

## 고정도 위치제어용 Hybrid Type Encoder에 관한 연구

曹洙億<sup>†</sup>, 李相勳<sup>\*</sup>, 宋成根<sup>\*\*</sup>, 朴晟濬<sup>\*\*\*</sup>, 權純在<sup>\*\*\*\*</sup>, 金喆禹<sup>§</sup>

## A Study on Novel Hybrid Type Encoder Design for the Position Control with the High-resolution

S.E. Cho, S.H. Lee, S.G. Song, S.J. Park, S.J. Kwon, and C.U. Kim

## 요 약

본 논문은 저가형 고정도 아날로그 디지털 혼합형 엔코더에서 센서 취부 오차에 의해 발생하는 정지 2축 좌표상의 두 아날로그신호의 크기, 위상오차 문제 보상에 관한 연구이다. 기존의 혼합형 엔코더에서 문제시되고 있는 두 아날로그 위치정보 신호의 크기문제는 상대 크기에 대하여 정규화 함으로써 해결하였으며, 센서 취부시 발생하는 위치오차문제는 정지 2축 좌표축을 센서의 위치 오차분을 보상할 수 있도록 회전함으로써 보상할 수 있었다. 또한 제안된 새로운 방식의 위치 검출기법을 DSP의 QEP기능과 A/D변환기를 사용한 실험을 통하여 그 타당성을 검증하였다.

## ABSTRACT

This paper is about the compensation of phase angle error and amplitude difference in stationary 2 pole coordinates by the installation variation of sensor at low cost high resolution digital hybrid encoder. To solve the problem of amplitude difference at the existing hybrid encoder, we normalized the relative magnitude of the two analog signals. and also to solve the problem of installation variation when installed the sensor, we rotate the stationary 2 pole coordinates to compensate the location error of sensor. and we used and tested the QEP function and A/D port in DSP(TMS320F2812) to verify the mentioned proposed method.

**Key Words** : High-Resolution, Hybrid Type Rotary Encoder, DSP Controller

## 1. 서 론

산업의 발달로 인하여 산업용 정밀 머신 툴, 산업 로봇, 고정밀 위치제어장치와 같은 미소 단위로 이동

하는 장비가 급증하게 되었으며, 이로 인하여 물체의 이동 거리나 위치를 측정하는 다양한 기기나 반도체 제조장치 등에서 고정밀도로 위치제어를 행하는 기기들의 위치 변위 검출에 대한 정확도는 제어기의 성능을 좌우하는 중요한 요소 중의 하나가 된다<sup>[1][2][3]</sup>. 그러므로 이러한 기기에서 위치를 고정밀도로 측정할 수 있는 센싱 디바이스의 사용은 필수적이며 여기서 높은 정확도를 요구하는 변위량 검출을 위해서는 자기식 엔코더(Magnetic encoder)보다는 광학식 엔코더(Optical encoder)의 사용이 일반적이다. 일반적으로 범용 자기식 엔코더는 주위환경에 영향을 덜 받고 수명이 긴 장점이 있으나 높은 분해능을 얻는데는 한계가 있으며

