

# 微細스텝 制御 方式에 의한 PM 스텝 모터의 위치 및 速度 制御에 관한 研究

## (A Study on the Position and Speed Control of PM Step Motor Using Micro-step Control Drive)

金 道 鉉\*\*, 韓 權 相\*

(Do Hyun Kim and Gueon Sang Han)

### 要 約

PM 스텝 모터의 1스텝(1.8°/스텝)을 64微細 스텝(0.0281°/스텝)으로 룩 업 테이블 방식에 의해 전기적 分割하는 미세 스텝 制御 方法을 실현하였다. 또한 位置 및 速度 制御는 Z-80 마이크로 프로세서를 사용하여 구현시켰다.

微細 스텝 制御를 실현시켜 스텝모터의 다스텝 응답을 개선하였으며 微細 스텝 分割 係數를 증가시켜 驅動 電流를 分割함에 따라 精密 位置 및 速度 制御를 얻을 수 있었으며, 또한 시스템의 안정화를 향상 시켰다.

### Abstract

The control method which electrically subdivides 1 step (1.8°/step) of a PM step motor into 64 micro-step (0.0281°/step) is realized using micro-step algorithm on the basis of the look up table method and the position and velocity control using Z-80 microprocessor is also realized. With micro-stepping, The resolution of the system is improved Also by micro-step control of driving-current of the step motor, which is followed by the increase of micro-step subdivision-coefficient, the precise position and velocity control of step-motor can be realized and the stabilization of the system is improved.

### I. 序 論

오늘날 스텝 모우터는 디지털 回路 및 컴퓨터 周邊 裝置와의 인터페이스가 용이하고 速度 및 位置 制御가 간편하다는 長點으로 최근 精密 NC, 공작기계, 다관절 로봇 및 X-Y 플로터(Plotter) 등에 사용되

는 서보 모우터에 대치되어 많이 사용되고 있다.<sup>[1][5][6][8]</sup>

스텝 모우터는 入力펄스에 대하여 일정한 角度를 出力하는 인크리멘탈 소자로써 다스텝 應答(Multi-step response)이 이산적이므로 서보 모우터와 같이 精密 기기에서 필요한 연속 制御(Continuous control)가 어렵다.<sup>[1][7]</sup> 이러한 스텝 모우터의 이산적 應答特性을 개선하여 연속 制御를 실현시키는 방법으로는 P. P. Acaruley의 피드백 루프(Feedback loop)를 이용한 制御 방법<sup>[6]</sup>과 Jlies H. Gilber의 機械的 制御에 의한 微細 스텝 制御 방법<sup>[8]</sup>등이 研究되었으나 전자의 경우 制御 장치가 복잡하고 시스템 전달 이득이 작아지는 短點이 있고 후자의 경우 기어의 마찰

\*準會員, \*\*正會員, 國民大學校 電子工學科

(Dept. of Elec. Eng., Kookmin Univ.)

接受日字: 1990年 4月 16日

(※本 研究는 1990年度 國民大學校 研究費로 이루어졌음.)

係數에 따른 오차의 증가와 應答 速度가 늦어지는 短點이 있다. 이러한 制御 方式의 短點은 스텝 모우터의 1스텝을 전기적으로 分割시키는 微細 스텝 方式<sup>[1][2][4][11]</sup>에 의하여 개선시킬수 있으며 또한 많은 研究의 대상이 되고 있다.

본 論文에서는 Z-80 마이크로 프로세서를 이용하여 PM 스텝 모우터의 1스텝(1.8°/step)을 64 微細 스텝(0.0281°/step)으로 전기적 分割하는 制御 方式에 대하여 研究하였다. 또한 소프트웨어의 간략화와 위치 및 速度 制御는 Z-80 CTC(counter/timer circuit)를 타이머 모드(Timer mode)로 사용하고 룩업 테이블(Look up table) 方式을 이용하여 구현시켰다.

### II. 微細 스텝의 數學的 모델 및 解析

스텝 모우터는 倦線 코일의 相電流를 制御함으로써 스텝각  $\theta_s$ 를 分割하여 微細스텝( $\theta_s/N$ )으로 制御가 가능하다.<sup>[1][2][4][11]</sup> 이러한 微細 스텝 驅動方式은 1개의 펄스주기를 分割하여 入力 펄스의 微細 변화에 따른 相電流(Phase current)를 制御하는 方式으로 微細 스텝 알고리즘은 다음과 같다.

