

강자성체의 자기리력곡선측정장치에 대한 연구

장경훈, 김려명, 주덕영

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《새 재료부문을 발전시키지 않고서는 전자공업을 주체적으로 발전시킬수 없고 기계공업의 현대화를 실현할수 없으며 최신과학기술을 전반적으로 발전시킬수 없습니다.》

(《김정일선집》 증보판 제15권 487페이지)

강자성체의 자기리력곡선을 정확히 측정하는것은 철손실을 비롯한 강자성체의 자기적특성량들을 결정하는데서 매우 중요한 문제로 나선다.[2]

현재 강자성체의 자기리력곡선측정에는 기본적으로 탄동검류계를 리용한 측정방법과 전자식자력계를 리용한 측정방법이 쓰이고있으나 이러한 방법들은 측정시간이 오래고 측정정확도도 낮다.[3]

본문에서는 컴퓨터를 리용하여 강자성체의 자기리력곡선을 신속정확히 측정하기 위한 측정체계에 대하여 서술하였다.

자기리력곡선은 강자성체에 걸어주는 자기마당 H 와 자성체내부의 자속밀도 B 를 측정하여 결정한다. 따라서 자기리력곡선을 측정하기 위한 회로는 강자성체에 걸어주는 자기마당과 시편내부의 자속밀도를 측정하기 위한 부분으로 구성된다.

강자성체시편의 1차선류으로 전류 I 가 흐르면 시편에는 전류에 비례하는 자기마당이 생긴다. 이 자기마당의 크기 H 는 암페아법칙으로부터 다음과 같이 표시된다.[1]

$$H = \frac{N_1}{L} I \quad (1)$$

여기서 N_1 은 1차선류의 권회수, L 은 강자성체시편에서 평균자속경로의 길이, I 는 1차선류으로 흐르는 전류의 세기이다.

한편 강자성체시편에 걸린 자기마당 H 가 시간에 따라 변하면 강자성체시편의 자속밀도 B 도 변하게 되며 고리형시편의 2차선류에는 파라데이법칙으로부터 다음과 같은 유도전동력이 생긴다.[4]

$$\varepsilon = -N_2 S \frac{dB}{dt} \quad (2)$$

여기서 N_2 는 2차선류의 권회수, S 는 강자성체시편의 자름면면적이다.

식 (2)를 시간에 관하여 적분하고 정리하면 강자성체시편의 자속밀도에 대한 다음의 식이 얻어진다.

$$B(t) = -\frac{1}{N_2 S} \int_0^t \varepsilon dt + B(0) \quad (3)$$

식 (1)–(3)으로부터 강자성체시편에 걸린 자기마당 H 는 시편의 1차선류에 직렬연결된 저항에 걸리는 전압을 측정하여 결정하며 시편내부의 자속밀도 B 는 시편의 2차선류에 생기는 유도전동력을 적분하여 결정한다.

현재 자기리력곡선측정에 많이 리용되고있는 탄동검류계법에서는 관성추의 관성작용을 리용하여 강자성시편의 2차선륜에 생기는 유도전동력으로부터 자속밀도를 얻으며 전자식자력계법에서는 RC 적분회로나 연산증폭소자를 리용한 적분회로를 써서 자속밀도를 얻는다. 그러므로 이러한 측정방법들에서는 모든 신호처리과정이 상사식으로 되어있으며 결국 측정시간이 오래고 측정정확도도 낮다.

자기리력곡선을 신속정확히 측정하기 위하여서는 유도전동력의 적분을 비롯하여 모든 신호처리과정을 수자신호처리과정으로 넘겨야 한다.

수자신호처리과정에 기초한 새로운 자기리력곡선측정장치구성은 그림 1과 같다.