<sup>†</sup>교신저자 : 정회원, 부산대 대학원 전기공학과 박사과정  
E-mail : jse0320@chol.com

<sup>\*</sup>정회원, 부산대 대학원 메카트로닉스 박사과정

<sup>\*\*</sup>정회원, 전남대 대학원 전기공학과 박사과정

<sup>\*\*\*</sup>정회원, 전남대 전기공학과 조교수

<sup>\*\*\*\*</sup>정회원, 부경대 기계공학부 교수

<sup>§</sup>정회원, 부산대 전자전기통신공학부 교수

접수일자 : 2004. 11. 8                      1차 심사 : 2004. 12. 3

심사완료 : 2004. 12. 22

매우 고가이므로 점점 고 정밀화 되고있는 센서에 적용하는 데에는 제약을 받고 있다. 이에 반하여 광학식 엔코더는 먼지나 외부환경에 영향을 받지만 고 분해능을 달성함에 있어 많은 장점이 있는 동시에 경제적인 면에서 자기식 엔코더에 비해 저렴한 장점으로 인하여 디지털화된 산업용기에 폭넓게 사용되고 있다<sup>[4],[5]</sup>. 일반적으로 로터리(Rotary) 광학식 엔코더는 동일 원주 상에 수많은 슬릿을 두고 외부에 발광부에서 발생하는 빛을 90°의 전기적 위상차가를 갖는 2개의 수광부를 두고 있다. 수광부 신호는 비교기를 통하여 디지털화된 신호로 바뀌며 카운터를 사용하여 위치를 측정한다. 이러한 기존의 디지털방식의 광학식 엔코더에서 분해능은 회절격자 수에 의해 결정됨으로 분해능을 높이는 되는 기계적인 한계가 따르게 된다. 이러한 기계적인 한계를 극복하기 위한 한 방법으로 아날로그 디지털 혼합형 엔코더가 제안되었다<sup>[4]</sup>. 이러한 저가형 고정도 아날로그 디지털 혼합형 엔코더에서는 회절격자 및 센서 취부 오차에 의해 발생하는 정지 2축 회전자 표상의 두 아날로그신호의 크기, 위상문제로 인하여 정확한 위치정보를 얻기 위해서는 가공상의 정밀성이 요구되고 있다. 본 논문에서는 이러한 가공상의 문제를 해결한 저가형 고정도 엔코더를 제안하였다. 제안된 방식은 혼합형 엔코더에서 문제시 되고 있는 신호 크기 차 문제는 상대 크기에 대하여 정규화 함으로써 해결하였으며, 위상차 오차분에 대하여서는 정지 2축 좌표축을 센서의 위치신호를 회전변환을 통하여 보상하였다. 또한 제안된 새로운 방식의 위치 검출기법의 타당성을 검증하기 위해 DSP(TMS320F2812)의 QEP 기능과 A/D변환기를 사용하여 실험을 행하였다.

## 2. Hybrid Type Encoder

### 2.1 기존의 광학식 엔코더

엔코더는 직선 운동이나 회전 운동하는 여러 장치의 변위(Displacement)량을 측정하기 위해 사용되는 장치이다. 직선 운동의 변위량 측정에는 리니어 엔코더가 회전 운동의 변위량 측정을 위해서는 로터리 엔코더가 사용된다. 또한 검출 방식이나 출력 신호의 형태에 의해 여러 가지로 나눌 수 있다. 광학식을 제외한 그 외의 엔코더는 범용으로 사용되고 있지만 고 분해능의 엔코더로 제작하기가 상당히 어렵다. 특히 일반적으로 이용되고 있는 자기식 엔코더는 주위 환경에 대한 영향을 덜 받고 수명이 긴 장점이 있으나 높은 분해능을 얻는에는 한계가 있으며 매우 고가이다. 이에 비해 광학식 엔코더는 먼지나 외부 환경 등에 영향을 받기 쉽

지만 고 분해능화 하는데 많은 장점을 가지며 디지털 시스템과의 인터페이스가 용이하고 또한 경제성이 우수하다.

회전 및 이동 거리를 측정하기 위한 센서는 FA 장치나 서보(Servo)제어 등의 고성능 제어에 필수적이다. 여기에 사용되는 여러 센서 중 회전 및 이동 거리를 측정하기 위해 자기저항의 변화로 그 값을 알아내는 리졸버와 같은 아날로그 센서가 사용되었으나 경제성의 이유로 디지털 신호식 엔코더로 기술 방향이 급속히 이행되었다. 광학식 엔코더의 슬릿인 회절격자는 홈(Groove)이나 구멍(Aperture) 등이 주기적으로 배열되어 파의 위상이나 진폭에 주기적인 변화를 일으키게 하는 광학장치이다. 광학 엔코더는 회절 격자(Diffraction grating)와 회절광 신호를 검출하는 리딩 헤드(Leading head)의 상대적인 이동으로부터 발생하는 전기적인 신호를 발생시켜 그것들의 이동과 관련된 정보를 얻어내며 이러한 전기적인 신호를 발생시키기 위해 기하학 마스크(Masking), 무아레(Moire)효과, 회절 및 간섭과 같은 방법을 이용한다.

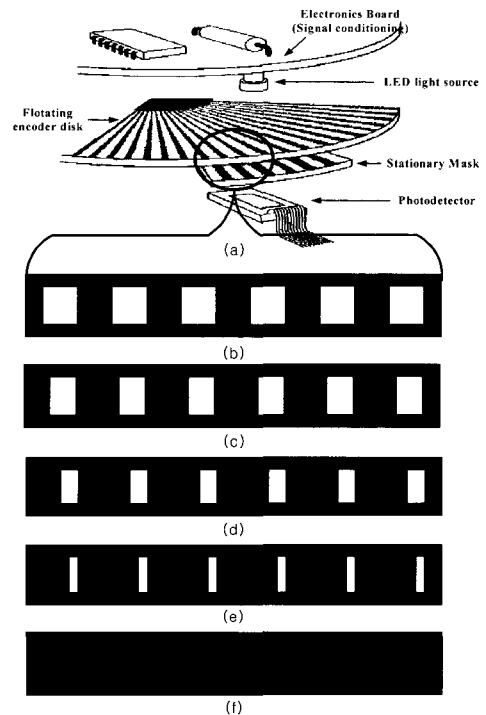


그림 1 광학 엔코더의 구조 및 슬릿의 위치에 따른 형상  
Fig. 1 The structure of a optical encoder & shape according to position of slits.

