea Electrotechnology Research Institute)

Abstracts

Analog-digital converter boards for use in personal computers have recently being improved markedly. many kinds of high speed(1 MHz - 10 MHz sampling rate) and over 12-bit vertical resolution A/D boards released. It can be applicable to high frequency magnetic measurements. In measurement of magnetic properties of high frequency, digitizing oscilloscope or trasient recorder are being used. but, those price are often expensive. we constructed PC controlled A-C B-H loop tracer that can measure Bs, Br, Hc, permeability and may be applied about 100 Hz - 20 kHz range . it use IBM PC compatible 1 M Sample/s, 12 bit A/D converter board with SSH(Simultaneous Sample and Hold).

1. 서론

전기전자기기의 고주파화가 진행됨에 따라 이들장치의 부속품의 고주파특성의 개선이 요구되고 있고, 이들 변압기, 인덕터, 리액터등에 사용되는 철심 등의 자성재료 고주파특성개선 연구가 진행되고 있다. 주파수영역에 따라 이들 재료의 형태 및 소재가 바뀌는데, 대개 1 k - 수10 kHz 영역에서는 고주 소합금이나 철계 비정질 자성합금이, 수100 kHz - 수십 MHz 영역에서는 ferrite 나 코발트계 비정질 합금이 사용되고 그 이상의 주파수에서는 박막비정질 소자나 가넷트와 같은 재료들이 사용되고 있다. 이들 재료들의 자기특성 평가를 위해서는 주파수영역에 따라 적합한 측정방법을 선택하여야 하는데, 선택의 기준은 측정하고자하는 주파수에서 얼마나 정확히 H-field 및 B-field 파형을 기록할수 있는가하는 것에 달려있다. 현재 상용화 되어 있는 장비들은 이들 파형을 기록하기 위해서 transient recoder나 digitizing osilloscope를 사용하는 경우가 대부분이다. 그러나, 이들장비는 10 kHz대 이하의 주파수에서 사용하기에는 필요없이 빠르며, 수직분해능이 대개 8 bit정도로 낮으며, 제품가격이 고가이다. 본연구에서는 10

kHz 이하에서 사용가능한 고속, 고분해능 A/D converter board를 사용하여 on-board 형태의 저렴하면서도 성능이 우수한 컴퓨터처리 자기특성장치를 제작하였다.

2. 실험 방법

1. 인가자장 H field의 측정

인가자장은 시편 1차코일에 흐르는 전류를 측정하여 다음과 같은 계산식에 의해 산출하였다.

$$H(t) = \mu_0 N_1 i(t) / L \quad (A/m) \quad (SI \text{ 단위}) \quad (1)$$

μ_0 : 진공투자율 (H/m)

N_1 : 1차 코일 턴수

$i(t)$: 코일에 흐르는 전류 (A)

L : 시편의 유효자로길이 (m)

전류측정은 저항법(shunt method)을 사용하였다. 주회로에 저항을 직렬로 연결하여 저항에 걸리는 전압을 측정하여 전류로 환산하는 방법이다. shunt를 통해 흐르는 전류는 그 주위에 자계와 전계를 발생시키고, 따라서, shunt의 등가회로에 저항과 인덕턴스가 직렬로, 캐패시턴스가 병렬로 나타난다. 교류 전압을 측정시, 저주파일 때 비교적 큰 저항에서는 $1/\omega C$ 가 매우 큰 영향을 미치는 데 반해, 고주파일 때 저항값에 비해 $1/\omega C$ 가 매우 작으므로 보통 무시한다. 따라서, shunt의 전압강하 v_1 는 다음 식(2)으로 표시할 수 있다.

$$v_1(t) = R i(t) + L di(t)/dt \quad [V] \quad (2)$$

$di(t)/dt$ 가 높은 전류를 측정할 때 shunt의 출력전압은 분포 인덕턴스 L의 영향을 받으므로 설계, 제작시 가능한 인덕턴스가 작은 저인덕턴스형 shunt를 사용한다. 인덕턴스를 무시하면 다음 식과같이 단순화 된다.

$$v_i(t) = R i(t) \quad (3)$$

본 실험에서는 A/D converter의 입력 전압범위(최저 ± 2.5 V)에 맞아야 되기 때문에 적당한 저항치(1 Ω 정도)를 갖도록 하고, 고주파에서 인덕턴스가 작은 금속피막형 저항을 사용하였다.