스텝 모우터 각 상에 생긴 토오크는 다음과 같다.

$$T_a = -K_T I_a \sin(Nr\theta_m) \quad (1)$$

$$T_b = K_T I_b \sin(Nr\theta_m - \frac{\pi}{2}) \quad (2)$$

$$T_c = K_T I_c \sin(Nr\theta_m - \pi) \quad (3)$$

$$T_d = -K_T I_d \sin(Nr\theta_m - \frac{3\pi}{2}) \quad (4)$$

단,  $T_a, T_b, T_c, T_d$  : A, B, C, D 상의 토오크

$I_a, I_b, I_c, I_d$  : A, B, C, D 상의 전류

$N_r$  : 회전자 치의 수

$\theta_m$  : 기계각

$K_T$  : 토오크 상수

따라서 전체 토오크는 다음과 같이 표시된다.

$$\begin{aligned} T &= T_a + T_b + T_c + T_d \\ &= -K_T [(I_a - I_c) \sin(Nr\theta_m) - (I_b - I_d) \cos(Nr\theta_m)] \end{aligned} \quad (5)$$

여기서 電氣角  $\alpha$ 을 微細 스텝 電氣角으로 보고 A, B 상에 공급하는 相電流를 다음과 같이 정의하면

$$I_a = I_M \cos\alpha \quad (6)$$

$$I_b = I_M \sin\alpha \quad (7)$$

단,  $I_M$  : 기본 스텝시 상전류

전체 토오크는 식(5)으로 부터 다음과 같이 표시할수 있다.

$$\begin{aligned} T &= K_T (I_M \cos\alpha \sin Nr\theta_m + I_M \sin\alpha \cos Nr\theta_m) \\ &= K_T I_M \sin(\alpha - Nr\theta_m) \end{aligned} \quad (8)$$

식(8)에서 무부하 상태일때 回轉자의 정지 位置는  $T=0$ 인 상태이므로 이때 電氣角  $\alpha$ 와 機械角  $\theta_m$ 은 다음의 관계가 있다.<sup>[7]</sup>  $\alpha = Nr\theta_m$ 이므로 식(9)과 같다.

$$\theta_m = \frac{\alpha}{Nr} \quad (9)$$

식(8)과 식(9)에 의해 전체 발생 토오크는 식(10)와 같다.

$$T = K_T I_M \sin Nr(\theta_s - \theta_m) \quad (10)$$

단,  $\theta_s (= \alpha/Nr)$  : 回轉자의 微細 스텝 설정 位置 電氣角,  $\theta_m$  : 回轉자의 실제 位置 電氣角

식(9)에서 알 수 있듯이 回轉자 치의 수  $N_r$ 은 모우터의 종류에 따라 정해지므로 일정하다. 따라서 機械角  $\theta_m$ 은 電氣角  $\alpha$ 를 변화시킴에 따라 변화되며, 이때 電氣角  $\alpha$ 는 入力相 電流  $I_a$ 와  $I_b$ 에 의하여 결정되며 電氣角  $\alpha$ 는 다음의 범위안에서 변화시킬 수 있다.<sup>[1][3][6]</sup>

結果的으로 電氣角  $\alpha$ 는 0에서  $2\pi$ 까지 변화시킴으로써 機械角  $\theta_m$ 의 微細 制御가 이루어지며 1스텝을  $1/M$  스텝으로 分割하려할 때 微細 스텝당 電氣角  $\alpha$ 는 다음의 식으로 주어진다.<sup>[1]</sup>

$$\alpha = \frac{2\pi}{M} \quad (11)$$

### III. 微細 스텝 制御 시스템 설계

#### 1. 微細 스텝 制御 알고리즘

스텝 모우터는 一般的으로 스텝각  $\theta_s$ 로 驅動하는 1相 勵磁 패턴이나 2상 勵磁 패턴이 있고  $1/2\theta_s$ 로 驅動하는 1-2相 勵磁 패턴이 있다.<sup>[7][9]</sup>

이 驅動 패턴은 그림 5에 나와있다. 그러나 스텝 모우터의 倦線 코일의 電流를 制御함으로써  $\theta_s$ 를 N 등분으로 微細分割하는 精密 制御가 가능하다. 이같은 微細 分割法을 마이크로 스텝 驅動이라고하며 이 방식의 特徵은 高 分解능을 갖기때문에 高 精密度가 가능하고, 振動이 매우작고, 또한 소음이 작아지는 長點이 있다.<sup>[1][8][10]</sup>

스텝 모우터 倦磁의 勵磁는  $AB \Rightarrow BC \Rightarrow CD \Rightarrow DA$  순으로 2相 勵磁시키며  $I_a, I_c$ 는  $I_M \sin(Nr\theta_m)$ 로 勵磁시키고  $I_b, I_d$ 는  $I_M \cos(Nr\theta_m)$ 로 勵磁시켜서 精密 制御를 實現할 수 있다.<sup>[1][8]</sup>

微細 스텝 制御 回路는 그림 1과 같다.