그림 1은 광학식 엔코더의 구조와 슬릿의 위치에 따른 구멍의 형상을 나타내고 있으며, 그림 2는 그때의

두 센서신호 및 디지털 출력신호를 나타내고 있다. 그림 1에서 보듯이 광학식 엔코더는 동일 원주 상에 수많은 슬릿을 두고 외부에 발광부에서 발생하는 빛을 90°의 전기적 위상차가를 갖는 2개의 수광부를 두고 있다. 발광체로부터 투사된 광선은 회전 디스크의 슬릿과 고정 슬릿판의 슬릿을 통과하여 수광소자에서 검출된다. 이때 발광소자에서 발생하는 빛이 슬릿에 통과하면서 회절현상의 영향을 최소화하기 위해 그림 1에서와 같이 두 개의 슬릿을 사용하여 하나는 고정된 외함에 다른 하나는 회전판에 부착하여 사용한다.

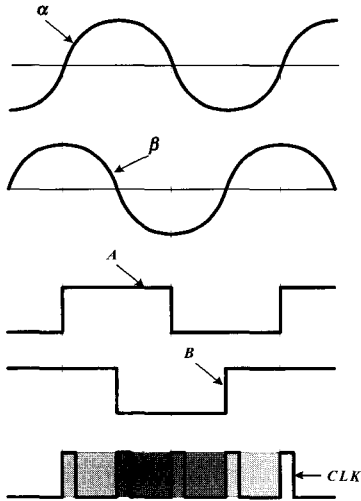


그림 2 위치에 따른 엔코더의 정지 2축  $\alpha$ ,  $\beta$  및 A상, B상 신호  
 Fig. 2  $\alpha$ ,  $\beta$  of stationary 2 coordinates & A, B phase wave forms according to position of the slit

두 개의 수광소자에 의해 검출된 신호는 정지 2상 아날로그 신호이며, 이 신호와 비교기를 이용하여 발생하는 디지털신호를 일반적으로 A, B 상으로 정의되며, A, B상 신호로부터 엔코더의 분해능을 최대한 높이기 위해 4채배 회로를 사용하여 위치검출용 카운터에 입력하게 된다. 따라서 위치정보의 분해능을 높이기 위해서는 슬릿의 수를 많게 하여야 하나 기계공학 기술의 제약에 의해 그 한계가 있다.

2.2 아날로그 디지털 혼합형 엔코더

그림 1은 2층 형태의 슬릿 구조와 슬릿의 기계적 위치에 따라 발광소자의 빛이 수광소자로 통과하는 단면적을 나타내고 있으며 그림 3은 그 때의 수광소자의 출력전압을 나타내고 있다. 그림 1의 (b)그림은 상하 슬릿의 상차각이 0°일 때이며 이때 투과하는 빛의 양

이 제일 많으며 그림 3의 출력전압이 가장 큰 b점이 된다. 슬릿의 위상차가 180°내에서 커짐에 따라 투과하는 빛의 양은 감소하게 되고 그림 1의 제일 하단인 그림 (f)는 슬릿의 위상차가 180°에서는 투과하는 빛의 양은 영이 되며 그림 3의 출력전압이 가장 적은 f점이 된다. 수광소자의 출력주기는 슬릿의 한 주기와 동일하게 되고 이 수광소자의 출력전압은 슬릿의 한 피치 안에서 회전체의 위치정보를 갖고 있다. 그러나 슬릿의 한 주기 내에 동일한 출력전압이 발생하는 위치가 두 개 존재하므로 하나의 출력전압으로 그 위치를 찾기는 어렵다. 따라서 슬릿 내의 위치를 찾기 위해서는 또 다른 출력전압이 필요하다.

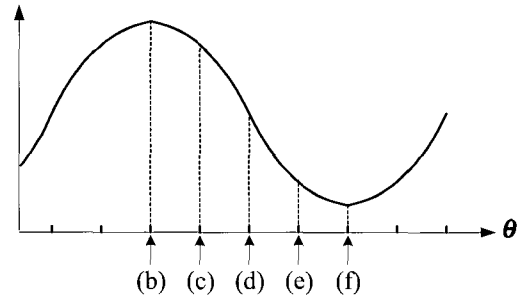


그림 3 슬릿의 전기적 위치에 따른 수광부 파형  
 Fig. 3 The wave form of receiver according to electrical position of the slit

일반적인 엔코더에서는 그림 1과 같이 회전체의 회전방향 검출 및 분해능을 높이기 위해 전기각 90°의 위치 차를 갖는 두 개의 수광부를 갖고 있어 두 개의 수광부의 아날로그 신호를 이용하면 슬릿내의 위치를 구할 수 있다.

