

고속주축 모니터링용 광파이버 변위센서의 레이저 다이오드 출력에 따른 성능평가

박찬규*, 신우철+, 홍준희**, 이동주**

Performance Evaluation according to Optical Power of Laser Diode of Optical Fiber
Displacement Sensor for Monitoring High Speed Spindle.

Chan-gyu Park*, Woo-cheol Shin+, Jun-hee Hong**, Dong-ju Lee**

Abstract

This paper is to develop an optical fiber displacement sensor for monitoring high speed spindle. Proper magnitude of optical power as well as amplification of output signal are necessary to improve sensitivity of the sensor. In this paper, to meet the need of improvement of the sensor resolution, we choose proper optical power and amplification level through speculating on optical power of a laser diode.

Key Words : optical fiber displacement sensor, optical power, sensor resolution

1. 서론

회전 주축의 모니터링은 비접촉 센서를 이용한 반지름 방향 진동 측정을 통해 이루어진다. 두 개의 센서를 직교 방향으로 주축에 근접시켜 센서 측정면과 주축 원주면 사이의 간극(air gap)을 측정하는 방법이다. 적용 가능한 비접촉 센서 형태로는 정전용량형 센서, 와전류형 센서, 유도형 센서, 광센서등이 대표적이다. 이 중에서 광센서는 광파이버를 이용함으로써 측정부 취부가 간단하고 측정부의 전기적 노이즈와 온도에 대한 영향이 적은 특징을 지니고 있다.

고속주축의 정확한 모니터링을 위해 우선적으로 센서의 분해능과 주파수 응답성 향상을 위한 연구가 수행 중에 있다. 본 논문은 광파이버 센서를 구성하는 요소들 중에서 광원의 특성이 센서 성능에 미치는 영향에 대해 고찰하였다. 광원의 특성 중에서도 광 출력이 센서의 감도와 출력신호 노이즈 특성에 미치는 영향을 살펴보았다. 광 출력이 커질수록 센서의 감도가 좋아지는 경향은 분명하나 출력신호의 노이즈 특성을 고려할 때 그 효과는 한계성을 보임을 살펴볼 수 있다. 본 논문은 광 출력 크기와 신호 증폭률이 출력신호 노이즈 크기에 미치는 영향을 고찰하여 광파이버 센서에 적합한 광 출력 크기를 제시하고자 한다.

* 박찬규, 충남대학교 기계공학과 대학원(parkchangyu2003@yahoo.co.kr)

주소: 305-764 대전광역시 유성구 공동 220

+ 충남대 기계공학과 대학원

++ 충남대 기계공학과

2. 광파이버 센서 구조

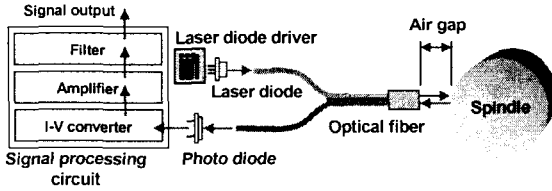


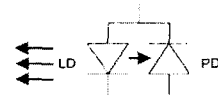
Fig. 1 Schematic of the optical fiber sensor

Fig. 1은 광파이버 센서의 개략도를 보여주고 있다. 센서의 구성은 레이저 다이오드(laser diode), 광파이버(optical fiber), 포토 다이오드(photo diode), 신호검출회로로 되어있다. 광원인 레이저 다이오드의 빛을 광파이버로 집속하여 광파이버를 따라 측정부까지 전달한다. 전달된 빛은 타겟(spindle) 표면에 조사되고 타겟 표면에 반사된 빛이 수광파이버로 입사된다. 수광파이버로 입사된 빛은 포토 다이오드로 전달된다. 이때 전달되는 반사광량은 공극에 따라 달라진다. 포토 다이오드는 전달된 반사광량의 크기에 따라 전류 신호를 발생시키고 신호검출회로를 통해 센서 신호로 나타내게 된다. 신호검출회로는 I-V변환회로, 신호 증폭기, 필터로 구성된다.

