

마이크로프로세스에 의한 스텝모우터의 운전 및 X-Y 테이블에의 응용

Microprocessor Based Stepmotor Operation and Application for X-Y Table

윤 병 도      중앙대학교  
백 영 채\*    중앙직업훈련원  
정 재 루      유한공업전문대학

1. 緒 論

스텝모우터는 입력펄스에 의해 일정각도로 회전되고, 펄스신호에 비례한 회전속도를 얻기 때문에 속도제어가 광범위하고 기동·정지, 정·역회전변속이 쉬우며 각도 오차가 적고 오차가 누적되지 않으며 저속에서 큰토크로 동기운전되는 많은 장점을 가지고 있으므로 N.C공작기계, 산업용로봇 등에서 필수적으로 사용되고 있다.

스텝모우터는 피이드백 루우프가 없이 정확한 제어가 가능하므로 제어장치가 간단하고 가격이 싼 장점이 있고 입력펄스의 주파수에 따라 속도제어가 가능하므로 마이크로프로세어나 디지털제어가 적합하다.

스텝모우터제어시 이미 정해진 스텝각으로 회전하게 되므로 서어보모우터에서와 같이 연속제어를 위하여 많은 연구가 되어 왔다.

본 연구에서는 스텝모우터의 1스텝간을 25등분하여 微細스텝제어방식의 일종인 메모리 look-up table 방식을 채택하여 X-Y테이블에 응용함으로써  $\frac{1}{1000}$  (mm)의 고정밀 운전특성을 얻을 수 있었고 25微細스텝으로 제어하여 구동토크가 크게 향상됨과 동시에 난조없는 운전이 가능함을 확인하였다.

마이크로프로세스와 Z80A CTC를 사용하여 X-Y축의 속도를 각각 다르게 설정할 수 있고 동시에 이동거리도 다르게 선정할 수 있다. 이 때의 큰 장점은 속도설정을 Z80A CTC에 의하여 타임콘스탄트 모우드로 동작시킬 수 있어 소프트웨어에 간략화를 가능하게 하였고 시스템의 응답특성을 개선할 수 있었다.

2. 理論的 考察

2-1. 하이브리드 스텝모우터의 이론

각 상이 여자되었을 때의 극의 배치모양은 그림 1과 같이 자화된다. 고정자의 여자위치를 45°씩 회전할 때 회전자는 1.8°씩 회전하게 된다. 하이브리드 2상모우터의 토크오크식을 구하면 회전자 치수를  $K_R$ , 발생토크의 최대치를  $T_M$ 이라 할 때 A상이 발생하는 정지토크는 다음과 같다.

$$T_A = -K_T i_A \sin(K_R \cdot \theta)$$

B상의 발생토크오크식은 전기식으로  $\frac{\pi}{2}$  위상이 지연되므로,

$$\begin{aligned} T_B &= -T_M \sin\left(K_R \cdot \theta - \frac{\pi}{2}\right) \\ &= +T_M \cos(K_R \cdot \theta) = +K_T i_B \cos(K_R \cdot \theta) \end{aligned}$$

2상 여자의 경우 토크는  $T_A$ ,  $T_B$ 의 벡터합이므로 다음과 같이 된다.

$$\begin{aligned} T_{AB} &= -\sqrt{2} \cdot i K_T \sin\left(K_R - \frac{\pi}{4}\right) \\ &= -\sqrt{2} \cdot T_M \sin\left(K_R - \frac{\pi}{4}\right) \end{aligned}$$

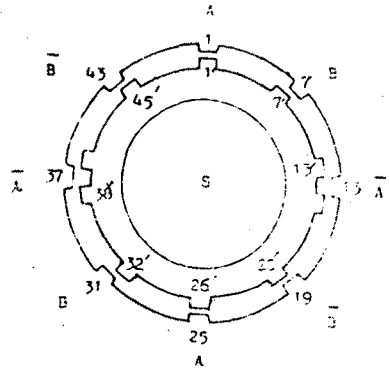


그림 1 스텝모우터의 構造

2-2. 스텝각과 분해능

X-Y테이블의 단위이동량  $l_0$  (mm/도), 스텝모우터의 1스텝각을  $\theta_s$ , 미세스텝수를  $i$ 라 하면 최소이동량  $l$ 은 다음 식과 같이 된다.