그림 2의 A, B상 신호는 기존 엔코더의 디지털 출력신호이다. 엔코더의 한 회전당 펄스 수를 N이라 하면 체배를 행하지 않은 엔코더의 분해능은 아래와 같이 슬릿 수에 반비례한다.

$$n = \frac{2\pi}{N} \text{ [rad]} \tag{1}$$

엔코더의 A상 신호를 카운팅 한 값을 P라하면 현재의 회전자 각도는 아래와 같다.

$$\theta_i = \frac{2\pi}{N} P \text{ [rad]} \tag{2}$$

기존의 디지털 출력신호인 A, B상을 만들기 전의 신호인 수광소자의 출력을 각각  $a$ ,  $\beta$  라 하면 두 신호

는 위상차 90°를 갖는 2상 전압이 된다. 실제 수광소자의 출력은 직류 성분을 가지므로 외부회로를 사용하거나 프로세스를 사용하여 이를 제거하여야 된다. 이 2상 전압에서 슬릿 한 피치에 대한 위상각은 전동기의 정지 2상 좌표계에 사용한 기법을 이용하면 다음과 같이 쉽게 구할 수 있다.

$$\Delta\theta_E = \tan^{-1}\left(\frac{\alpha}{\beta}\right) \quad (3)$$

식 (3)에 의해 슬릿내의 위상차( $\Delta\theta_E$ )를 취할 경우 atan의 값이 -90°에서 수광소자의 출력을 각각  $\alpha$ ,  $\beta$ 라 하면 두 신호는 위상차 90°를 갖는 2상 전압이 된다. 이 2상 전압에서 슬릿 한 피치내의 위상차를 계산할 수 있다. 위치각을 식 (3)에 의해 계산할 경우  $\alpha$ 가 영(zero) 부근에서는 노이즈에 의한 위치각 오차가 크게 나타나게된다. 이를 보강하기 위해서 일반적으로 식 (4)와 같은 식을 사용한다.

$$\Delta\theta_E = \cos^{-1}\left(\frac{\alpha}{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}\right) \quad (4)$$

식 (4)의 계산은 일반적으로 프로세서에 의해 계산되며 그 분해능은 프로세서에 장착된 A/D 컨버터의 비트 수에 의해 결정된다. A/D 컨버터의 비트 수를  $Q$  라 하면 기계적 위치 분해능은 식 (5)과 같이 결정된다.

$$r = \frac{2\pi}{N \cdot 2^Q} \quad (5)$$

식 (4)에서 구한 슬릿내의 위상차는 한 슬릿 간격에 대한 위상이므로 기계적 위치 변위는 다음 식으로 구한다.

$$\Delta\theta = \frac{2\pi}{N} \Delta\theta_E \quad (6)$$

슬릿의 한 피치내의 위치각을 식 (6)으로 구하면 엔코더의 A상 펄스신호를 카운팅한 값과 조합하면 기계적 위치각을 구할 수 있다. 실제 회전자의 정확한 위치각은 디지털 엔코더 신호에 의한 위치각  $\theta_i$ 와 슬릿내의 위치각인  $\Delta\theta$ 의 조합에 의해 아래와 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \theta &= \theta_i + \Delta\theta \quad [CW] \\ \theta &= \theta_i + \theta_k - \Delta\theta \quad [CCW] \end{aligned} \quad (7)$$

여기서  $\theta_k$ 는 슬릿 한 피치의 기계각 이다.

따라서 디지털 신호와 아날로그 신호의 조합에 의한 엔코더의 분해능은 아날로그 신호에 의해 얻어진 슬릿내의 위치 변위에 의해 결정된다. 이러한 저가형 고정도 아날로그 디지털 혼합형 엔코더에서는 회절격자 및 센서 취부 오차에 의해 발생하는 정지 2축 회전자표상의 두 아날로그신호의 크기, 위상문제로 인하여 정확한 위치정보를 얻기 위해서는 가공상의 정밀성이 요구되는 단점이 있다.

### 2.3 개선된 아날로그 디지털 혼합형 엔코더

기존의 아날로그 디지털 혼합형 엔코더에서 정밀한 가공으로 두 아날로그 센서가 90° 위상차를 갖더라도 두 아날로그 신호( $a$ ,  $b$ )는 온도나 먼지 등의 주위 환경 변화에 의해 직류 성분 및 크기에 영향을 받는다. 그림 4는 두 센서신호에 직류성분 및 크기 차가 발생할 경우의 파형을 나타내고 있다. 이러한 성분들은 설치시에 결정되거나, 주위 환경변화에 영향을 받는다. 그러나 이러한 주변 환경변화의 시정수는 일반적으로 매우 크다. 따라서 직류성분의 영향을 제거하고 로패스 필터(LPF)를 통과시켜 노이즈를 제거하였다. 또한 크기의 변화를 보강하기 위해서는 아래와 같은 정규화 과정을 갖는다.