스텝 모우터의 速度와 位置를 制御하기 위하여 Z-80 CTC를 使用하였다. CTC 채널1은 타이머 모드

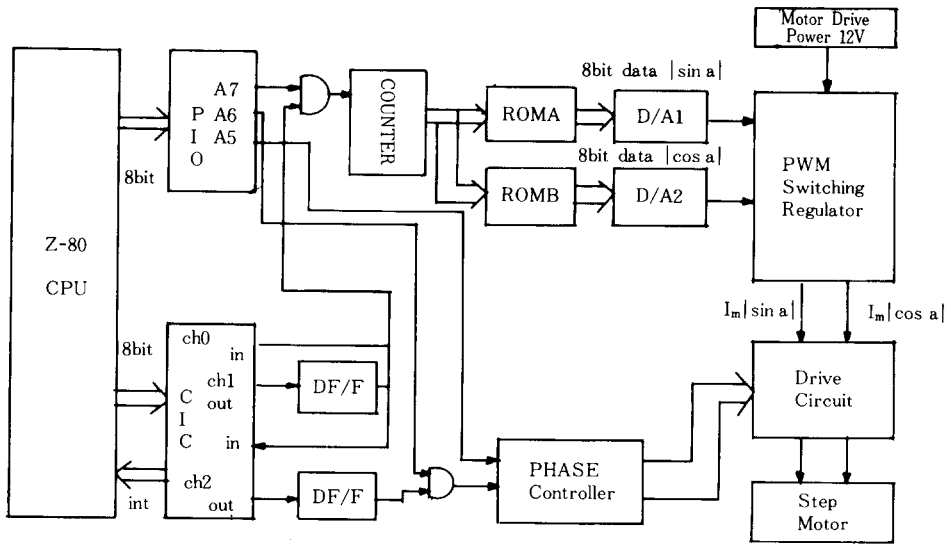


그림 1. 시스템 구성 계통도

Fig. 1. Block diagram for micro-step control circuit.

(Timer mode)로 동작시키고 이 出力펄스가 카운터 (Counter) 入力이 되고 카운터로부터 ROM A와 ROM B의 어드레스(Address)를 얻어낼 수 있다.

ROM A와 ROM B는 위상각  $k\pi/128$  ( $k=0, 1, \dots, 127$ )에 대한 정현파 및 역현파 값을 미리 계산하여 보관하는데 사용하였으며, 이 값은 D/A 變換機(D/A converter)로 통과시키면 正弦波값이 電壓파형의 아날로그(Analog) 값으로 出力에 나타나며, 이 파형을 PWM 스위칭 레귤레이터(Pulse width modulation switching regulator)로 보내서 電流값으로 변환한 다음 구동회로로 보내주면 미세 스텝 제어가 실현될수 있다.

### 2. 加減速 制御

스텝 모터는 速度 制御가 용이하고, 角度 오차가 적고, 오차가 누적되지 않는 등 여러가지 長點이 있으나 回轉 速度가 느린 短點이 있다. 이 短點을 보완하고 高速으로 驅動시키려면 슬로우(Slew) 영역을 이용한 加減速 驅動法이 필요하다.<sup>6)</sup> 加減速 驅動法은 기동을 낮은 주파수에서 하고 서서히 加速시켜서 모터가 동기를 잃지 않는 영역, 즉 슬로우 영역에서 定速 驅動하고, 그후 주파수를 서서히 減少시키는 방법을 말한다. CTC 채널 1에서 프로그램에 의한 시상수가 0이되면 CH 0의 出力에 한 개의 펄스(Pulse)가 발생하고 인터럽트(Interrupt)가 동시에 발생한다. 이 펄스는 D F/F을 통하여 듀티 사이클(Duty

cycle)을 50%로 바꾼다음 카운터의 入力에 들어간다. CH 0에서 인터럽트가 걸리면 加減速 驅動法에 맞는 새로운 시상수가 프로그램에 의해 CTC 채널 1에 로드(Load)되어 出力 주파수를 조절하게 된다.

### 3. 位置制御

스텝 모터의 位置를 制御하기 위하여 그림 1에 나와있는 CTC 채널 0을 카운터모드로 사용하였다. Z-80 CPU로부터 이동 스텝을 CH 0의 시상수로 받아서 CH 1의 펄스를 받을때마다 다운 카운트(Down-count)한다. 카운트가 0이되면 CPU에 인터럽트를 걸게되고, 인터럽트를 받은 CPU는 PIO(parallel input/output) A포트(Por)의 A7과 A6에 0을 出力하게 된다. A7과 A6의 0 出力은 7408(1/4) AND 게이트(Gate)의 出力을 "Low" 상태로 유지시켜 ROM 어드레스가 일정하게 유지되며, ROM에서 나오는 일정한 正弦, 勵磁波의 값은 電流를 일정하게 하여 位置를 制御할 수 있게된다.

