

회전 전자장의 변화를 이용한 각도 검출에 관한 연구

|        |             |
|--------|-------------|
| 최 호 현  | 금성계전(주) 연구소 |
| 안 재 봉  | 금성계전(주) 연구소 |
| *최 광 현 | 금성계전(주) 연구소 |
| 이 갑 섭  | 금성계전(주) 연구소 |

A Study on the Detection of Degrees  
Using the Change of Rotating Electric Field

1. 서 론

회전하는 원판의 각도와 회전 속도를 측정하는데에는 여러가지 방법이 있다. 그중에서 엔코더를 이용하는 방법과 광결합 소자를 이용하는 방법, 그리고 브러쉬를 이용하는 방법등이 많이 이용되고 있다.

엔코더를 이용하는 방법과 브러쉬를 이용하는 방법은 회전하는 물체에 기계적인 접촉 없이는 불가능하므로 회전 토크가 적은 회전체에 적용할때는 문제가 있다. 또한 광결합 소자를 이용하는 방법은 이러한 문제를 피할 수는 있으나 소자의 배치가 어려우므로 좁은 공간에 설치하는데에는 한계가 있고, 정밀한 위치 검출이 사용되는 소자의 수에 제한을 받는다는 단점이 있다.

본 연구에서는 회전 토크가 적고 정밀한 각도 검출을 요하는 기기에서 이와같은 문제점을 해결하기 위해 회전 전자장의 변화를 이용한 각도 검출 방법에 관하여 연구하였다.

그림 1은 이 센서와 바늘사이의 전자파의 유도를 설명한다. 바늘(e)가 전극(a)의 중앙에 위치할 경우 전극(c)와 전극(b)에 의해 바늘(e)에 유도되는 전자파의 위상은 서로 상쇄되어 전극(a)의 위상과 같게 되므로 검출 전극(d)에 유도되는 전자파의 위상은 전극(a)의 위상과 일치하게 된다. 이때 다른 전극들에 의해 유도되는 양은 극히 적으므로 이를 무시하면 바늘(e)에 유도되는 전자파는 다음과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} (a) &: \sin(\omega t) \\ (b) &: \sin(\omega t + \pi/3) \\ (c) &: \sin(\omega t - \pi/3) \end{aligned}$$

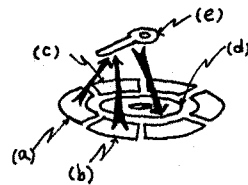


그림 1. 센서와 바늘사이의 전자파의 유도

2. 본 론

1) 각도 검출의 원리

회전 전자장의 변화에 따른 각도 측정의 원리는 다음과 같다.

- (1) 센서 면의 바깥부분에 위치하는 6개의 전극에서 각각 60° 씩 위상이 차이나는 전자파를 방사시킨다.
- (2) 방사된 전자파는 회전판에 부착된 바늘에 유도된다.
- (3) 바늘에 유도된 전자파는 다시 센서면의 중앙에 위치한 검출 전극에 유도된다. 이때 검출된 전자파와 기준파 사이의 위상차는 기준파 전극과 바늘 사이의 각도에 의해 결정된다.

$$\begin{aligned} &\alpha \sin(\omega t) + \beta \sin(\omega t + \pi/3) + \beta \sin(\omega t - \pi/3) \\ &= \alpha \sin(\omega t) + \beta \{2 \sin \omega t \cos(\pi/3)\} \\ &= \gamma \sin(\omega t) \quad (\text{식 1}) \end{aligned}$$

여기서  $\alpha$ : 전극 (a)와 바늘(e) 사이의 거리에 의한 전자파의 감쇄계수

$\beta$ : 전극(b), (c)와 바늘 (e) 사이의 거리에 의한 전자파의 감쇄계수 ( $\alpha \gg \beta$ )

$$\gamma: \alpha + 2\beta \cos(\pi/3)$$

따라서 바늘(e)에 유도되는 전자파의 위상은 전극(a)의 위상과 일치한다.

바늘(e)가 전극(a)와 (b)의 사이에 위치할 경우  
 바늘에 유도되는 전자파는 다음과 같이 구해진다.  

$$\alpha \sin(\omega t) + \alpha \sin(\omega t + \pi/3)$$

$$= \alpha [2\sin\{(2\omega t + \pi/3)/2\} \cos \pi/6]$$

$$= \beta \sin(\omega t + \pi/6) \quad (\text{식 2})$$
 여기서  $\alpha$  : 전극(a), (b)와 바늘(e) 사이의 거리에  
 의한 전자파의 감쇄계수  

$$\beta = 2\alpha \cos \pi/6$$

따라서 바늘(e)에 유도되는 전자파의 위상은 전극  
 (a)와 (b)의 위상의 중앙값을 갖게된다.

