

파라데이효과를 이용한 임펄스 대전류 측정

박 해 수^o, 김 요 회

한국전기연구소

Detect to Impulse Large Current based on Faraday Effect

Hacsoo Park, Yohec Kim

KERI

Abstract

Applications of the fiber optic sensing are growing rapidly, particularly in situations where size, weight, speed, and immunity to electromagnetic interference are important considerations.

The fiber optic current sensors have been developed for low frequency(60Hz) metering in electric power systems. But we try measure to high frequency large current by fiber optic current sensor based on Bi substituted rare earth iron garnet.

In this paper, we report the linearity to 500 amperes and frequency response of signal processor and a result of detection the standard impulse large current of fiber optic impulse sensor system..

1. 서 론

전력분야에서 고절연성, 내전자유도성, 전기적으로 비접촉 측정가능한 이점을 가지는 파라데이효과를 이용한 광방식전류센서가 연구·개발 중에 있다. 특히 파라데이소자로는 고감도이고 온도특성이 우수한 Bi 치환 희토류 Garnet 결정(YIG)을 많이 사용하고 있으며, 현재 YIG를 이용한 광전류센서는 주로 상용주파수대의 전류 계측용이나 고장검지용으로 개발·사용되었으나, 본 논문에서는 고속의 임펄스형 뇌써지파 측정이나 대전류 임펄스 시험시 표준파 측정을 위한 광전류센서 시스템의 구성 및 시험 결과에 대하여 보고하고자 한다.

II. 광전류센서의 원리 및 구성

파라데이효과는 매질에 자계를 인가할 경우 광의 편파면이 회전하는 현상을 말하며 반자성체나 상자성체에 대한 파라데이회전각 θ 는 다음 식과 같다.

$$\theta = V \cdot H \cdot L \quad (1)$$

여기서, V : Verdet 정수, H : 광의 전파방향의 자계, L : 파라데이소자의 광로장이다.

실험에 사용한 YIG의 조성은 $(H_oTbBi)_3Fe_5O_{12}$ 이고 포화자속밀도는 $\pm 1,000$ Oe(80kA/m)로 이 보다 더 큰 전류 측정시는 도체와 센서와의 거리를 조절하므로써 가능하다.

그림1은 본 연구에서 사용한 광전류센서의 구성도이다. 그림에서 출력광을 서로 수직 방향의 편광성분을 검출하는 것은, 기존의 저주파용 광센서에서 하나의 광을 검출하여 AC와 DC성분을 분리하고 이를 나누는 방식에서 필터부를 거쳐야하므로 주파수 특성이 수kHz에서 3dB점이 나타나 이러한 문제를 해결하여 고주파의 임펄스를 측정하기 위해서는 구성이 다소 복잡하나 두 광을 검출하는 방식이 유용하다.

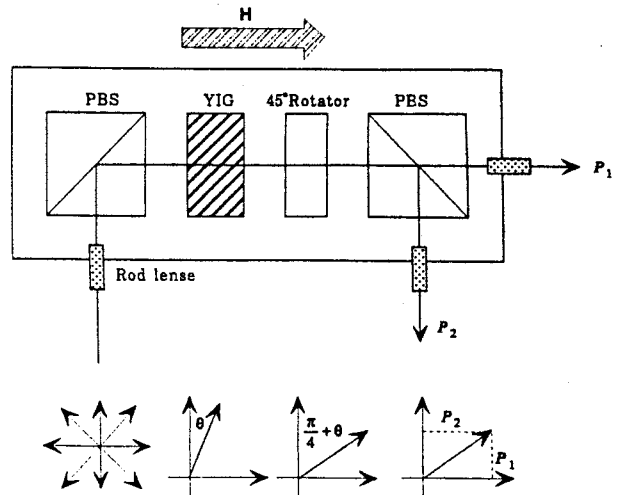


그림1. 광전류센서의 구성도

입력광의 DC성분을 P_{in} 이라 할 경우, 두 광의 출력은 다음 식과 같다.

$$P_1 = \frac{1}{2} P_{in}(1 - \sin 2\theta)$$

$$P_2 = \frac{1}{2} P_{in}(1 + \sin 2\theta) \quad (2)$$

검출된 두 광을 (3)식과 같이 신호를 처리 함으로써 그림2에서 보는 바와 같이 필터부를 사용하지 않고 변조도 m 만을 검출할 수 있다. 따라서 수MHz 대의 고주파 측정이 가능하다.

$$P_{out} = \frac{P_2 - P_1}{P_2 + P_1} = \sin 2\theta = m \quad (3)$$

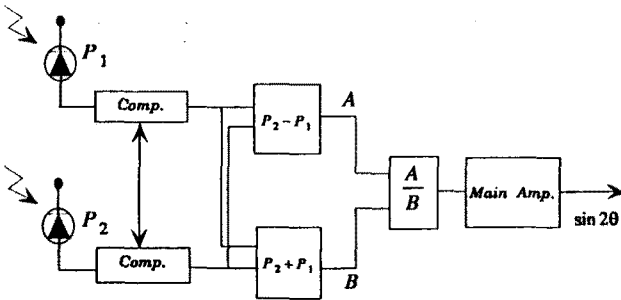


그림2. 신호처리부의 구성도

III. 실험 및 고찰

실험에서 사용한 LED 및 PIN-PD의 파장은 $850\mu m$ 에서 중심 파장을 가지며, 입력광량을 크게하여 센서부의 구성이 용이하도록 하기 위하여 광파이버는 개구수가 큰 $100/140\mu m$ 의 다중모드를 사용하였다. 또, 센서에 평행광을 만들어 주거나 집광을 위하여 광파이버 앞단에 2.5 pitch의 Rod Lense를 사용하였다.