$$l = l_0 \cdot \frac{\theta_s}{i} \text{ [mm/step]}$$

테이블의 리이드피치를  $P(\text{mm/Rev})$ 라 하면 다음 식과 같다.

$$l = \frac{P \cdot \theta_s}{360i} \quad (\text{mm})$$

이때 리이드피치는

$$P = \frac{360l \cdot i}{\theta_s} \quad (\text{mm/Rev})$$

최소이동량  $l$ 과 입력펄스수  $f$ 가 결정되면 이동속도  $v$  ( $\text{mm/s}$ )는

$$v = l \cdot f = \frac{P \cdot \theta_s}{360i} \cdot f \quad (\text{mm/s})$$

또 입력주파수는

$$f = \frac{360i \cdot v}{P \cdot \theta_s} \quad (\text{p. p. s})$$

### 3. 시스템의 구성

마이크로 프로세서를 이용한 스텝모터 운전 및 X-Y테이블에 응용시스템의 계통도는 그림 2와 같다.

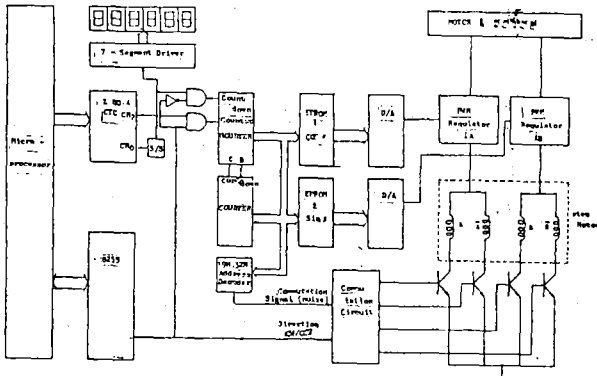


그림 2 제어회로의 블록선도

#### 3-1. 마이크로프로세스 및 인터페이스회로

CPU는 Z80A CTC를 사용하였으며 제어 프로그램에 따라 Z80A CTC의 타이머 모우드로 속도가 결정되고 PPI(8255)에 의해 방향이 결정되어 업·다운 카운터회로로 입력되어 EP ROM 1에는  $\cos \theta$ 의 값, EP ROM 2에는  $\sin \theta$ 의 값이 기억되어 D/A변환기의 입력으로 된다.

#### 3-2. PWM 조절기

PWM 조절기를 통하여 스텝모터 각 코일에 똑 같은 파형을 전류증폭만 하여 공급함으로 스텝모터의 정밀도를 향상시킨다.

#### 3-3. 전류회로와 영점검출회로

轉流回路는 스텝모터의 권선전류를  $i_{a1b} \rightarrow i_{b1a} \rightarrow i_{a2b} \rightarrow i_{b2a}$ 의 순으로 轉流시켜 주며  $D/A_1, D/A_2$ 변환기의 출력의 영점을 검출하여 이때 펄스를 이용하여 轉流신호발생의 입력신호로 사용한다.

### 4. X-Y테이블에의 응용

본 연구에서 응용한 볼스크루의 리이드피치는  $5(\text{mm/Rev})$ 씩 진행하게 된다. 이때 스텝모우터는 2상스텝모우터로 하며 1펄스당  $1.8^\circ$ 회전하는 것으로 선정했을 경우 1회전에는 200펄스가 소요되게 되며 이 이 스텝모우터축을 볼스크루우축에 연결하면 1펄스당  $0.025(\text{mm})$ 가 진행하게 된다.