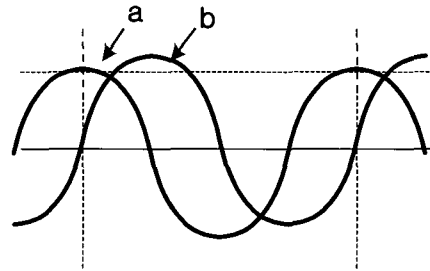


그림 4 크기가 다른 수광부 출력  
Fig. 4 The different amplitude wave forms of receiver

$$\begin{aligned} \alpha &= a - V_{set} \\ \beta &= K(b - V_{set}) \end{aligned} \quad (8)$$

단,  $K = \frac{a_{max}}{b_{max}}$ ,  $V_{set}$  = DC 오프셋

여기서  $a_{max}$ 는  $a$ 신호의 진폭을 나타내고  $b_{max}$ 는  $b$ 신호의 진폭을 나타낸다. 엔코더의 두 아날로그신호인  $a$ ,  $b$ 신호로 부터 2상 아날로그 신호를 만들기 위해 DC 오프셋을 제거하고, 스케일 팩트  $K$ 를 곱하여 2상 신호인  $\alpha$ ,  $\beta$ 를 만듬으로 직류성분 및 크기 차를 보강하였다.

직류성분 및 크기 차가를 보상한 정지 2상 신호인  $\alpha$ ,  $\beta$ 는 센서 취부시 가공상의 문제로 인하여 두 아날로그 센서가 90° 위상차를 갖지 않는 경우, 두 센서 신호는 대칭 정지 2상 신호가 되지 않아 식 (4)로 계산한 위치와 실제위치에는 오차가 발생한다.

그림 5는 센서의 취부 오차( $\theta_i$ )가 발생한 경우의 파형을 나타내고 있다. 그림 5와 같이 정확한 90° 위상차가 나지 않을 경우 다음과 같이 위상변위를 보상해 주어야한다. 만일 90°의 위상차가 나지 않는다면  $\sigma$ 와  $\delta$ 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \sin \theta &= \sigma \\ \cos(\theta - \theta') &= \delta \end{aligned} \quad (9)$$

여기서  $\sigma$ ,  $\delta$ 는 직류성분제거한 신호

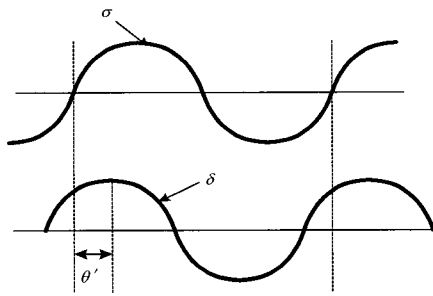


그림 5 음셀을 제거한 수광소자의 출력  
Fig. 5 the wave forms of receiver after eliminate the off\_set

식 (9)을 이용해서  $\cos \theta$ 를 구해보면 식 (10)와 같이 됨을 볼 수 있다.

$$\begin{aligned} \cos \theta \cos \theta' + \sin \theta \sin \theta' &= \delta \\ \cos \theta \cos \theta' + \sigma \sin \theta' &= \delta \\ \cos \theta \cos \theta' &= \delta - \sigma \sin \theta' \\ \cos \theta &= \frac{\delta - \sigma \sin \theta'}{\cos \theta'} \end{aligned} \quad (10)$$

식 (8), 식 (9)를 사용하여 슬릿사이의 위치정보를 계산할 경우, 기존의 아날로그 디지털 혼합형 엔코더에서는 발생하는 회절격자 및 센서 취부 오차에 대한 문제점을 해결할 수 있다.

그림 6은 저가형 고정도 아날로그 디지털 혼합형 인코더의 블록도를 나타내고 있다. 우선 DSP의 QEP 단자를 이용하여 증분형 엔코더기능으로 위치정보를 취

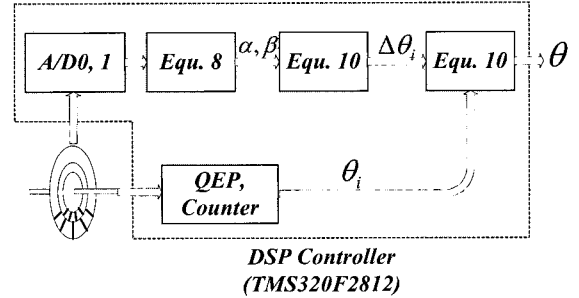


그림 6 검출 블록도  
Fig. 6 Signal detection block diagram

득한다. 또한 노이즈 성분을 제거하기 위해 로패스 필터(LPF)를 통과시킨 센서신호를 식 (8)에 의해 직류성분을 제거하고 크기를 정규화한 후 식 (10)에 의해 슬릿에서의 각도( $\Delta\theta$ )를 구한다. 최종적으로 회전자의 위치는 슬릿사이의 위치각 변위( $\Delta\theta$ )과 디지털 엔코더의 회전자 위치각  $\theta_i$ 을 합하여 고정도의 회전자 위치각( $\theta$ )를 계산한다. 그림 6과 같이 제안된 방식으로 혼합형 엔코더에서 위치 정보를 취득할 경우, 회절격자 및 센서 취부 오차에 의해 발생하는 문제점을 해결 할 수 있다.

