

마이크로스텝 드라이브를 이용한 X-Y 테이블 구동 특성향상

지대영 . 진승오 . 김성훈 . 안호균 . 박승규

창원대학교 전기공학과 (Tel:0551-79-7516; E-mail:AHOG@sarim.changwon.ac.kr)

X-Y table drive characteristic improvement by micro-step driver

Dae-Young Ji . Seung-Oh Jin . Sung-Hoon Kim . Ho-kyun An . Seung-Kyu Park
Department of Electrical Engineering Changwon National University.

Abstract - In this paper, micro step driving method is used for a high performance motion control and minimizing of vibration in a industrial X-Y table. By using a mathematical analysis method of 2 phase Hybrid-type step motor, each phase current can be optimized about unit speed and torque. We can improve the electrical and mechanical driving characteristic of machine by applying this proposed driver to the real plant using microprocessor.

1. 서 론

스테핑 모터는 펄스신호마다 권선의 여자 전류를 전환시킴으로써 자기 반발력에 의해 회전자를 정해진 회전각만큼 이동시키는 것이다. 위치오차가 누적되지 않아 개루프제어가 가능하며, 기동, 정지, 정역전의 응답성이 우수하고, 구동회로가 비교적 간단하다. 특히 다른 모터에 비해 정지시 매우 큰 유지 토크를 가지므로 전자 브레이크등의 유지장치가 필요하지 않고, 누적 오차가 작은 액츄에이터로 이용될수 있으므로 그 응용이 확대되어 가는 경향이 다. 하지만 스텝모터는 저속으로 회전할 때 많은 진동이 발생하고, 모터의 공진영역에서는 입력 펄스에 대한 동기를 잃어 쉽게 탈조하며, 입력펄스에 대한 모터의 회전각이 정해져 있어, 적은 토크 맥동과 세밀한 위치 제어가 요구 되는 분야에는 사용하기가 곤란하다.

본 논문에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위해 스텝핑 모터를 정해진 각도보다 훨씬 작은 각도로 나누어서 구동시키는 미세각 제어회로를 개발하여 직접 시제품에 적용시키고자 한다. 이러한 미세스텝 구동 드라이버에의해 일반적인 2상 스텝핑 모터의 한 각도는 1/16, 1/32, 1/64, 1/128 의 미세각으로 나누어지게 되며, 저속시 발생하는 모터의 진동, 소음, 토오크, 관성 등을 크게 개선하여 간단한 펄스 입력으로 스텝핑 모터를 정밀구동 한다.

2. 본 론

2.1 2상 스텝핑모터의 수학적 모델링

Half-stepping의 과정은 micro-step이라는 매우 작은 step으로 motor의 스텝각을 세분하는 것으로 확장될 수 있다. 이것은 상전류의 크기가 정확히 제어 되어져야 한다. 2상 hybrid-step motor의 토크 특성이 정현적이라고 가정하면, $\theta = 0$ 인 점에서 안정점을 갖게된다. 그러므로 각상의 전류 i_A, i_B 를 가지는 토크 T_A, T_B 는 식(1)과 식(2)처럼 표현될 수 있다.

$$T_A = -k i_A \sin \theta \quad (1)$$

$$T_B = +k i_B \cos \theta \quad (2)$$

여기서 k는 모터 토크 상수이고 rotor 위치 θ 는 전기적인 각으로 측정된다.식 (1),(2)에서 i_A, i_B 는 positive 또는 negative가 될 수 있다. i_A, i_B 의 두 상이 동시에 여자될 때 전체 토크 발생은 식(3)과 같이된다.

$$T_{AB} = k(-i_A \sin \theta + i_B \cos \theta) \quad (3)$$

마이크로 스텝각 μ 에 의해 로터각 θ 를 변화시키기 위해, 두 상전류는 식(4)처럼 두 개의 분리된 전류로 정확히 제어되어야 한다.

$$i_A = I_R \cos \mu \quad \text{and} \quad i_B = I_R \sin \mu \quad (4)$$

여기서 I_R 은 모터의 정격전류이다.

식(1), (2), (3), (4)로부터 식(5)를 유도할 수 있다.

$$T_{AB} = k I_R (-\cos \mu \sin \theta + \sin \mu \cos \theta) = -k I_R \sin(\theta - \mu) \quad (5)$$

무부하 안정점은 $T_{AB}=0$ 이므로 식(5)에서 $\theta = \mu$ 에서 안정점이 발생한다. 따라서 분리된 스텝에서 정현적으로 변하는 i_A, i_B 에 의해 스텝 모터는 마이크로 스텝으로 움직이게 만들어 질 수 있다.