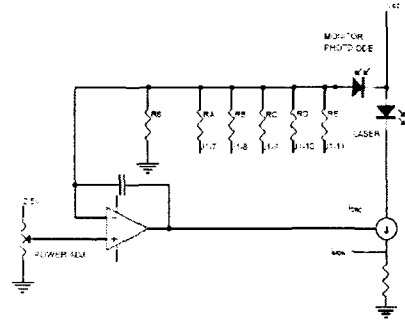
3. 광원 특성

3.1 발광 장치

Fig. 2 (a)는 광파이버 센서의 광원인 반도체 레이저 다이오드 패키지를 나타내고 있다. 패키지 안에는 그림과 같이 레이저 다이오드와 함께 모니터 포토 다이오드도 내장되어 있다. 모니터 포토 다이오드는 레이저 다이오드의 출력을 모니터링하는 역할로서 레이저 다이오드 드라이버에 피드백 신호를 보낸다. Fig. 2 (b)는 레이저 다이오드와 드라이버의 회로 구성을 보여주고 있다. 레이저 다이오드 드라이버 회로는 레이저 출력의 안정성을 유지하기 위해 비례-적분(PI) 피드백 회로 형태를 갖고 있다. 모니터 포토 다이오드의 피드백 신호에 따라 레이저 드라이브 전류를 조정하여 레이저 출력을 안정화하여 일정하게 유지시킨다. 출력 안정도는 0.01%이며 레이저 다이오드의 열과 노화에 대한 영향을 보상해주는 기능을 한다.



(a)



(b)

Fig. 2 (a) Laser-diode package (b) Schematic of the laser-diode driver circuit

3.2 광 출력

레이저 다이오드의 광 출력의 크기와 센서 성능을 고찰하였다. Fig. 3은 광 출력 크기에 따른 센서 감도곡선을 보여주고 있다. 광 출력이 커질수록 감도가 좋아짐을 볼 수 있다. Fig. 4 (a)-(g)는 Fig. 3에 나타난 각 곡선의 출력파형을 나타내고 있다. 광 파워 6mW이후부터 광 파워가 커질수록 출력 신호에 리플 파형이 커지는 현상을 볼 수 있다. 이 리플 신호는 광 출력 및 전달의 불안정성에 의해 발생하는 노이즈로서 광 출력이 없을 때는 발생하지 않는다, Fig. 5.

