

# 금속 결함 검사를 위한 위상 검출에 관한 연구

고유학 · 김남호\*

부경대학교

## A Study on Phase Detection for Metal Defects Inspection

You-Hak Ko · Nam-Ho Kim\*

Pukyong National University

E-mail : nhk@pknu.ac.kr

### 요 약

금속은 산업 현장 및 일상 생활에서 다양하게 사용되고 있다. 금속은 기계, 자동차 부품, 전선, 로봇 등에 많이 사용된다. 금속은 가공 과정 및 사용자의 사용 환경과 같은 다양한 이유로 금속 표면에 작은 손상을 입게 된다. 본 논문에서는 금속의 결함 검사를 위한 위상 검출을 구현하였다. 금속의 전기전도도를 이용하여 결함의 깊이와 크기에 따라 위상이 변하는 회로를 구성하고, 변화된 위상으로 결함의 깊이와 크기를 추정할 수 있다.

### ABSTRACT

Metals are used in a variety of industrial sites and daily life. Metals are often used in machinery, automobile parts, wires, and robots. Metal causes small damage to the metal surface for a variety of reasons, such as the processing process and the user's operating environment. In this paper, phase detection for the inspection of defects in metals has been implemented. Using the electrical conductivity of metal, a circuit whose phase varies with the depth and size of the defect, and with the changed phase, the depth and size of the defect can be estimated.

### 키워드

금속, 결함 검사, 위상 검출, Phase Detection

## I. 서 론

현대 산업 사회가 발전함에 따라 금속은 산업 현장 및 다양한 분야에서 많이 사용되고 있다. 특히, 기계 및 자동차 부품을 비롯한 선박, 의료, 건축, 우주항공 등 각 분야의 특성에 맞는 여러 종류의 금속이 사용된다.

하지만 금속을 사용하기 위한 가공 과정 및 사용자의 사용 환경과 같은 여러 가지 이유로 금속 표면 및 내부에 크고 작은 손상을 발생하며, 이는 금속 제품의 품질에 많은 영향을 끼친다[1].

금속 표면의 결함 검사는 초음파 탐상 검사, 방사선 투과 검사 및 와전류 검사 등 다양한 비파괴 검사가 연구되고 있다. 그 중 와전류 검사는 코일을

을 이용하여 도체에 자계를 인가하고, 도체에 발생한 결함에 의해 변화하는 자계를 이용하여 금속 표면을 검사한다. 금속 표면 상태에 따라 변하는 자계를 수치화하기 위해서 검출 회로가 필요하다.

따라서, 본 논문에서는 금속의 손상으로 인한 표면 결함 검사를 위한 위상 검출 회로를 구성 하고, 위상을 0°에서 180°까지 15°간격으로 가변하여, 위상 검출기 출력특성의 선형성을 확인하였다.

## II. 위상 검출기

동기 검파기는 통신 장비 및 단파 라디오 수신기 등에 주로 사용되며, 금속 결함 검사를 위한 와전류 검사법에도 많이 사용된다. 와전류 검사법에서 동기 검파기는 여자코일에 의해 발생된 자력선

\* corresponding author

이 금속 표면에 인가되어 결합의 정도에 따라 와전류의 크기가 변화한다. 이러한 와전류의 변화를 검출하기 위해 인가된 신호와 검출코일의 검지된 신호의 위상차를 측정한다[2][3].

본 연구에서는 금속의 표면 결합 검사를 위한 위상 검출기를 그림 1과 같이 구성하였다.

그림 1에서  $V_1$ 은 검출 코일의 출력이며,  $V_{ref}$ 는 여자코일에 인가된 신호이며, 그 구성은 반전 증폭부, 비반전 증폭부, 아날로그 스위치, 제로-크로싱 회로, 저역통과필터로 구성하였다.

반전 증폭부의 이득을 -2배, 비반전 증폭부의 이득을 2배로 하여 기존 신호에 따라 아날로그 스위치를 스위칭하여 동기 검파를 한 후, 저역통과필터를 거쳐 최종출력을 얻는다.

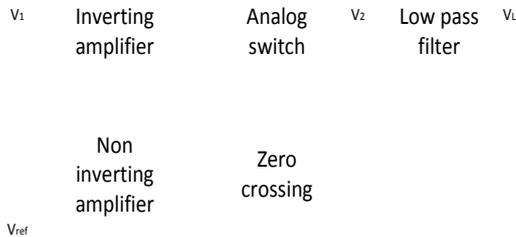


그림 1. 위상 검출기의 블록 다이어그램

저역통과필터는 2차 버터워스, 차단주파수는 1.54Hz로 설계하였다[4].

### III. 실험 및 결과

본 연구는 그림 1과 같이 위상 검출기를 구성하여 제작하였다. 제작된 위상 검출기의 특성을 측정하기 위해 여자신호에 전압( $V_{ref}$ )을  $200mV_{pp}$ , 5 KHz로 인가하였다. 그리고 검출 신호에 해당하는 출력을 여자신호의 출력과 위상차가  $0^\circ$ 에서  $180^\circ$ 까지 가변하여 출력특성을 측정하였다.

그 결과, 위상차가  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ 일 때, 출력전압은 각각  $-177mV$ ,  $-146mV$ ,  $-113mV$ ,  $-68.3mV$ ,  $3.07mV$ 로 검출되었으며, 양호한 선형특성을 나타내었다.

그림 2, 3, 4, 5, 6는 위상차가  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ 일 때, 아날로그 스위치 출력 및 최종출력전압의 파형을 나타내었다.