### 4. PWM 스위칭 조정기(PWM switching regulator)

D/A 變換機 電壓 파형을 스텝 모터의 각 卷線에 똑같은 파형을 電流 증폭만 하여 공급해 주어야 한다. 이 스위칭 조정기의 선형성은 微細 스텝 制御의 精密度에 가장 크게 영향을 미치는 중요한 부분이다.<sup>8)</sup> 이 回路는 PWM 스위칭 조정용 IC(SG3524)와 달링톤 트랜지스터(2N6053N)로 사용하였다.

5. 位相 調節器와 영점 電流 검출 回路

位相 調節器는 스텝 모우터의 倦線 電流를 AB⇒BC⇒CD⇒DA 순으로 轉換시켜주기 위해 펄스를 발생 하는 回路이다. 이때 轉換 시기는 D/A 1 變換器와 D/A 2 變換機의 出力의 영점을 檢出하여 그순간 발생 하는 펄스를 位相 調節器의 클럭으로 사용하여야 한다. 본 論文에서는 시스템 하드웨어(System hardware)를 간략히 하기위해 그림 1에 나와있는 CTC 채널 2을 사용하였다. CH 2을 카운터 모드로 사용하고 시상수를 16(10H)을 주게되며 入力은 CH 1의 듀티 사이클 50%로 조절된 펄스를 받아들이며 出力은 D 플립플롭(Flip Flop)의 入力이 되어 다시 듀티 사이클 50%로 조절된다. D F/F의 한주기 파형은 CH 1 펄스의 2배, 즉 32(20H)마다 펄스를 발생하며 이 파형은 位相調節器의 클럭이 되며 位相調節器에서 나오는 스위칭은 D/A 變換器의 영점 電流와 동기 되어진다. 또한, PIO A 포트의 A5을 1로 하면 정회전, 0로 하면 역회전이 가능하도록 位相 調節器의 펄스 시퀀스가 바뀌게 되며, 이것은 프로그램으로 조정할 수 있다.

6. 驅動回路

스텝 모우터의 倦線에 충분한 電流를 흘려줄 수 있는 전력 트랜지스터(BDX87C)를 이용하여 모우터를 驅動시킨다. 트랜지스터가 "ON"에서 "OFF"로 전환될때 모우터倦線에 발생하는 역기전력으로 트랜지스터에 過電流가 흐르게 된다. 이것을 막기위해 다이오드(diode)를 사용 하였으며 전기적인 댐퍼(Electrical damper)로써 작용하도록 캐패시터를 사용하였다.<sup>7)</sup>

IV. 微細 스텝 制御 소프트웨어

微細 스텝 制御를 위한 소프트웨어는 다음의 3개 루틴(Routin)으로 構成되어 있다.

1) 메인 루틴(Main routine): 메인 루틴은 처음 PIO 와 CTC를 초기화 시킨다. PIO 포트 A를 出力모드로 프로그램하고 A7, A6, A5를 "high"로 내보낸다. 다음에 CTC 채널1(channel 1)을 타이머 모드로, ch0와 ch2는 카운터 모드로 프로그램하고 각 채널에 시상수를 로드(load)한 다음 CTC로부터 인터럽트를 기다리게 된다. 그림2는 메인루틴의 흐름도를 나타낸다.

2) 加減速 制御 루틴: 加減速 制御 루틴은 인터럽트가 걸릴 때마다 현재의 회전수와 남은 회전수를 計算하고 加速을 할것인지 等速 또는 減速을 할것인지를 決定한다. 그리고 각 速度 패턴에 맞는 새로운

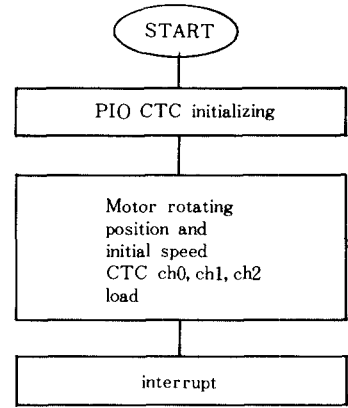


그림 2. 주 흐름도  
Fig. 2. Flow-chart of main routine.