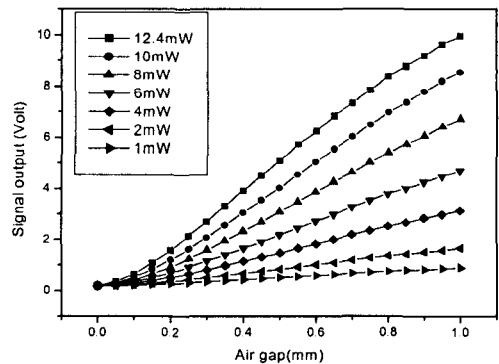


Fig. 3 Sensitivity curves according to magnitudes of optical power

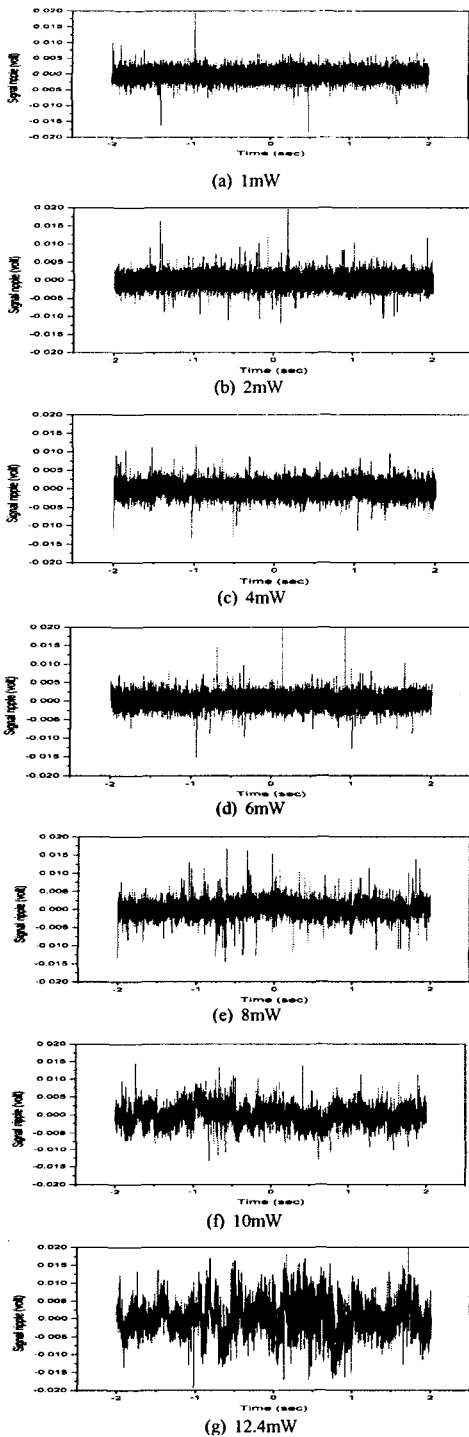


Fig. 4 Output signal noise according to magnitudes of optical power

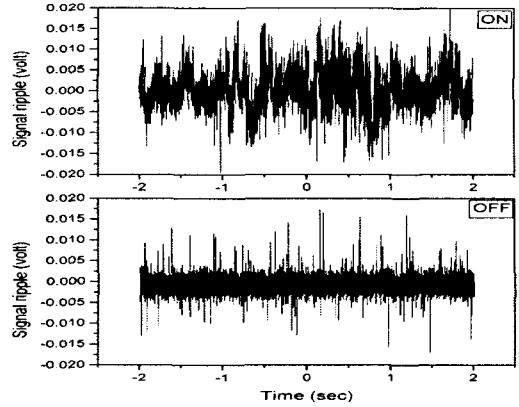


Fig. 5 Comparison of output signal noises in case laser diode is ON and OFF

3.3 센서 성능

센서의 분해능은 센서의 감도가 좋고 출력신호의 노이즈가 작을 수록 좋아진다. 신호 증폭기에 의한 증폭은 센서의 감도를 조정할 수 있으나 노이즈 증폭을 함께 수반하므로 센서 분해능에는 향상을 가져오지 못 한다. 또한 출력신호의 크기는 신호처리회로 소자의 작동영역에 의해 제한되어 있다. 본 논문은 측정 범위 최대치인 1mm 공극 일 때의 센서 출력을 10V로 일관되게 조정하였다. 따라서 노이즈 증폭을 수반하지 않는 감도의 향상이 신호 증폭을 하향조정함으로써 기존의 노이즈 크기를 줄이는 결과를 가져오고 센서의 분해능은 향상된다.

3.4 광 출력 설정

Fig. 6은 광 출력 12.4mW일 때 감도를 기준으로 각 출력에 따른 센서 감도(실선)와 기준감도로 조정하기 위한 신호 증폭 조정량(점선)을 나타내고 있다.

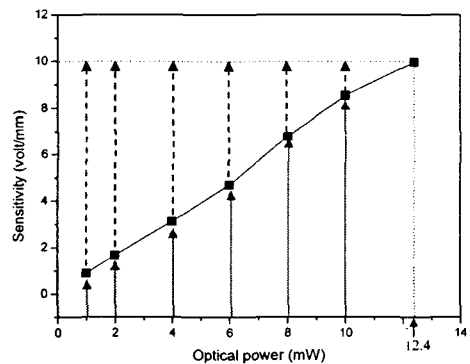


Fig. 6 Amplification level to set sensitivity to 10V/mm according to optical power of laser diode