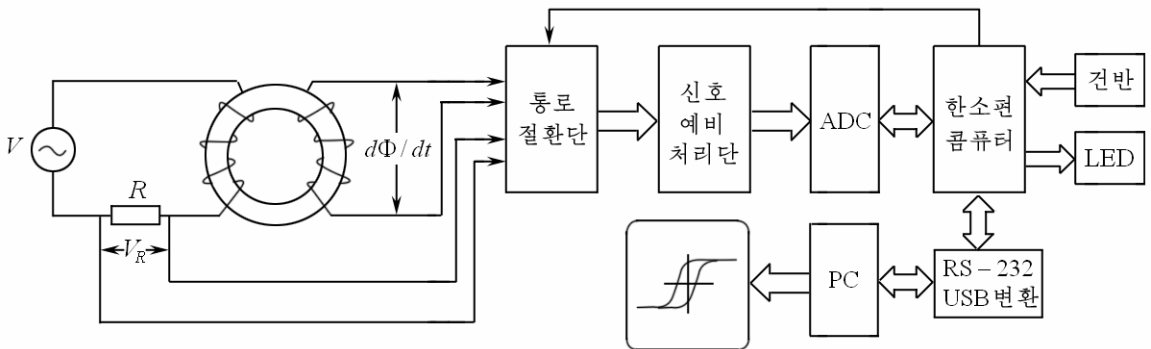


그림 1. 자기리력곡선측정장치구성

강자성체시편의 2개의 선륜으로부터 얻어지는 신호는 통로절환단과 신호예비처리단, 상사-수자변환기(ADC)로 구성된 신호처리단으로 입력된다.

통로절환단은 2개 포구의 2통로신호를 2개 통로의 AD변환기에 입력하도록 구성하였다. 입력신호의 감쇠와 차동입구성능을 보장하기 위하여 상사스위치소자가 아니라 2개의 소형계전기를 리용하여 통로절환을 실현하였다.

신호예비처리단은 완전히 똑같은 2개의 통로로 되어있으며 매 통로에 차동증폭기와 능동력파기, 신호밀기회로가 각각 포함되어있다. 차동증폭기는 입력신호의 증폭을 실현하는외에 신호입구의 차동특성을 보장함으로써 접지루설에 의한 신호이지러짐을 막고 평형잡음을 제거하는 역할을 한다. 또한 연산증폭기에 의한 능동력파회로를 리용하여 고주파잡음을 제거한다.

한편 신호예비처리단을 거친 신호는 량극성신호로서 정의 신호만을 입력하게 되어있는 AD변환기에 직접 입력할수 없다. 따라서 연산증폭기에 의한 준위밀기회로를 배치하여 AD변환기입구와의 신호정합을 실현하였다.

강자성체시편에 걸리는 자기마당과 시편내부의 자속밀도에 대한 측정은 정확히 같은 시각에 진행되여야 하며 따라서 두 통로의 AD변환을 동시에 보장하여야 한다. 이를 위하여 분해능이 16bit인 음성신호용AD변환소자 PCM1801을 리용하였으며 이때 표본화주파수 박자신호는 한소편컴퓨터 PIC16F873A의 PWM출구를 리용하여 공급하였다. 박자주파수는 1.25MHz이다.

AD변환기와 한소편컴퓨터사이의 통신은 SPI통신을 리용하였으며 읽기신호박자는 표본화박자신호와 정확한 동기가 이루어지도록 하였다. 한소편컴퓨터는 AD변환기를 구동하는것과 함께 건반과 LED지시등, 입구통로절환단 등에 대한 조종을 진행한다.

한소편컴퓨터와 상위컴퓨터와의 통신은 RS232-USB변환소자인 CH340G를 리용하여 진행하였으며 이때 통신속도는 256kbps이다. 통신은 2개 통로의 AD변환자료를 입력한 후 한번에 5Byte의 자료를 송신하는 방법으로 진행하였다. 그러므로 한소편컴퓨터내부에 자료완충기억기를 따로 설정할 필요가 없다.

상위컴퓨터에서 자료의 입력과 처리는 Matlab프로그램을 리용하여 진행하였다.

AD변환을 거쳐 컴퓨터에 입력된 신호에는 여러가지 잡음성분들과 함께 회로의 령준 위요동으로 인한 직류잡음성분도 들어있다. 이러한 직류잡음성분을 제거하기 위해 먼저 매 통로의 신호들에 대하여 다음과 같은 조작을 실시하였다.

$$x_i \rightarrow x_i - \sum_{i=1}^N x_i / N \quad (4)$$

여기서 x_i 는 x 신호의 i 번째 표본값이고 N 은 전체 표본의 개수이다.

이러한 조작을 거친 후의 입력신호파형은 그림 2와 같다.

그림 2의 ㄱ)는 시편의 1차선률에 걸리는 신호이며 ㄴ)는 시편의 2차선률에 발생하는 유도전동력신호이다.

그림 2로부터 2개 통로의 입력신호가 령준위를 기준으로 대칭분포되어있다는것을 알수 있다.