### 3. 실험

본 논문에서 제안한 아날로그 디지털 혼합형 엔코더의 타당성을 검증하기 위하여 기존의 저가형 엔코더인 오토닉스사의 1024펄스형 엔코더 안에 아날로그 증폭기를 장착하였으며 DSP Controller(TMS320F2812)내

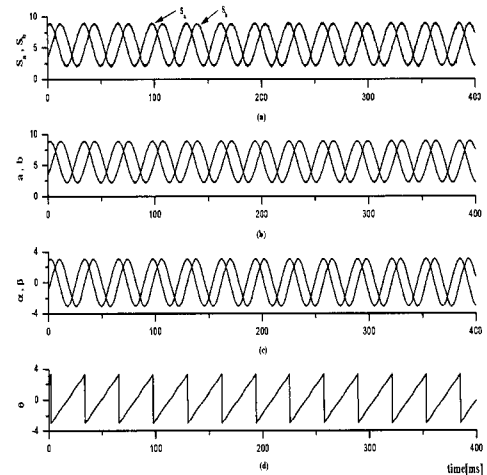


그림 7 위상과 크기가 같은 경우  
Fig. 7 In the case of the same phase and amplitude

부의 QEP 단자 및 A/D를 이용하여 노이즈의 영향을 제거하기 위해 상위 8 Bit를 사용함으로써 기존의 엔코더에 비하여 256배의 고정도를 가지는 위치 검출기를 실현하였다.

그림 7은 혼합형 엔코더에서 센서의 취부가 정확한 경우인 위상과 크기가 같은 경우에 대하여 엔코더의 회전속도를 일정하게 한 경우의 실험 결과이다. 그림 7에서 각 신호는 위에서부터 센서신호, 센서신호의 필터링 신호, 식 (8)과 식 (10)에 의한 보상신호 및 슬릿각의 전기적 위상신호를 나타내고 있다.

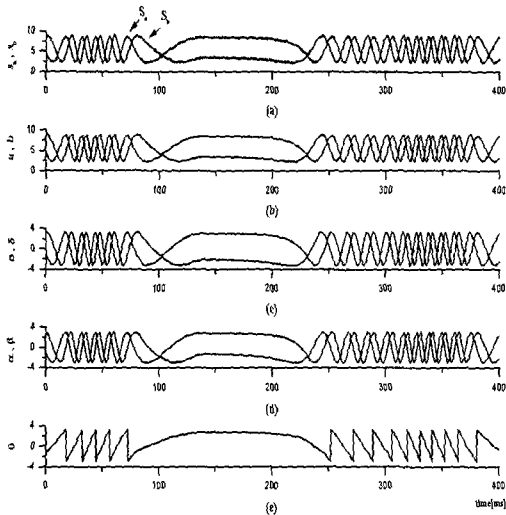


그림 8 위상이 동일하고 크기가 다른 경우  
Fig. 8 In the case of the same phase and different amplitude

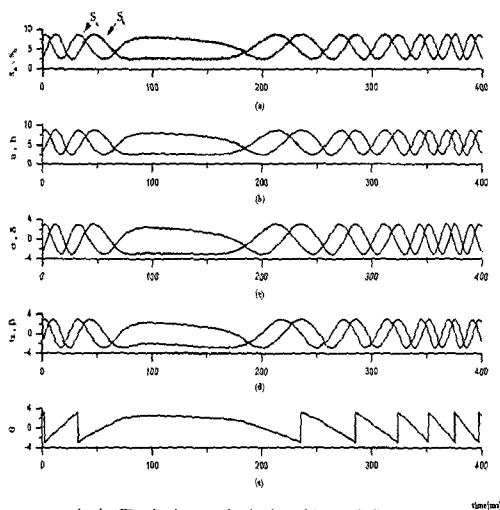


그림 9 크기가 동일하고 위상이 다른 경우  
Fig. 9 In the case of the same amplitude and different phase