2) 각도 검출회로의 구현

본 연구에서는 전자장의 방사 및 유도를 쉽게하기  
 위해 기본 사인파를 높은 주파수의 구형파로 변조시  
 켜 센서에 공급하고 검출 전극에서 검출된 전자파를  
 복조하여 기본 사인파와의 위상차를 구하는 방법을  
 이용하였다. 그림 2는 이를 위한 회로의 블록  
 다이아그램이다.

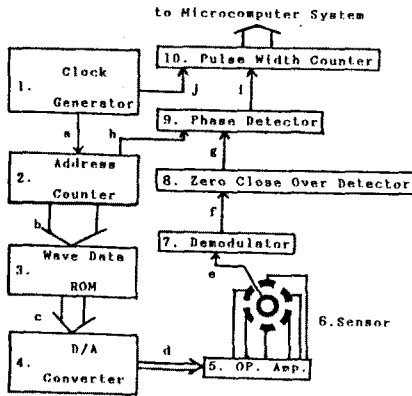


그림 2 각도 검출 회로

이 회로의 동작은 다음과 같다.

- (1) 출력 발생기(1)에서 2MHz(a) 및 500KHz(j)의 출력을 발생시킨다.
- (2) 어드레스 카운터(2)에서 1μsec 마다 증가하는 어드레스(b) 및 256μsec 마다 한번씩 발생하는 펄스(h)를 만들어 준다.
- (3) 어드레스(b)가 변화함에 따라 각 ROM(3)에 들어있는 진폭 변조된 사인파의 데이터(c)가 발생하게 된다. 이때 어드레스는 1μsec 마다 변하고 전자파의 상단과 하단의 256개의 데이터를 반복하여 내줌으로써 결과는 500KHz의 구형파로 진폭변조된 3906.25Hz의 사인파가 된다.

여기서 6개의 ROM에는 각각 60°씩 위상차가 나는 사인파를 그 주파수의 128배가 되는 구형파로 진폭 변조한 데이터가 각각 들어있다. 어드레스 카운터(2)의 입력 클럭(a)의 주파수 f와 캐리어의 주파수 fc 및 변조된 사인파의 주파수 fe의 관계는 다음과 같다.

$$f_c = f/4 \quad (\text{식 3})$$

$$f_e = f_c/128 = f/512 \quad (\text{식 4})$$

(4) ROM (3)에서 발생된 디지털 데이터 값(c)은 D/A 변환기(4)를 거쳐 아날로그 신호(d)로 바뀌고 이는 다시 연산증폭기(5)를 거쳐 증폭되어 센서(6)면의 각 전극에서 방사된다.

(5) 센서(6)에서 바늘을 통해 중앙의 검출 전극으로 유도된 전자파(c)는 복조기(7)를 거쳐 3906.25Hz의 사인파(f)로 바뀐다.

(6) 이렇게 하여 검출된 사인파는 Zero Close Over Detector(8)를 거쳐 위상검출기(9)의 Reset 입력으로 들어간다. 또한 기준파의 위상을 나타내는 펄스(h)는 위상검출기(9)의 Set 입력으로 들어간다. 이때 위상 검출기(9)의 출력펄스(i)의 폭은 기준파의 위상과 검출된 신호의 위상차에 비례하게 된다.

(7) 위상 검출기(9)의 출력 펄스(i)는 펄스폭 카운터(10)을 동작시켜 클럭 발생기에서 만들어진 500KHz 클럭(j)의 펄스를 계수한다. 이때의 카운터 값은 일반적인 마이크로 컴퓨터 시스템에 직접 연결되어 입력된다. 그림 3은 기준파의 위상펄스(h), 검출된 신호(f), 검출된 신호의 위상 펄스(g) 및 위상차를 나타내는 펄스(i)의 타이밍 다이아그램이다. 여기서 카운터가 동작되는 동안 계수되는 값은 0~127이 된다.