2. B-field의 산출

toroid 샘플의 2차코일에 유기되는 전압 v_e 은 다음과 같다.

$$v_e(t) = -d\phi(t)/dt = -d(N_2 A_s B(t))/dt = -N_2 A_s dB(t)/dt \quad [V]$$

여기서, 자속 $\phi(t) = N_2 A_s B(t)$

N_2 : 2차코일 턴수

A_s : 샘플 유효단면적 [m^2]

$B(t)$: 자속밀도 [T]

따라서,

$$B(t) = -1/N_2 A_s \int v_e(t) dt \quad (4)$$

(4)식에 의해 자속밀도파형 B는 유기전압을 적분하여 구해진다. 본연구에서는 고주파에서 이득이 감소하는 fluxmeter와 같은 적분기(integrator)를 사용하지 않고 측정된 digital 전압값을 적분계산하여 파형을 구하였다.

3. 철손의 산출

시료의 한주기당 철손 손실 P은 주기 T라할때 윗식들로부터

(5)와 같이 주어지며 (6)식과 같이 이산적으로 실행하여 산출하였다.

$$P = 1/T \int H \cdot B dt \quad [W/m^3]$$

$$= N_1 / V N_2 R T \int v_i v_e dt \quad (5)$$

$$= N_1 / V N_2 R T \sum_k v_{ik} v_{ek} \quad (6)$$

여기서 V는 시료의 체적이다.

3. 결과 및 고찰

(그림 1)은 장비 전체의 개략도이다. 전원부는 고주파 신호를 전압변동율이 10^{-6} 정도로 안정된 신호를 발생시키는 신호발생기(function generator)와 신호를 고주파전류로 증폭하는 고속 전력증폭기 (high speed power amplifier)로 구성되며, 신호처리부는 1차 및 2차의 H, B신호를 디지털로 변환하는 아날로그 디지털 변환기(A/D converter), 계측된신호를 처리하여 자기이력곡선을 구하고 저장하는 컴퓨터(PC), 전원전류 측정용 shunt저항등으로 구성된다. (표 1)은 실험에 사용한 기기의 제원이다.

A/D 변환기의 주 특징은 SSH(Simultaneous Sample and

Hold)기능을 갖는 것인데, 보통 표준 multiplexed data acquisition board들은 복수 channel로부터 신호를 순차적으로 sampling할 때 발생하는 시간간격(time skew)때문에 고주파로 갈수록 주어진 시각에 각 ch의 실제 신호값에서 벗어난 값을 읽게 된다. 예를 들어 12 μs 의 주기를 갖는 신호A, B를 A-B채널간 1 μs 지연되어 신호로 읽을 경우 $2\pi \times 1/12 = \pi/6$, 즉, 위상이 30도나 벗어난 시점의 신호값을 읽게 된다. SSH 기능은 이와같은 시간지연을 방지함으로써 동시 실시간 sampling을 가능하게 해준다. 실제 channel 당 sampling 수는 추가의 제어 clock을 사용하는 관계로 channel 수에 하나를 더해, 1 MHz/s의 sampling rate 로 설정할 경우

$$\text{sampling rate / ch.} = 1 \text{ MHz} / (\text{ch.} + 1)$$

이며, 한 주기당 가능한 측정 point 수는

$$\text{sample points / 주기} = (\text{sampling rate / ch.}) / f$$

f : 입력신호의 주파수

channel 수가 2이면 channel당 sampling rate는 333 kHz/ch. 이되며, 1 kHz의 신호라 할때 주기당 신호 point 수는 333개이다. 표1. 과 표2에는 각 구성장비의 사양과 시연형태를 표시했다.