2.2 전체 시스템의 구성

본 논문의 대상 기구부는 (주)태양전자산업에서 제공한 X-Y테이블이며, 실험을 위해 기존제품의

PLC부분은 마이크로프로세서로 대체하였으며, 구동 드라이버는 미세스텝 구동 드라이버를 적용하였다.

2.2.1 X-Y테이블의 구동

X-Y테이블의 위치 및 속도 제어를 위해 INTEL사의 프로세서인 80C196KC를 사용하였다.

또한 시험 대상 모터를 미세스텝으로 구동할 때, 각 미세스텝에서의 위치 오차를 측정하기 위해 모터의 회전축에 1회전당 128,000개의 펄스가 출력되는 광학식 엔코더를 부착하였다. 그림1은 전체시스템의 구성도를 나타낸다.

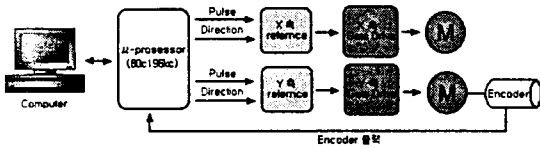


그림 1. 전체시스템의 구성도

2.2.2 미세스텝 구동을 위한 하드웨어 구성

모든 회로를 디지털 적으로 구성함으로써 noise에 강해지고, 마이크로프로세서와 interface가 용이해졌다. 고속영역에서 발생하는 상전류 부족현상은 모터의 속도 증가로 인한 역기전력 증가로 인해 모터에 인가되는 실제 유효전압이 감소되기 때문인데, 이를 위해 공급되는 DC전압을 적절히 튜닝하였다. 그림 2는 상전류의 reference부와 PWM, 그리고 Gate Drive부의 Block Diagram을 나타낸다.

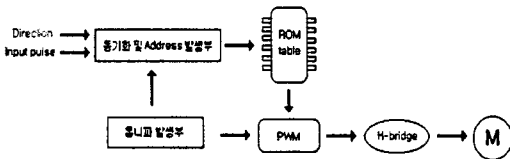


그림 2 미세스텝 구동을 위한 하드웨어 구성도

각각의 ROM 테이블에는 미세각 분해능을 조절할 수 있도록 각각 sin파와 cos파의 한 주기를 64, 128, 256, 512의 4가지 단계로 sampling된 값이 table로 저장되어 있다. 그림 3과 그림 4는 sin파와 cos파의 한 주기를 512로 sampling한 data를 시뮬레이션한 것이다.

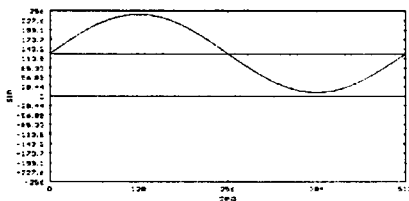


그림 3 sin 한 주기를 512로 sampling한 Data

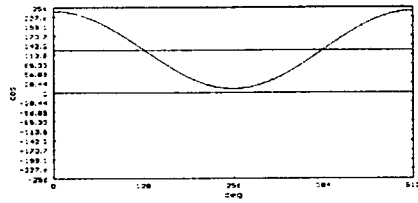


그림 4 cos 한 주기를 512로 sampling한 Data

2.3 실험 결과 및 고찰

본 연구에서 사용한 기구부의 2상 하이브리드 스텝 모터는 ORIENTAL MOTOR 회사의 PH268-21B라는 제품으로, 그 사양을 표 1에 나타내었다.

모터의 종류	하이브리드형 스텝 모터
상 수	2상
스텝각	1.8° STEP
여자최대정지 Torque	9kgcm
정격전류	1.5A/상
권선저항	3.6Ω/상
관성모멘트(Rotor)	200gcm ²

표 1 시험 대상 모터의 사양

그림 5는 미세스텝 구동회로의 위치 분해능을 128 미세 스텝으로 설정하고, 0.1rpm의 일정한 속도로 회전시킬 때의 모터의 상 전류 파형을 나타낸 것이다. 그림 6과 그림 7은 각각 1rpm과 10rpm의 속도로 모터를 회전시킬 때의 상 전류 파형을 나타낸 것이다. 그림 8, 9, 10, 11은 모터축에 광학식 엔코더를 부착하여 0.6rpm의 일정 속도로 모터를 회전시키면서 각 분해능(16, 32, 64, 128)마다 엔코더의 출력 펄스를 계수하여 그린 것이다. 모터의 분해능을 증가 시키면 부드럽게 회전함을 알 수 있다.