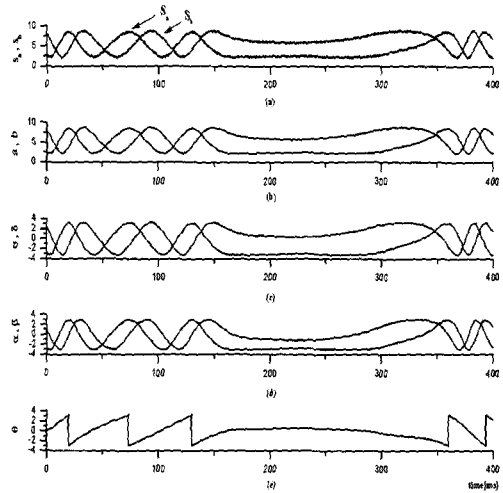


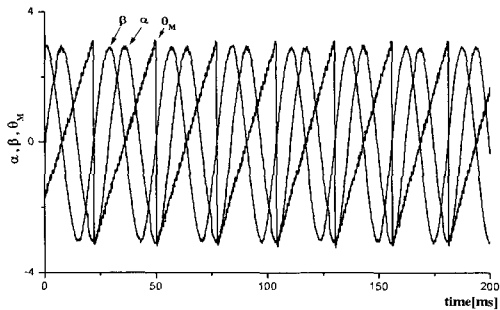
그림 10 크기와 위상이 다른 경우  
Fig. 10 In the case of the different amplitude and phase

그림 8, 9, 10은 혼합형 엔코더에서 위상이 동일하고 크기가 다른 경우, 크기가 동일하고 위상이 다른 경우, 크기와 위상이 다른 경우의 실험 결과이다. 각 신호의 배치는 그림 7에서와 동일하게 하였으며, 엔코더의 회전방향을 바꾸는 상태를 포함 한 경우이다. 실험 결과에서 알 수 있듯이 제안된 방식은 두 아날로그 신호의 크기, 위상오차 보상이 행하여짐을 알 수 있다.

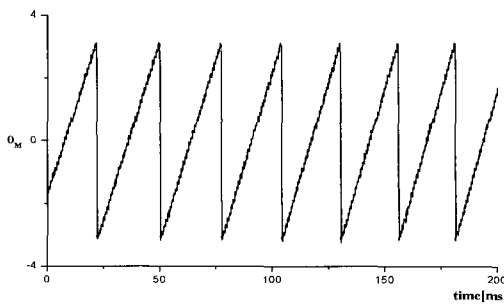
그림 11은 제안된 방식에서 구한 위치정보의 정확도를 검증하기 위해서 저가형 1024펄스 엔코더에 직결하여 32768펄스형 엔코더를 취부 하였다. 따라서 1024펄스 한 슬릿의 위치변화 동안 32768펄스 엔코더는 32번의 위치변화가 발생하게 된다. 그림 11(a)는 센서로부터 발생한 신호를 식 (8), 식 (9)에 의해 가공한 대칭정지 2축 신호를 나타내고 있으며, 그림 (b)는 32768엔코더 값에서 32로 나눈 나머지 값인 한 슬릿에 해당하는 위치각을 나타내고 있으며, 그림 (c)는 제안된 방식에서 계산한 한 슬릿에서의 위치각을 나타내고 있다. 그림 (d)는 검정용으로 취부한 고정도 인코더로부터 취득한 위치 값과 제안된 방식에서 계산한 위치값을 나타내고 있다. 그림의 확대 부분에서 알 수 있듯이 기존의 고정도 엔코더의 미소 증가 위상각에 대해 제안된 방식의 엔코더는 위상각이 선형으로 변하므로 고정도 32768펄스형 엔코더에 비해 좀더 많은 위치정보를 가져올 수 있다.

#### 4. 결 론

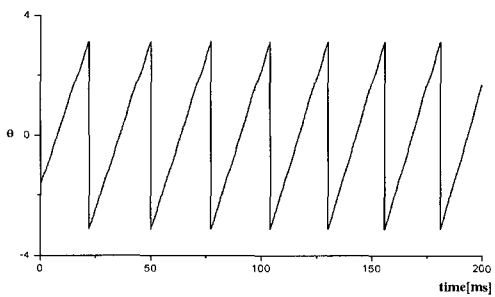
본 연구는 반도체 제조장치 등에 사용되는 고정밀도



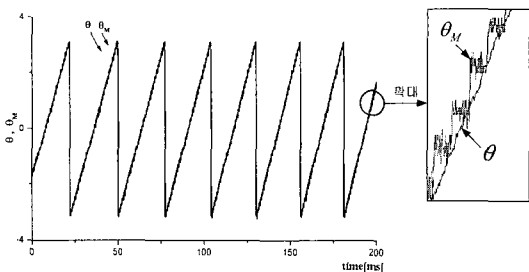
(a)  $\alpha, \beta$  신호 및 32768 pulse  $\theta_M$