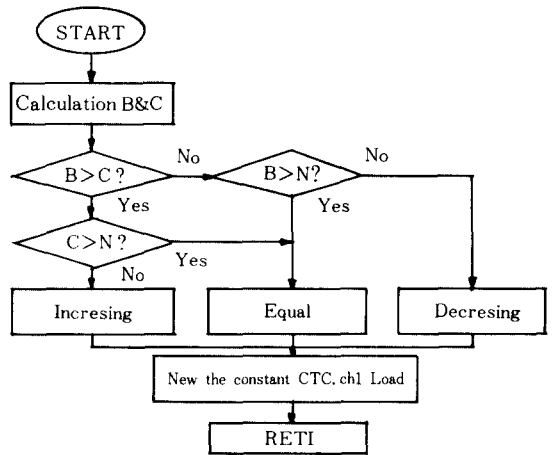


그림 3. 가감속 제어 흐름도  
Fig. 3. Flow-chart of acceleration and deceleration control routine.

시상수를 速度 테이블에서 꺼내와 CTC ch1에 로드시키고 메인 루틴으로 돌아간다. 그림3은 加速 速度 制御의 흐름도를 나타낸다.

3) 位置 制御 루틴: 位置 制御 루틴은 먼저 명령 받은 회전을 끝냈는지 檢査하게 되고 회전이 끝났을 때는 PIO A7, A6을 "low"로 出力하여 스텝 모우터를 정지시킨다. 아니면 2ms동안 지연한 다음 회전이 정회전인지 역회전인지를 파악하여 PIO A5에 "high"나 "low"를 出力한다. 다음에 회전해야할 수를 회전 명령 테이블에서 꺼내와 CTC ch0에 새로운 시상수로 로드시키고 메인 루틴으로 돌아간다. 그림 4는 位置 制御 루틴의 흐름도를 나타낸다.

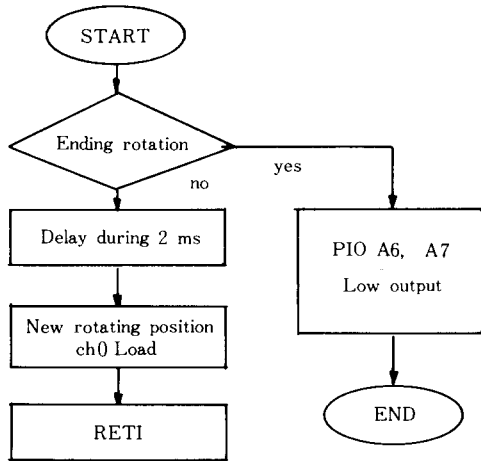


그림 4. 위치 제어 흐름도  
Fig. 4. Flow-chart of position control routine.

V. 實驗 및 考察

본 實驗에 사용한 스텝 모우터는(PH 264-01) 1.8°/step, 1.1 A/phase, Vc=4(v), 내부저항=3.6/Phase, 인덕턴스=3.6mH/Phase, 機械的慣性=57g-cm인 오리엔탈 모우터이다.

그림5는 PH 264-01 스텝 모우터의 微細스텝 制御시(그림5-b, c)와 기본스텝시(그림5-a)의 1스텝 應答을 시뮬레이션한 結果이다. 그림5에서 알 수 있듯이 기본스텝시 1스텝 應答을 振動폭이 매우 큰 불안정한 상태의 應答을 나타내나 微細스텝 應答일 경우 스텝의 分割을 세밀히 하면 할수록 1스텝 應答의 振動폭이 매우 작은 안정한 상태의 應答特性을 나타냄을 알 수 있다.

그림 6는 微細스텝 制御시 다스텝 應答(Multi-step response)特性을 시뮬레이션한 結果이다. 그림6-a는 微細스텝 ( $\theta_s=1/16$ )일 경우로서 큰 오버슈우트(overshoot)를 갖는 이산적(discrete)應答特性을 보이고있다. 그림6-b는 微細스텝 ( $\theta_s=1/32$ )일 경우로서 오버슈우트가 비교적 작으며 약간 이산적 應答特性을 갖고 있다.

그림6-c는 微細스텝 ( $\theta_s=1/64$ )일 경우로서 오버슈우트가 작고 연속적인(continuous)應答 特性을 나타낸다. 스텝 모우터의 捲線에 인가된 勵磁電流의 파형이 勵磁波로 128스텝이 정확히 分割되었는지를 확인하기 위하여 ROM A, B에 기억된 正弦波, 勵磁波 데이터를 D/A 변환하여 OP-AMP의 入力으로 하고 그 出力을 오실로스코우프로 觀측한 結果는 그림7과