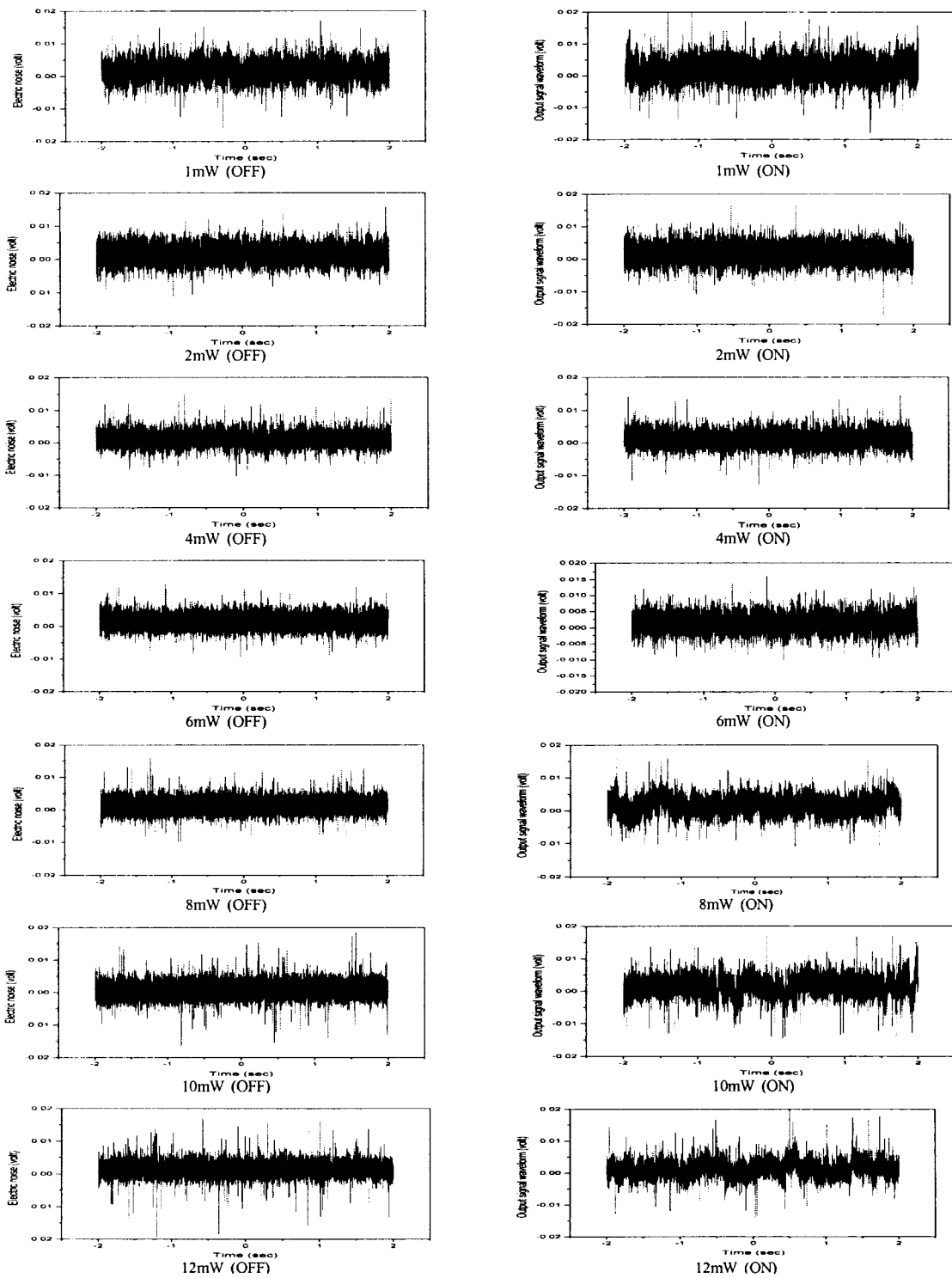


Fig. 7 Sensor noise in case sensitivity was set to 10V/mm by adjusting optical power of laser diode and amplification of output signal

Fig. 7은 각 광 출력에 따른 감도와 그에 따른 증폭 조정으로 동일하게 센서 감도를 맞추었을 때 센서 출력 파형을 보여주고 있다. 광을 켜고 있을 때 출력은 전기적 노이즈를 나타내며 광 출력이 작아질수록 더 큰 신호 증폭을 해야 하므로 노이즈가 커짐을 볼 수 있다. 광을 켜고 있을 때 센서 출력 파형을 보면 광 출력이 클 때는 전기적 노이즈는 작으나 리플 파형이 크게 나타나고 광 출력이 작을 때는 리플 파형은 거의 보이지 않으나 전기적 노이즈가 큼을 볼 수 있다. 그 절충점으로 광 출력 4mW ~ 6mW 일 때 출력 신호가 안정적이고 노이즈가 최소 상태를 볼 수 있다.

4. 결론

광 출력의 크기는 클수록 센서의 감도는 향상되나 광 출력 안정도를 고려할 때 오히려 센서 출력에 불안정한 특성이 나타나게 된다. 따라서 신호 증폭률에 의한 전기 노이즈 증폭 영향을 고려하여 절충점을 찾아야 한다. 실험적 고찰 결과 광 출력 4mW ~ 6mW일 때 출력 파형이 안정적인 상태에서 노이즈 크기가 작게 나타났다.

참고 문헌

(1)Katsumuasa Saito and Takashi Miyoshi, 1974, "Principles of the fiber Optics Glossmeter - Study on the Gloss Measurement of polished metal Surface by means of Fiber Optics (1st Report) -", 精機學會北海道支部學術講演會, pp. 129~134.

(2)Takashi Miyoshi and Katsumuasa Saito, 1981, "Analysis of Concentric Distribution Optical Fiber Bundle - Development of a Sensor for Gloss Measurement of Polished Metal Surface by means of Fiber Optics (1st Report) -", 精機學會春季大會學術講演會, pp.338~343.

(3)Gunhee Jang, Dongkyu Kim and Jaehyuk Han, 1998, "Analysis and Measurement of Runout in a Computer hard Disk Drive Spindle Motor", KSME Journal A, Vol.22, No.8, pp.1533~1541.

(4)B. Cahill, M.A. El Baradie, 2001, "LED-based fibre-optic sensor for measurement of surface roughness", Journal of Materials Processing Technology 119, pp.299~306.

(5)Teak-gu Jeong, 2003, Study of characteristics of optical fiber gap sensor for cylindrical target, pp.6~20

(6)Jun-Sik Kim, 2002, Sung An Dang, Sensor Engineering, seoul, pp. 100~109

(7)Han-ha Kim, 1995, Dong Seo, Optical communication practice, Seoul, pp. 1~87 (Report), pp. 227~232