표1. 실험에 사용한 측정기의 사양

기기	사양
신호발생기	DC - 20 MHz, 20 V
전력증폭기	DC - 1 MHz, ± 75 V, 5 A
A/D board	1 MS/s, 12bit vertical, ± 10 V, 8 ch, 1Mword on-board memory, SSH option
computer	386PC, 4M
software언어	Quick Basic 4.5

표2. 사용시료의 치수

철심재료	평균직경 [m]	단면적 [m ²]	1차턴수 N_1	2차턴수 N_2
철계 비정질 합금	0.1	1.5×10^{-5}	30	5

(그림 2)는 1 kHz에서 여자전류를 증가시키면서 측정된 비정질 자성시료의 교류자기이력곡선들을 나타내며, (그림 3)은 10 kHz 에서 측정된 것이다. 측정결과 100 Hz ~ 20 kHz 주파수 영역에서 이들 교류자기이력곡선을 얻을 수 있었으며, 특히, 고주파에서 채널간 sampling delay에 의한 위상오차가 없음을 확인할 수 있었다. (그림 4)에 10 kHz 에서 얻은 H 및 B-field 파형을 나타내었다.

참고문헌

1. 일본전기학회 마그네틱스연구회 MAG-91-123
2. 일본전기학회 마그네틱스연구회 MAG-89-210
3. 일본전기학회 마그네틱스연구회 MAG-86-169
4. IWATSU, BH Analyzer instruction manual.

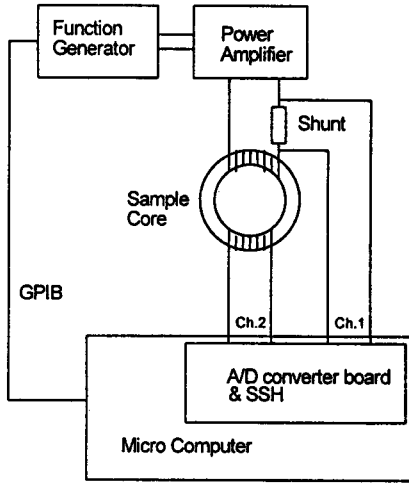


그림 1. 계측시스템의 개략도

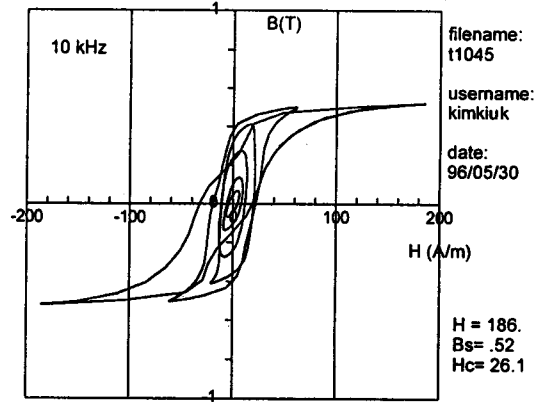


그림 3. 주파수 10 kHz에서의 자기이력곡선

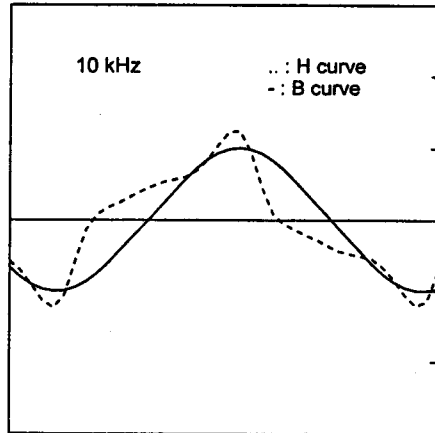


그림 4. 10 kHz 에서의 H 및 B 신호파형

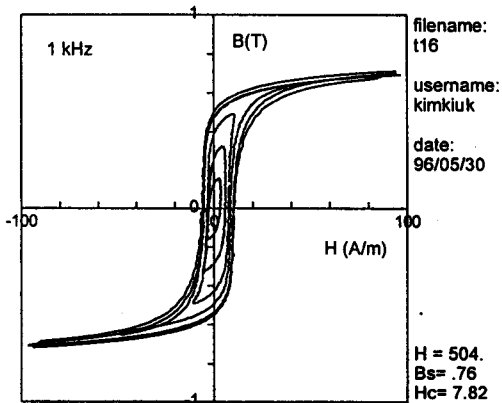


그림 2. 주파수 1 kHz에서의 자기이력곡선