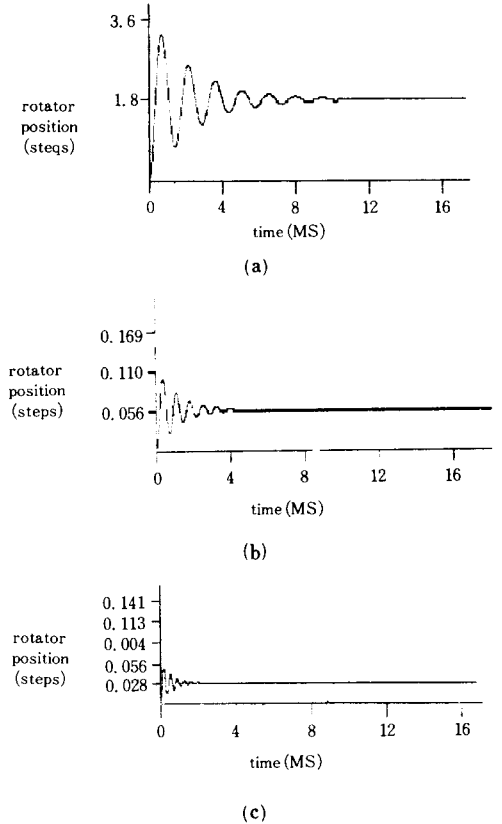


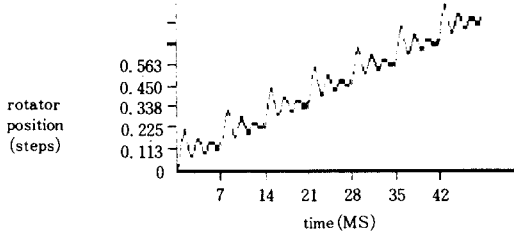
그림 5. 1스텝 應答  
(a) 기본스텝일 경우  
(b) 32 분할일 경우  
(c) 64 분할일 경우

Fig. 5. 1 step response.  
(a) element step,  
(b) 32 micro-step,  
(c) 64 micro-step.

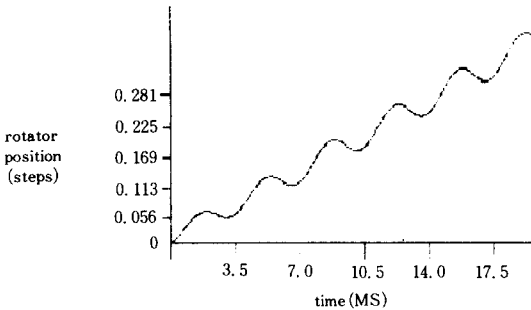
같다. 이 그림으로부터 스텝 모우터 捲線에 인가된 勵磁電流가 正弦波, 勵磁波의 64, 128스텝으로 정확히 分割되었음을 알 수 있었다. 그림 8은 PWM 스위칭 레귤레이터의 電壓 파형을 계측한 것이다. 또한, PWM 스위칭 레귤레이터의 電流파형은 그림9와 같다. 그림10은 포텐티오메타(Potentiometer)로 측정된 回轉子의 位置를 측정된 것으로서 시뮬레이션 結果(그림6)와 거의 일치함을 알 수 있었다.

VI. 結 論

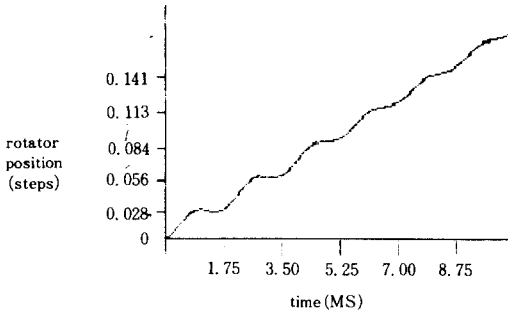
본 論文에서는 펄스(pulse)에 의해 驅動되는 2相 Bifilar PM 스텝 모우터의 1스텝(1.8°/step)을 64 微細分割(0.0281°/step)하여 룩업 테이블(look up-table) 微細스텝 制御 方式으로 실현하여 스텝 모우터의 1스



(a)



(b)



(c)

그림 6. 다스텝 응답

- (a) 16 분할일 경우
- (b) 32 분할일 경우
- (c) 64 분할일 경우

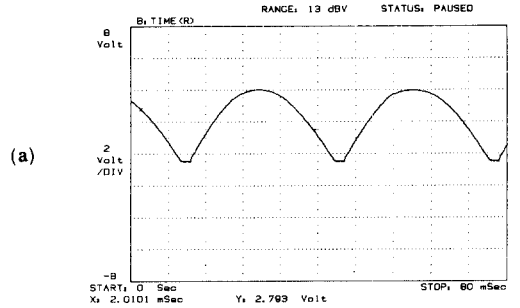
Fig. 6. Multi-step response.

