

와류식미소변위측정장치구성의 한가지 방법

백 은 철

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《과학자, 기술자들은 현실에 튼튼히 발을 붙이고 사회주의건설의 실천이 제기하는 문제들을 연구대상으로 삼고 과학연구사업을 진행하여야 하며 연구성과를 생산에 도입하는데서 나서는 과학기술적문제들을 책임적으로 풀어야 합니다.》(《김정일선집》 증보판 제15권 492페이지)

선행연구[1, 2]에서는 고주파반사식과 저주파투과식에 의한 미소변위측정방법을 제안하였는데 저주파투과식은 실천에서 응용하기 곤란한 부족점이 있다.

고주파반사식은 고주파에서 발생하는 와류현상에 의해 금속도체에서 반사되는 자기마당세기변화를 수감하여 도체의 두께를 측정하는 방식이다.

본문에서는 3극소자를 리용한 유도3점발진회로를 설계하여 와류식미소변위측정장치를 구성하기 위한 한가지 방법을 제시하고 실험을 통하여 장치의 특성을 검증하였다.

1. 와류수감부에 의한 미소변위측정원리

파라데이의 전자기유도원리에 의하면 금속도체가 변하는 자기마당속에 있거나 자기마당속에서 자력선을 자를 때 와류형태의 유도전류가 발생하게 되는데 이 전류를 와류전류라고 부르고 이런 현상을 와류현상이라고 부른다. 그리고 와류현상을 리용한 수감부를 와류수감부라고 부른다.

측정선분에 고주파진동전류를 흐르게 하면 선분에는 변하는 자기마당이 생기게 된다. 측정하려는 금속도체가 이 자기마당에 가까이 갈 때 금속도체의 결면에는 유도전류가 생기며 동시에 와류마당도 생긴다. 와류마당의 방향은 선분의 자기마당방향과 반대이며 이것으로 하여 선분에 걸리는 전압의 진폭과 위상이 변한다. 이때 이 변화는 투자률과 전도률, 선분의 기하학적형태와 크기, 진동주파수, 전류세기, 선분과 금속도체사이의 거리에 관계된다.

금속도체의 재질이 균일하고 선형특성을 가지며 방향성이 없다고 가정하면 선분의 완전저항은 투자률 μ , 전도률 σ , 선분의 기하학적파라미터 t , 진동주파수 ω , 전류세기 I , 선분과 금속도체사이의 거리 x 에 의해 표시할수 있다.

$$Z = F(\mu, \sigma, \omega, t, I, x)$$

일반적으로 $\mu, \sigma, \omega, t, I$ 를 일정한 범위에서 조절하여 변하지 않도록 하면 선분의 완전저항 Z 는 x 의 함수로 되며 Z 의 변화는 선분과 금속도체결면사이의 거리를 전압 또는 전류의 변화로 전환할수 있다. 따라서 출구신호의 크기는 선분과 금속도체결면사이의 거리에 따라 변하며 와류식미소변위측정장치는 이러한 동작원리에 의하여 금속도체의 변위와 두께변화, 결함, 진동, 속도 등을 측정한다.

그림 1에 와류수감부에서의 자력선분포와 자기마당세기방향을 보여주었다.

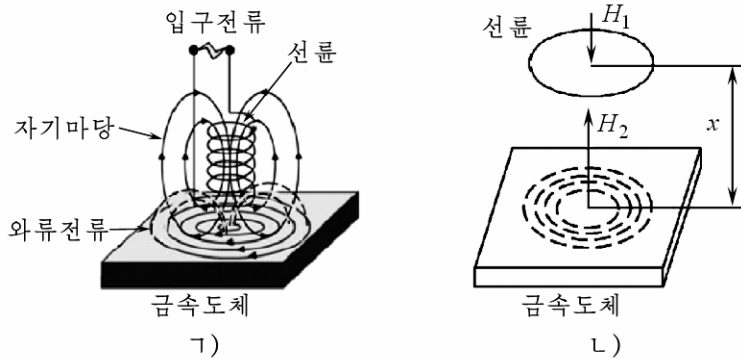


그림 1. 와류수감부에서의 자력선분포(Γ)와 자기마당세기방향(L))

2. 장치구성과 실험 및 결과분석

우리는 진동주파수가 f_0 으로 고정되어있는 주파수고정진폭조절방식을 리용하는 장치를 구성하였다. 그림 2에 와류식미소변위측정장치의 구성도를 보여주었다.