### IV. 결 론

본 논문은 금속 결합 검사를 위한 위상 검출기를 구현하였으며, 위상각에 따른 출력 전압의 특성을 확인하기 위해 여자신호에 5KHz신호를 인가하고, 위상 천이기를 사용하여 입출력 위상차를  $0^\circ$ 에서  $180^\circ$ 까지 가변하여 구현한 위상 검출기의 특

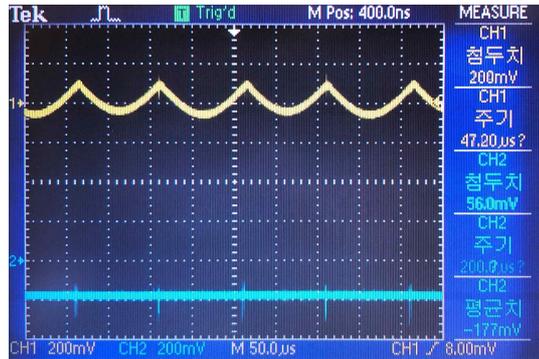


그림 2. 위상각이  $0^\circ$  일 때,  $V_2$ (위),  $V_L$ (아래)

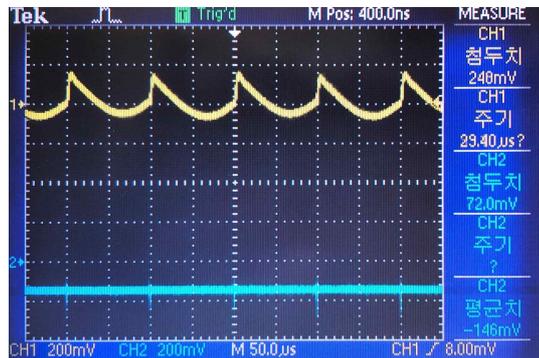


그림 3. 위상각이  $30^\circ$  일 때,  $V_2$ (위),  $V_L$ (아래)

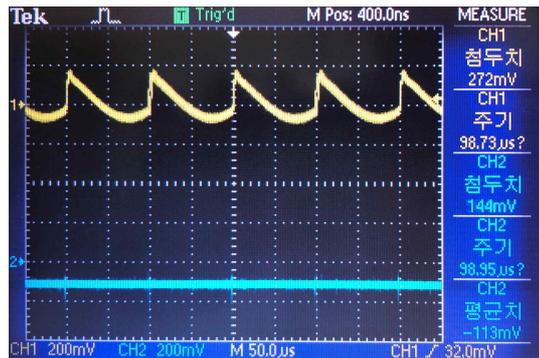


그림 4. 위상각이  $45^\circ$  일 때,  $V_2$ (위),  $V_L$ (아래)

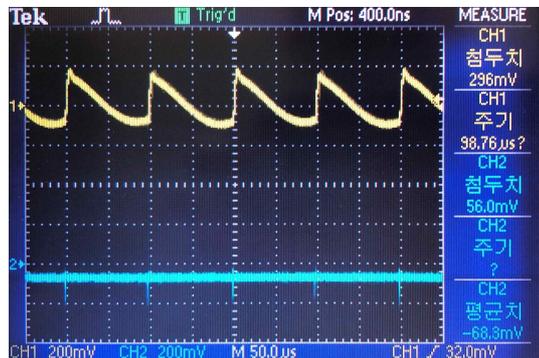


그림 5. 위상각이  $60^\circ$  일 때,  $V_2$ (위),  $V_L$ (아래)

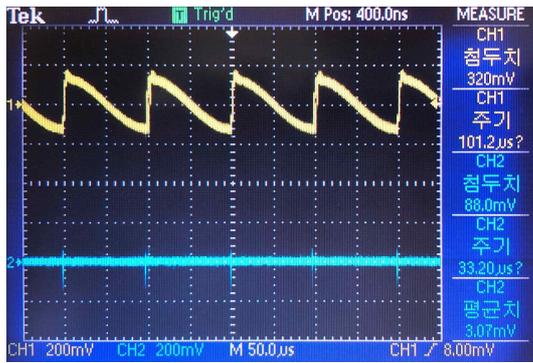


그림 6. 위상각이 90° 일 때,  $V_2$ (위),  $V_L$ (아래)

성을 측정하였다.

그 결과, 위상차가 0°, 30°, 45°, 60°, 90°일 때, 출력전압은 각각 -177mV, -146mV, -113mV, -68.3mV, 3.07mV로 검출되었고, 양호한 선형특성을 얻었다.

따라서, 본 연구에서 구현한 위상 검출기는 금속 결함 검사 시스템에 유용하게 적용되리라 사료된다.

## References

- [1] G. T. Joo, S. H. Jung, K. Y. Song, and J. O. Kim, "Detection of the Defect on the Metal Surface Using the Modulated Microwave." *The Journal of the Korean Society for Nondestructive Testing*, Vol. 19, No. 3, pp.173-179, Jun. 1999.
- [2] J. M. Yang, S. Y. Kim, S. J. Kim and B. T. Jeon "Implementation of a Coherent Detector with Minimum Errors for Radar Receiver." *The Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea*, Vol. 33, No. 11, pp. 2,206-2,215 Nov. 1996.
- [3] J. R. Yang, "Measurement method of amplitude and pahse differences between two signals using power detection" in *Proceedings of KIEE*, Daegu, 25-26, 2016.
- [4] S. H. Hwang, J. H. Yoo, and T. U. Jung, "Online Turn Fault Diagnosis Method for Permanent Magnet BLDC Motor using an Overlap Control Method and 2nd Order Low Pass RC Filter", *The Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, Vol. 33, No. 1, pp. 41-47, Jan. 2019.