- (a) 16 micro-step,
- (b) 32 micro-step,
- (c) 64 micro-step.

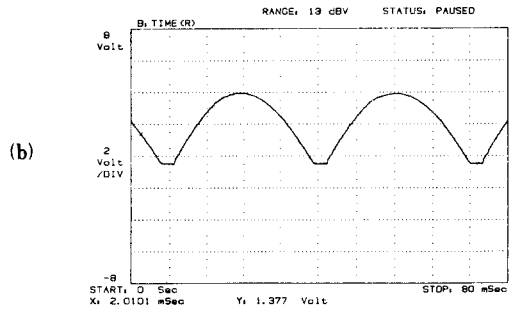
텝과 다스텝 應答의 시뮬레이션과 다스텝應答의 實驗結果를 비교하여 다음과 같은 結果를 얻을 수 있었다.

기본스텝시보다 微細스텝 制御시 1스텝 應答은 振動이 작은 安定한 應答特性을 갖는다. 즉 스텝 모터의 1스텝 應答시 나타나는 단 振動현상을 크게 줄임으로서 精密 位置 制御가 가능하다.

기본스텝을 작게 分割할수록 즉, M값을 크게 할



(a)



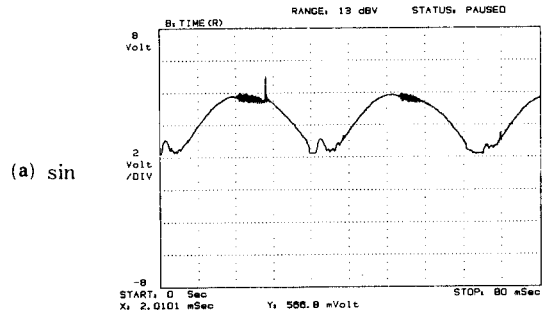
(b)

그림 7. D/A 컨버터 출력 (64분할일 경우)

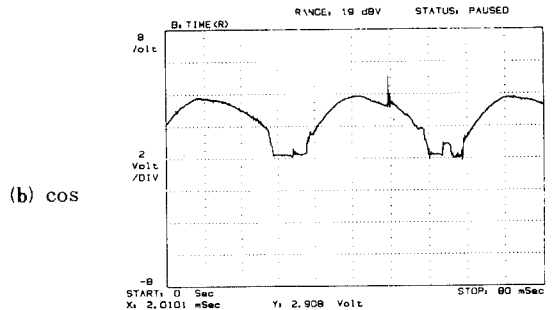
(a) D/A 1출력 (b) D/A 2출력

Fig. 7. D/A converter output (64 micro-step).

- (a) D/A 1 output (sin),
- (b) D/A 2 output (cos).



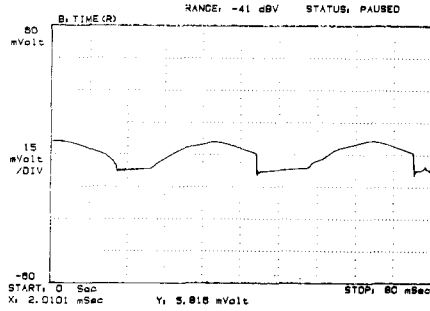
(a) sin



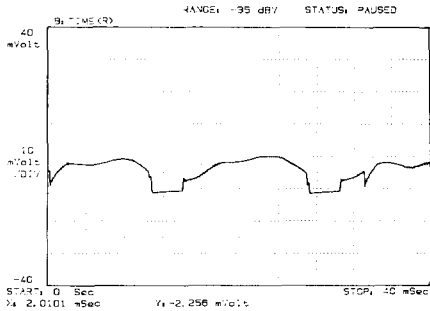
(b) cos

그림 8. PWM 스위칭 조절기의 전압파형

Fig. 8. Voltage waveform of PWM switching regulator.



(a) sin



(b) cos

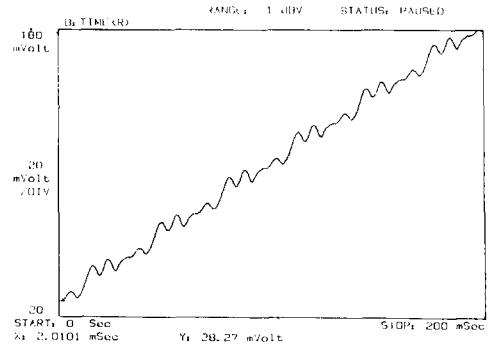
그림 9. PWM 스위칭 조절기의 전류파형  
Fig. 9. Current waveform of PWM switching regulator.