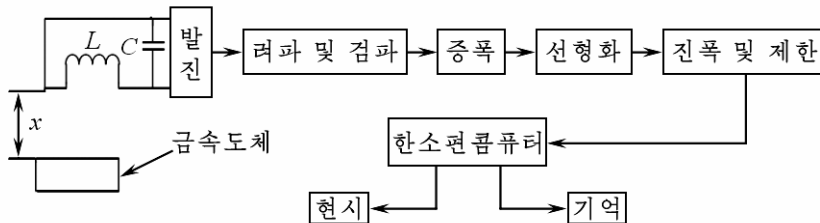


그림 2. 와류식미소변위측정장치의 구성도

발진단은 수감부에서 자기마당을 발생시키기 위한 진동주파수를 형성하는데 발진단의 진동주파수는 50kHz로 하였다. 러파 및 검파단은 수감부의 출구신호파형을 러파하여 검파하며 증폭단은 검파된 신호를 증폭한다. 선형단은 수감된 신호에 대하여 출구신호가 선형특성을 나타내도록 한다. 진폭제한단은 0~12V까지의 신호전압을 한소편컴퓨터에 입력하기 위한 0~5V까지의 신호전압으로 변화시킨다. 한소편컴퓨터는 입력된 신호를 수감부신호에 근거하여 자료들에 대한 척도화를 진행하며 척도화된 자료들을 표시기에 현시하고 기억기에 기억시키는것과 같은 프로그램처리를 진행한다.

현시단은 한소편컴퓨터에서 처리된 수자출구신호를 받아 대응하는 측정값을 현시한다.

기억단은 측정된 자료들을 측정대상별, 날짜별로 기억기에 기억시켜 컴퓨터에 리력을 보관할수 있게 한다.

측정실험은 같은 재질의 표준철판과 실제철판의 두께의 차이를 측정하여 비교하는 방법으로 진행하였다.

측정에 앞서 표준철판의 두께를 측정하여 령점조절을 한다. 즉 측정선류의 철심면과 철판사이의 거리를 조절하여 철판이 수감부의 측정범위내에 있게 하고 수감부의 조절기를 리용하여 수감부의 상사출구전압이 령으로 되게 한다.

철판의 실제두께와 표준두께가 차이나면 수감부에는 상대위치에 따라 변하는 상사출구전압이 나타난다. 이때 수감부의 출구전압과 철판의 두께사이에는 고정된 선형관계가 있으며 이 선형관계를 리용하여 철판의 실제두께를 측정한다.

와류식미소변위측정장치를 리용한 철판의 두께변화측정실험결과는 표와 같다.

표. 와류식미소변위측정장치를 리용한 철판의 두께변화측정실험결과

철판두께/mm	측정범위/mm	주파수/kHz	전압/V	측정값	실제값
1	15	49.9	10	169	169
1.1	15	49.7	9.97	172	175.8
1.2	15	49.9	10	175	182.7
1.4	15	49.8	9.95	194	196.3
3	15	49.7	10	300	305.6
5	15	49.6	10	439	442.2

표에서 보는바와 같이 측정범위 15mm를 10bitA/D변환값인 1 024에 대응시킬 때 실제값과 측정값사이의 차이는 1.2mm에서 수값으로 7.7이다. 이것은 0.1mm에 대하여 수값으로 6.8이므로 0.2mm의 차이에 대응한다.

맺 는 말

와류수감부를 리용한 미소변위측정장치를 구성하기 위한 한가지 방법을 제안하고 철판의 두께변화에 대한 실험을 통하여 측정값의 정확성을 검증하였다.

참 고 문 헌

- [1] 리금철 등; 수감요소와 검측기술, 외국문도서출판사, 70~91, 주체105(2016).
- [2] T. Yang et al.; Measurement, 101, 118, 2017.

주체110(2021)년 5월 5일 원고접수

A Method of Constructing the Eddy Current Micro Displacement Measuring Device

Paek Un Chol

We proposed a method for constructing the micro displacement measuring device using the eddy current sensor and verified the accuracy of measurement value through the experiment on the change in the thickness of the iron plate.

Keywords: eddy current sensor, impedance, micro displacement