신호처리부의 주파수특성을 개선하기 위하여 사용한 OP Amp의 이득을 높이지 않고 거의 1이 되도록 설계하였다.

개발된 시스템의 특성을 알아보기 위하여 직선성, 주파수특성 및 실제 임펄스 측정 시험을 하였다.

먼저 이 시스템을 계측용이나 사고전류 검출용으로 활용할 경우 중요한 특성인 직선성을 상용주파수에서 조사하였다. 센서를 도체에 직접 부착하여 500A 까지 측정된 결과 그림3과 같이 오차가 $\pm 1\%$ 이내의 우수한 특성을 보였다.

또 본 연구의 광신호처리부에서 새롭게 채택한 SDM (Sum and Difference Method)방식의 주파수특성을 조사하였다. Function Gen.의 최고주파수가 12MHz 밖에 되지 않아 이 주파수까지 측정하였다. 실험 결과 그림4에서 보는 바와 같이 3dB점이 약 20MHz 정도로 매우 우수한

주파수특성을 보이는 것을 알 수 있다.

이러한 결과로 보통 rising time이 $1\mu s$ (1MHz) 이상인 임펄스를 측정하는데 있어서 양호한 특성을 가질 수 있을 것으로 예측된다.

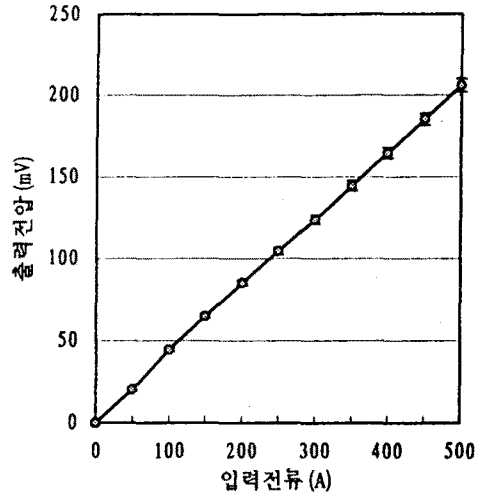


그림3. 광전류센서의 직선성

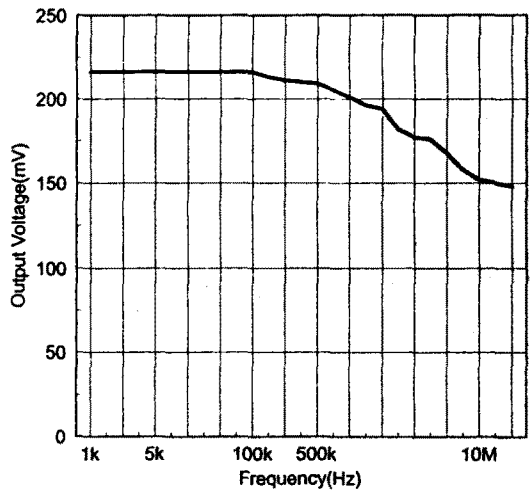


그림4. 광신호처리부의 주파수특성

위에서 시험 검토된 특성들을 바탕으로 실제 표준 임펄스를 센서에 직접 가하여 그 파형을 측정된 결과 그림 5와 같이 양호한 재현성을 보임을 알 수 있다. 여기서 표준 임펄스 발생기는 미국의 KeyTek Instrument Co. 의 Model 587-PLUS Modular Surge Test System을 사용하였다.

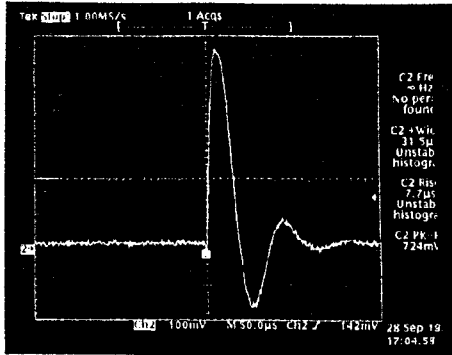


그림5. 측정된 임펄스파형

IV. 결론

본 연구에서 개발된 임펄스 대전류 광방식 측정시스템은 직선성이 우수하여 송배전선의 대전류측정용 및 보호용 뿐만 아니라 송배전선의 사고전류를 측정하는데에도 유용하게 이용될 것으로 판단된다.

또 변전소나 전력소에 침입하는 뇌서지 측정이 광을 이용한 비접촉식의 간단한 방식으로 가능하여 뇌서지가 전력계통에 미치는 영향을 조사·분석하여 계통 보호에 이용 가능할 것이다.

참고 문헌

- [1]. Michael Ko and Elsa Garmire, "Current sensing using bismuth rare-earth iron garnet films" Applied Optics, Vol. 34, No. 10, April 1995.
- [2]. M. N. Decter, A. H. Rose, G. W. Day, "Fast, Sensitive Magnetic-Field Sensors Based on the Faraday Effect in YIG" J. of Lightwave Technology, Vol. 8, No. 12, December 1990.
- [3]. "Optical current transducers for power systems : A REVIEW" IEEE Trans. on Power Delivery, pp1778, Vol. 9, No. 4, October 1994.
- [4]. 김요희, 박해수 외, "광을 이용한 비정현과 대전류 측정기술 개발(1)" 과학기술처 연구보고서, 1995년.
- [5]. Michio Wada, Satoshi Ishzuka, et al., "Rare-Earth Iron Garnets for Fiber Optic Current Sensors" Trans. IEE of Japan, Vol. 112-C, No. 12, Dec. 1992.