수록 다스텝 應答은 오버슈우트가 작은 연속적인 應答特性을 갖는다. 즉 다스텝 應答 特性이 연속적이며 스무싱(smoothing)하기 때문에 선형적(linear)인 精密 速度 制御가 가능하며 가속, 감속이 용이하고 가속시 발생되는 모우터의 불안정(振動)과 소음을 크게 줄임으로서 시스템의 안정화를 얻을 수 있다.

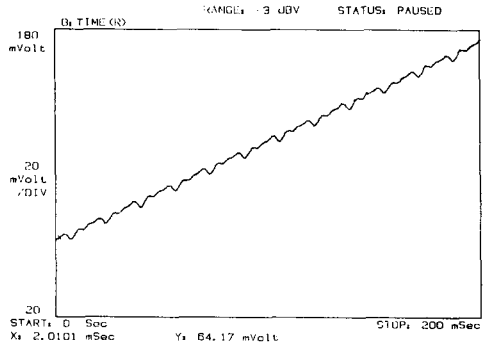
소프트웨어적으로 Z-80 CTC 채널 3개를 카운터 모드와 타이머 모드로 효율적으로 이용함으로서 스텝 모우터의 位置 및 速度 制御 프로그램을 간략히 하였다.

參 考 文 獻

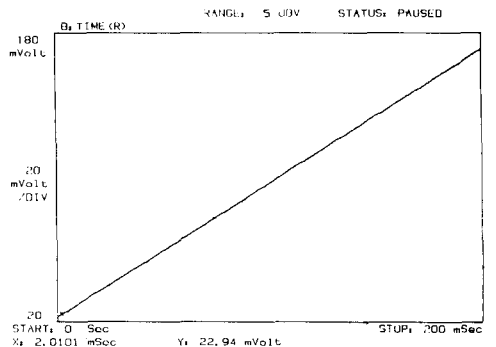
[1] 김도현, 최계근, 이종각, “스텝 모우터의 미세 스텝 제어에 관한 연구” 대한전기공학회지, vol. 31 pp. 167-172, 1982.  
[2] B.C. Kuo, “Calculation of torque-speed performance characteristics of closed-loop control of permanent-magnet step motors,” *Annual Symposium IMCSD*, pp. L1-L22, 1976.



(a)



(b)



(c)

그림 10. 회전자 위치  
(a) 16 분할일 경우 (b) 32 분할일 경우  
(c) 64 분할일 경우  
Fig. 10. Rotator position.  
(a) 16 micro-step, (b) 32 micro-step,  
(c) 64 micro-step.

[3] Eric K. Pritchard, “Mini-stepping observations on stepping motors,” *Annual Symposium IMCSD*, pp. 169-178, 1977.

- [4] Eric K. Pritchard, "Concepts and characteristics of ministepping," *Annual Symposium IMCSD*, pp. 229-242, 1980.
- [5] Hi-Dong Chai, "Position error analysis for micro-stepping," *Annual Symposium IMCSD*, pp. 265-274, 1985.
- [6] Albert C. Leenhouts, "Compensation techniques in micro-stepping," *Annual Symposium IMCSD*, pp. 175-180, 1986.
- [7] Takashi Kenjo, "Stepping moters and their microprocessor controls," Clarendon press, oxford, 1984.
- [8] 정재륜, "Stepping Moter Driver의 최근 제어 기술" 제어계측 기술, pp. 12-20, 1989. 3.
- [9] B.C. Kuo, "Theory and applications of step motors," West publishing co., pp. 206-251, 1974.
- [10] Haward. P. Layer, "Digital sine-cosine mini-stepping motor drive," *IMCSD*, pp. 179-183, 1977.
- [11] H. Rowlands, "An automatic test system for step motor selection," *IMCSD*, pp. 251-256,

著 者 紹 介



金 道 鉉 (正會員)

1943年 5月 15日生. 1967年 2月 경북대학교 사대 물리학과 졸업 (이학사). 1972年 2月 성균관대학교 경영대학원 정보처리학과 졸업 (경제학석사). 1976年 2月 서울대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사). 1983年 2月 서울대학교 대학원 박사과정 수료 (공학박사). 1977年 9月~1985年 2月 명지대학교 공과대학 전자공학과 부교수. 1985年 3月~현재 국민대학교 공과대학 전자공학과 교수. 주관심분야는 Adaptive Control, Aptimal Control, Logic Design, 신경회로망 등임.



韓 權 相 (正會員)

1963年 7月 29日生. 1988年 2月 국민대학교 전자공학과 졸업. 1990年 2月 국민대학교 대학원 전자공학과 졸업 공학석사 취득. 1990年 4月~현재 금성기전 승강기 설계실 근무. 주관심분야는 모터 제어 및 적응제어 등임.