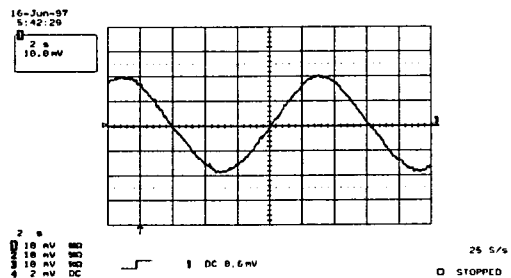


그림 5 분해능 128일때의 전류 파형 (0.1rpm)

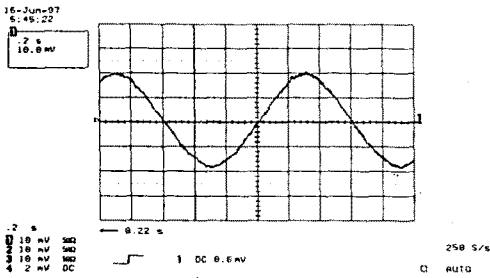


그림 6 분해능 128일때의 전류 파형 (1rpm)

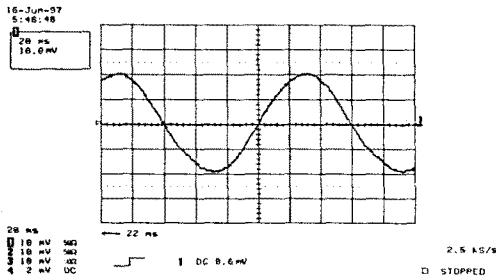


그림 7 분해능 128일때의 전류 파형 (10rpm)

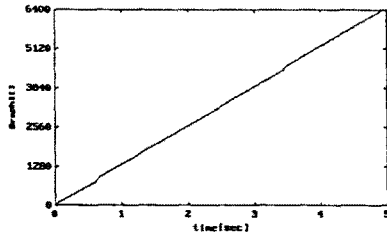


그림 8 엔코더 출력파형(0.6rpm,16미세스텝)

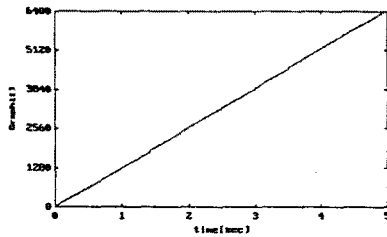


그림 9 엔코더 출력파형(0.6rpm,32미세스텝)

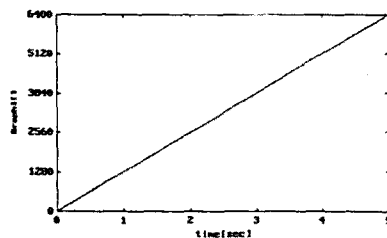


그림 10 엔코더 출력파형(0.6rpm,64미세스텝)

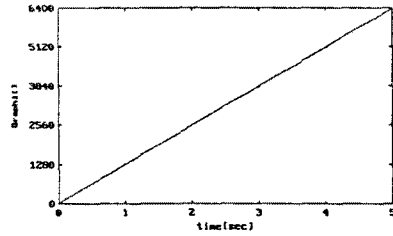


그림 11 엔코더 출력파형(0.6rpm,128미세스텝)

3. 결 론

본 논문에서는 OPEN LOOP 방식으로 미세스텝을 구현하여, 제작한 드라이버를 X-Y테이블에 적용시켰다. 기존의 NORMAL STEP DRIVER보다 진동 및 소음이 감소함을 볼 수 있었고, 토크특성도 향상 되었다. 그러나, 모터의 속도가 높아질수록 역기전력에 의한 유효전압의 감소로 충분한 전류가 각 상에 공급되지 못한다. 따라서 고속에서도 일정한 토크를 유지하며, 모터에 전류를 공급 할 수 있는 새로운 전원 공급 장치의 개발이 절실하다. 또한 기계적 구조로 인한 공진영역 및 미세진동의 증폭으로 인한 소음(기구부에서)의 해결도 중요하다고 할 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] T. Roland Fredriksan, "Microstepping - A New Control Concept for Rotary Step Motor" IMCSD, pp HH-1 ~ HH-6, 1975.
- [2] M.L Patterson and R.D Haslby, "A microstepped XY controller with adjustable phase current waveforms" IMCSD, pp 163-168, 1977.
- [3] Takashi kenjo, "Stepping Motors and Their Microprocessor Controls", Clarendon Press, Oxford, 1984.
- [4] Mohan, Undeland and Robbins, "Power Electronics : Converters, Applications and Design", John wiley & Sons, 1989.
- [5] 이광운, "망원경 전자 제어부의 개발", 고려대학교, 1995.
- [6] 장원식, "스태핑 모터의 미세각 제어에 관한 연구", 고려대학교, 1996.
- [7] 김형우, "펜타곤 결선방식의 5상 스텝핑 모터에 대한 미세각 구동 드라이버의 설계", 창원대학교, 1996.