

비틀린 광섬유와 편광분석을 이용한 광 전류센서

Polarimetric Optical Current Sensor using Twisted Optical Fiber

송민호

전북대학교 전자정보공학부

email: msong@moak.chonbuk.ac.kr

자성체 내부를 진행하는 선형편광의 진동축은 주변 자기장의 세기와 방향에 따라 회전하게 되며 이를 Faraday 효과라 한다. Faraday 효과를 이용하여 광 전류센서를 상업화하고자 하는 시도는 삼십여년 전에 시작되었다.⁽¹⁾ 이후 많은 연구가 지속적으로 이루어졌으나 기존 권선형 변류기의 높은 운용 신뢰도와 취약한 광학기술 등으로 인하여 성공적인 상업화의 예는 찾기 힘든 실정이다. 그러나 최근 광통신 산업의 발전에 따른 제반 기술여건이 향상됨에 따라 고전압·대전류를 취급하는 전력설비의 고장검출이나 전류측정 분야에서 기술과 비용 측면에서의 경쟁력을 확보할 수 있는 단계에 이르렀으며 그에 따라 실용적인 차원의 광 전류센서의 개발의지가 고조되고 있는 실정이다. 광 전류센서는 Faraday 소자의 형태에 따라 크게 bulk형과 광섬유형으로 나눌 수 있으며 계측방식에 따라 간섭형과 편광분석형 등으로 구분할 수 있다. 본 논문에서는 전력계통 감시용으로 설계된 광섬유형 전류센서의 구성과 그 출력특성 등에 대하여 기술한다.

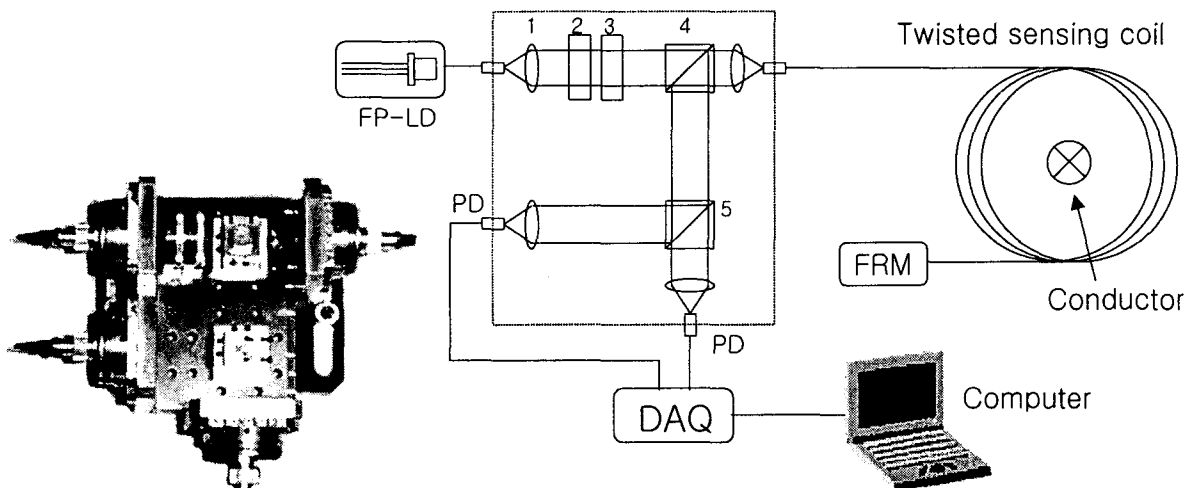


그림 1. 광섬유형 전류센서의 개략도: 1, lens; 2, linear polarizer; 3, half wave retarder; 4, beamsplitter; 5, polarization beamsplitter; DAQ, data acquisition board; FRM, Faraday rotator mirror.

그림 1은 구성된 광섬유형 전류센서의 개략도이다. 광섬유를 이용한 전류센서는 폐회로 형태의 센서 코일을 이용하므로 측정대상체 이외의 전력선이나 기타 잡음에 영향받지 않는 장점을 갖는다. 또한 센