(b) 32768 pulse  $\theta_M$



(c) 위상각  $\theta$



(d) 위상각  $\theta$  및 32768 pulse  $\theta_M$

그림 11 32768 pulse  $\theta_M$  와 제안된 엔코더 위상각  $\theta$   
 Fig. 11 32768 pulse  $\theta_M$  and phase angle  $\theta$  of the proposed encoder

위치 제어기에 있어서, 높은 정확도를 요구하는 변위량 검출을 위해서 기존의 저가형 광학식 엔코더의 전기적회로 부분의 변형으로 디지털 신호 및 회절격자의 회절량에 대한 아날로그 신호를 기초로 하여 고정도의 위치를 얻을 수 있는 새로운 방식의 위치 검출기법을 제안하였다. 그리고 혼합형 엔코더에서 발생할 수 있는 문제점인 신호 크기의 차 문제와 위상차 오차 문제를 정규화와 좌표축 회전기법을 사용하여 해결하였다. 본 실험에서는 DSP를 사용한 A/D를 사용하였으며 노이즈의 영향을 제거하기 위해 상위 8 Bit를 사용함으로써 기존의 저가형 엔코더(1024)에 비하여 256배의 고정도를 갖는 위치 검출기를 실현하였다. 그리고 독일산 STEGMANN 증가형 엔코더와 비교하여 제안된 엔코더의 특성을 비교한 결과 STEGMANN 증가형 엔코더 보다 고정도의 위치각을 얻을 수 있음을 확인할 수 있었다.

### 참고 문헌

- [1] J. R. Rene Mayer, Optical Encoder Displacement Sensors, "Measurement Instrument and Sensors Handbook," CRC press LLC, 1999.
- [2] W. Zhou and L. Cai, "A positioning method for hard disk servowriter using an auto focus laser encoder," Proceedings of the IEEE/ASME, International Conference pp. 922~925, sept. 1999.
- [3] 박성준, 추영배, 박한웅, 안진우, 권순재, 김철우, "저가형 엔코더를 이용한 SRM의 안정운전에 관한 연구," 전력전 자학술대회 논문집, pp. 17. 5~178, 1999.
- [4] J. Akedo, Y. Kato, and H. Kobayashi, "High-Precision detection method for the reference position in an optical encoder," Applied optics, vol. 32, no. 3, May 1993.
- [5] K. Engelhardt and Peter Seitz, "High-resolution optical position encoder with large mounting tolerances," Applied Optics Vol. 36, No. 13, pp. 2912~2916, May 1997.
- [6] "센서 핸드북(Sensor handbook)," 세화출판사, pp. 483~490, 1990.
- [7] K. Engelhardt and Peter seitz, "Absolute high-resolution optical position encoder," Applied Optics Vol. 35, No. 1, pp. 201~208, Jan. 1996.
- [8] M. Dobosz, "High-resolution laser linear encoder with numerical error copensation," Opt. Eng. Vol. 38, No. 6, pp. 968~973, June 1999.
- [9] E. Hecht, Optics(광학), 3rd Edition, Addison-Wesley, 1998.

저 자 소 개



**조수억(曹洙億)**

1966년 9월 20일생. 1993년 부산대 전기공학과 졸업. 2002년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1993년~2004년 11월 OTIS-LG 연구소 선임연구원. 2002년~현재 동 대학원 전기공학과 박사과정.



**이상훈(李相勳)**

1974년 8월 11일생. 2000년 경성대 전기공학과 졸업. 2002년 경성대 전기전자공학과 졸업(석사). 2002년~2004년 9월 KT전기기술연구소 주임연구원. 2002년~현재 부산대 대학원 메카트로닉스 박사과정.



**송성근(宋成根)**

1975년 9월 16일생. 1998년 전남대 공대 전기공학과 졸업. 2000년 동 대학원 졸업(석사). 동 대학원 전기공학과 박사과정. 2001~2004년 (주)프로컴시스템 연구원. 현재 세오전자 연구원.



**박성준(朴晟濬)**

1965년 3월 20일생. 1991년 부산대 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 2002년 동 대학원 지능기계공학과 졸업(공학박). 1996년~2000년 거제대학 전기과 조교수. 2000년~2003년 동명대학 전기과 조교수. 2003년 8월~현재 전남대 전기공학과 조교수. 당 학회 편집위원.



**권순재(權純在)**

1951년 11월 4일생. 1982년 부산대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1982년~현재 부경대 기계공학부 교수(메카트로닉스 자동화정보 전공).



**김철우(金喆禹)**

1942년 12월 5일생. 1969년 부산대 전기공학과 졸업. 1974년 일본 전기통신대학 전자공학과 졸업(석사). 1982년 일본 동경공업대 전기전자공학과 객원교수. 1986년 중앙대 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 현재 부산대 전자전기통신공학부 교수. 당 학회 자문위원.