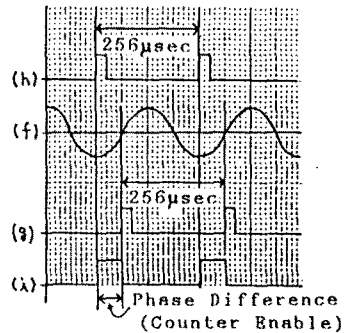


그림 3 각 파형의 타이밍

3) 실험 및 결과

실험에는 세가지 모양의 센서와 세가지 모양의 바늘을 이용하였다. 그림 4는 실험에 이용된 센서와 바늘의 모양을 나타낸다.

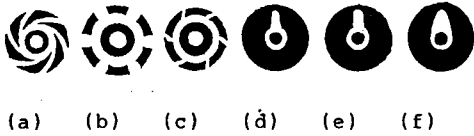


그림 4 센서 및 바늘

실험은 각 센서마다 바늘 모양을 변화시켜가며 일정한 각도마다 약 100회씩의 데이터를 수집하는 방법으로 이루어졌다. 그림 5는 각 센서 및 바늘의 조합에 따른 데이터 값의 변화를 나타낸다.

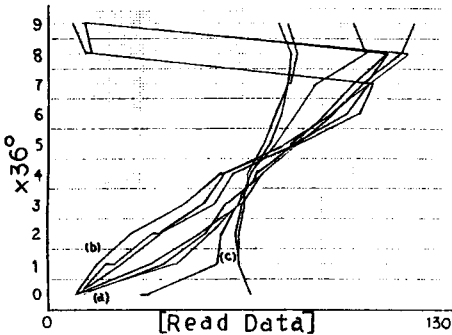


그림 5 데이터 값의 변화

4) 결과 고찰

바늘이 없는 경우 이론상 검출되는 파형은 각 위상의 전자파가 서로 상쇄되므로 0가 되어야 하나 실험결과 일정한 위상을 갖는 파가 검출되었다. 이는 센서 기판의 각 전극이 고르지 못했고 전극의 모양 자체가 갖는 특성 때문이라고 생각되어진다. 실험에서는 이 파형의 보상을 위해 바늘이 없는 상태의 센서에서 검출되는 파형을 제거시켜 주었다. 그림 5에서 보는바와 같이 센서와 바늘의 모양이 데이터의 정확도를 결정하는데 중요한 역할을 한다. 바늘이 가늘수록 각 위치에서의 데이터는 정확하나 유도되는 신호의 크기가 작아 주위의 잡음에 민감하고

바늘이 두꺼우면 유도되는 신호의 크기가 크므로 잡음의 영향은 적으나 각 위치에서의 데이터가 부정확하다. 또한 센서의 전극이 겹치는 정도도 바늘의 굵기와 연관하여 데이터의 정확도에 영향을 미친다. 따라서 전극이 겹치는 정도와 바늘의 굵기를 정확히 선택하는 것이 정확한 데이터를 확보하기 위한 관건이 된다.

실험결과 전극의 폭이 넓을수록 바늘이 전극면에 가까울수록 데이터의 값이 정확하였다.

3. 결 론

전자장의 변화에 따라서 회전판의 각도를 검출하는 방법은 토오크가 적은 회전판의 각도 및 각속도의 측정에 적당한 방법이다.

특히 회전판에 기계적 마찰을 주어서는 안되는 기기들에서는 광결합 소자를 이용할때보다 훨씬 간편한 방법으로 정밀한 측정이 가능하다는 잇점이 있다. 또한 마이크로 컴퓨터 시스템과 직접 접속하는것이 가능하므로 근래에 보편화된 컴퓨터 제어시스템에 적용이 용이하다.

이는 기존 메터들의 레지스터에 적용함으로써 어느 순간에 메터값을 읽어내는 원격 검침 시스템용 메타의 제작에도 응용 할 수 있다.

참 고 문 헌

1. Kraus, "Antennas", McGraw-Hill Book Company, 1950
2. Cain Encoder Co., "The Cain Encoder", April 1983
3. David F. Stout, "Handbook of Operational Amplifier Circuit Design", McGraw-Hill Book Company, 1976
4. Ferrel G. Stremler, "Introduction to Communication Systems", Addison-Wesley Publishing Company, 1977
5. Millman, "Integrated Electronics : Analog and Digital Circuits and Systems", McGraw-Hill Kogakusha, Ltd., 1972
6. Hayt, "Engineering Electromagnetics", McGraw-Hill Inc. 1974