서코일의 turn 수를 조절하여 측정정밀도 및 측정범위의 조절이 용이하다는 장점을 갖지만 광섬유의 제조과정 중 또는 센서코일을 형성하는 과정에서 구부림에 의해 발생하는 선형복굴절이 센서의 특성을 크게 저하시키는 단점을 갖는다. 이를 해결하기 위하여 광섬유 센서 코일을 높은 온도로 가열하거나⁽²⁾, 광섬유를 비틀어 사용하는 방법⁽³⁾, spun 광섬유를 이용하는 방법⁽⁴⁾, 납이 많이 첨가되어 stress-optic 효과를 낳춘 flint glass를 이용하는 방법⁽⁵⁾ 등이 제안되어 왔다. 본 연구에서는 10/125 μm 단일모드 광섬유를 미터당 20회 이상 비틀고 한쪽 끝에 Faraday Rotator Mirror를 부착하여 선형복굴절의 영향을 최소화하였다. 사용된 광원은 1310 nm 중심파장에 온도변화에 따른 영향을 억제하기 위하여 다중모드 특성을 갖는 레이저 다이오드를 선택하였다. Faraday 회전각은 PBS(polarization beam splitter)를 입력 편광에 대하여 $\pm 45^\circ$ 의 각을 이루도록 배치하여 측정하고 광원의 출력변화 등에 따른 영향을 상쇄시키기 위하여 PBS에 의해 분리된 두 편광모드를 신호처리한 후 전류와 관계된 교류성분만을 검출한다. 그림 2는 PD의 출력신호와 이를 이용하여 얻은 센서출력의 파형이며 0~1000 Ampere · Turn 범위의 인가전류 변화에 따라 출력 파형의 실효치를 도기한 결과가 그림 3이다. 현장적용 시험 등을 통한 동작 안정성 및 신뢰도의 확보가 이루어져야 하지만 실험실 환경에서 행한 연구의 결과는 이론적인 분석을 통한 예상치와 동일한 형태로 분석되어지며 해당 전류범위에서 5% 이내의 측정정밀도를 얻을 수 있었다.

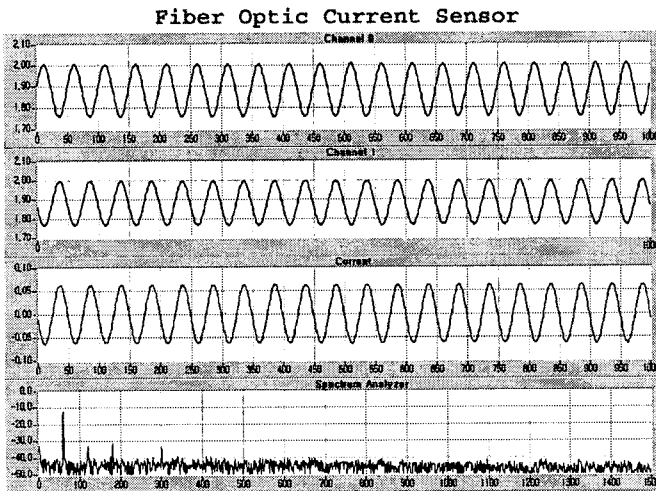


그림 2. 두 PD 신호와 최종 센서 출력

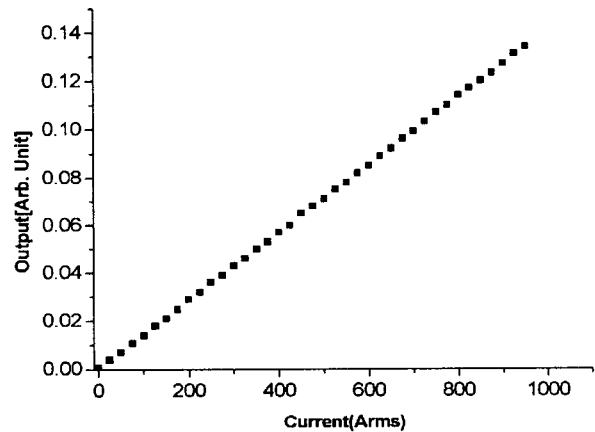


그림 3. 전류의 크기에 따른 센서출력의 변화

참고문헌

1. E. J. Casey and C. H. Titus, "Magneto-optical electric current sensing arrangement," U.S. patent 3,324,393 (1967); S. Yoshikawa and A. Ueki, "Current measuring system utilizing Faraday effect element," U. S. Patent 3,605,013 (1971).
2. D. Tang, A. H. Rose, G. W. Day, and S. M. Etzel, "Annealing of linear birefringence in single-mode fiber coils: application to optical fiber current sensors," J. Lightwave Technol., vol. 9, no. 8, pp. 1031-1037, (1991).
3. N. C. Pistoni and M. Martinelli, "Polarization noise suppression in retracing optical fiber circuits," Opt. Lett., vol. 16, no. 10, pp. 711-713, (1991).
4. R. I. Laming and D. N. Payne, "Electric current sensors employing spun highly birefringent optical fibers," J. Lightwave Technol., vol. 7, no. 12, pp. 2084-2094, 1989.
5. K. Kurosawa and I. Masuda, "Faraday effect current sensor using flint glass fiber for the sensing element," Proc. of OFS, (1993).