자기리력곡선을 얻기 위하여 이 입력신호가운데서 1개 주기의 신호에 해당하는 표본값들을 선택하고 식 (1)과 (3)을 리용하여 시편에 걸리는 자기마당 H 와 시편내부의 자속밀도 B 를 계산하였다. 여기서 식 (3)에서의 적분계산은 제형공식을 리용하여 진행하였다.[4]

새로 개발한 자기리력곡선측정장치를

리용하여 얻은 조명기구전원용Mn-Zn계웨이르의 자기리력곡선은 그림 3과 같다. 이 곡선으로부터 시편의 포화자속밀도와 잔류자속밀도, 보자력을 구하면 각각 3 534.7G, 1 027.8G, 9.6A/m이다. 이것은 같은 시편에 대하여 탄동검류계법으로 측정한 값들인 3 456.3G, 954.6G, 10.2A/m와 비교적 잘 일치한다.

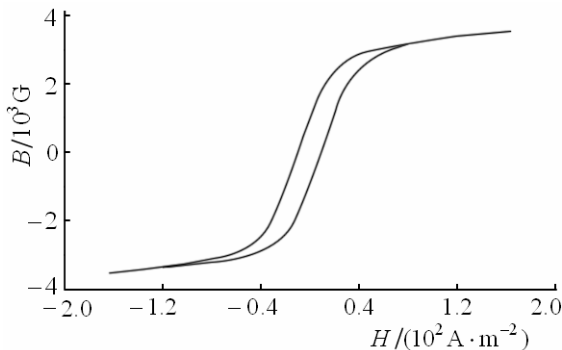


그림 3. Mn-Zn계웨이르의 자기리력곡선

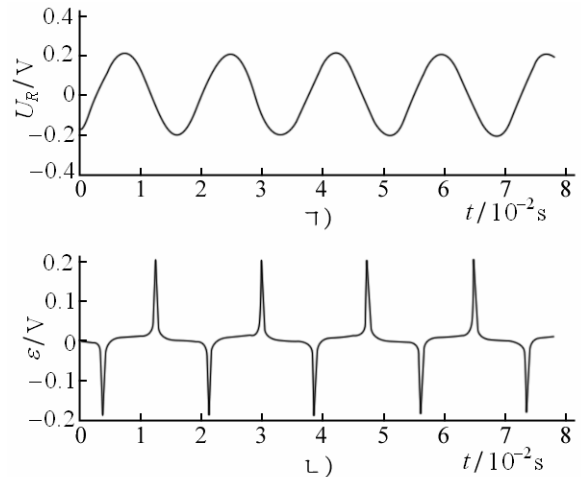


그림 2. 입력신호파형

새로 개발한 리력곡선측정장치로 측정한 포화자속밀도와 잔류자속밀도, 보자력값들과 탄동검류계로 측정한 해당 값들사이의 상대오차는 각각 2.21, 7.12, 5.88%이다. 이러한 차이는 탄동검류계법과 컴퓨터를 리용한 측정방법에서 측정점의 개수가 서로 다른데 원인이 있다.

컴퓨터를 리용한 새로운 측정방법에서는 측정점의 개수 즉 1개 주기의 신호에 해당하는 표본점수(약 800개 정도)가 탄동검류계법(측정점의 개수가 약 20개 정도)에 비해 훨씬 크며 따라서 측정정확도가 훨씬 높다. 또한 탄동검류계에 의한 측정에서는 빛눈금의 읽기에서 일정한 오차가 생기는것을 피할수 없다.

총체적으로 컴퓨터를 리용한 새로운 자기리력곡선측정방법으로는 탄동검류계법이나 전자식자력계법에 비해 강자성체들의 자기적특성량들을 보다 정확히 결정할수 있다.

맺 는 말

- 1) 수자신호처리과정에 기초한 새로운 자기리력곡선측정장치를 설계제작하였다.
- 2) Mn-Zn계 웨리트의 자기리력곡선에 대한 측정을 통하여 새로운 측정장치의 정확성을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] 김하영 등; 물리학, 김일성종합대학출판사, 179~194, 주체106(2017).
- [2] S. Tumansky; Handbook of Magnetic Measurements, CRC Press, 176~192, 2011.
- [3] F. Fiorillo; Measurement and Characterization of Magnetic Materials, Elsevier, 112~136, 2004.
- [4] P. J. Davis et al.; Methods of Numerical Integration, Dover Publication Inc., 136~157, 2007.

주체108(2019)년 3월 5일 원고접수

Study on the Hysteresis Loop Tracer of Ferromagnetic

Jang Kyong Hun, Kim Ryo Myong and Ju Tok Yong

We have designed and manufactured a new hysteresis loop tracer based on the digital signal processing and confirmed the accuracy of the new unit by measurement on the Mn-Zn ferrite specimen.

Key words: Magnetic hysteresis loop, ferromagnetic, signal processing