따라서 1펄스당  $0.001(\text{mm})$ 씩 진행하게 하려면 미세스텝수  $i=25$ 가 되어야 한다.

### 5. 實驗 및 考察

본 연구에서 선정된 스텝모우터와 구동회로 및 제어프로그램을 이용하여 X-Y테이블을 제어한 결과 다음과 같은 결과를 얻게 되었다.

스텝모우터의 1스텝( $1.8^\circ$ )를 25분할하여 운전한 결과를  $D/A$ 변환하여 0. P앰프의 입력으로 하고 그 출력을 오실로스코우프에 의해 관측한 결과 그림 3과 같이 정현파, 여현파의 25스텝으로 입력신호가 정확히 분할되었음을 확인할 수 있었다.

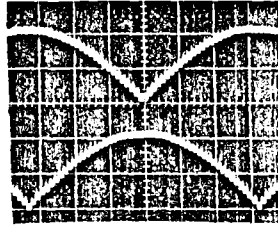


그림 3 여자신호 D/A변환 출력전압파형

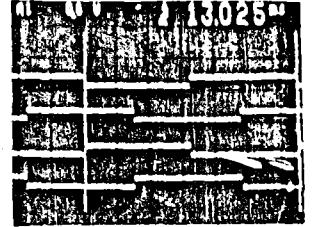


그림 4 구동용 트랜지스터의 베이스전압파형

또한 스텝모터의 권선전류를  $i_{a1b} \rightarrow i_{b1a} \rightarrow i_{a2b} \rightarrow i_{b2a}$ 순으로 轉流시켜 주기 위한 轉流신호발생회로의 출력의 계측결과 그림 4와 같이 轉流되었다.

이울리 X-Y테이블의 오차를 관측하기 위하여 X-Y테이블에 디지털 리이드 아웃 린니어 스케일을 설치하고 전·후진 각각 100펄스씩 가해서 왕복운동시켜 그 출력을  $D/A$ 변환기에 입력시켜 그 출력을 0. P앰프로 선형증폭하여 그 출력을 계측한 결과 그림 5와 같이 이동거리는 설계대로  $\frac{1}{1000}(\text{mm})$ 로 정확히 균일하게 이동하고 있음을 확인하였다.

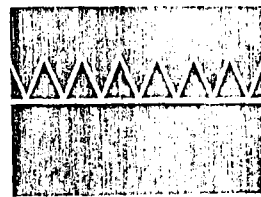


그림 5 X-Y테이블의 리이드지 분할파형

## 6. 結 論

스텝모우터의 스텝각을 25미세스텝 분할하여 본연구에서 설계한 제어프로그램으로 스텝모우터를 운전하여 X-Y테이블에 응용한 결과  $\frac{1}{1000}$  (mm)의 초정밀제어가 가능했으며 실험결과 이론과 일치함을 확인하였고 2상여자 방식에 비하여 미세스텝제어방식을 제안하였고 이 방식을 X-Y테이블에 응용하여 고정밀제어를 실현할 수 있었다.

이것은 국내의 정밀기계업, 로봇산업 특히 정밀NC 기계산업 발달에 크게 기여할 것으로 예상된다.

## 參 考 文 獻

1. 金道鉉, 崔桂根, 李鍾珪, "스텝모우터의 微細스텝제어에 관한 연구"
2. P. P. Acarnley. B. Sc., M. A., PhD. and P. G.: 660ns, B BA "closed-loop Control of Stepping motors: psediction and sealisation of optimum swilching angle". IEE PROC., Vol. 129, pt, BA, No 4, july 1982
3. Jules H. Gilder; "Focus on stepping motors", Electronic Design 22, Oct, 25, 1977.
4. IBM Technical Disclosure Bulletin "Position Reset For Stepping Motor Bosition Drives" Vol. 24 No. 10 3, 1982
5. IBM Technical Disclosure Bulletin "Stepper Motor STAT-ing Circuit" Vol. 22 No. 4 Sept. 1979