

CNC 장치의 성능평가를 위한 토크패턴의 적용 Performance Test of CNC Units using Torque Patterns

*#김경호¹, 이찬홍¹, 장태성²

*#G. Khim(gyungho@kimm.re.kr)¹, C. H. Lee¹, T. S. Chang²

¹ 한국기계연구원 지능형생산시스템연구본부, ² ㈜두산인프라코어

Key words : CNC unit, Torque pattern, Velocity ripple, Load

1. 서론

공작기계 CNC(Computer Numerical Control) 장치의 성능평가를 위하여 CNC 장치가 연결된 최소한의 주변장비인 모터만으로, 공작기계에서 발생하는 실제현상을 가상으로 고려하여 평가가 이루어질 수 있는 장치를 설계 및 제작하였다. 이는 차후에 연결될 공작기계 요소에 의한 노이즈를 차단할 수 있어 CNC 장치 자체의 성능평가를 위한 가장 선행적인 방법이라 할 수 있을 뿐만 아니라, 실제 공작기계에서 나타나는 현상들을 가상으로 구현할 수 있어 실험실 차원에서 여러가지 조건들을 변화시켜가며 쉽게 테스트해 볼 수 있는 장점이 존재한다. 이를 위해서는 공작기계 구동시나 절삭시에 발생할 수 있는 절삭력이나 마찰력, 관성력 등과 같은 여러가지 정, 동적 부하를 토크패턴으로 모델링하는 작업이 우선 이루어져야 한다. 그러나 여기서는 이에 대한 정확한 모델링에 앞서 임의의 토크패턴을 부하모터에 적용하여 타겟모터의 운동을 방해하는 부하로써 작용하게 하고, 이때 발생하는 타겟모터의 운동특성을 측정하여 본 실험장치의 유용성을 테스트하고자 하였다.

2. 토크패턴 적용을 위한 실험장치 설계

그림 1 은 설계된 실험장치의 개략도를 보여주고 있다. 실험장치는 타겟모터와 부하모터, 부하모터에서 가해진 토크를 측정할 수 있는 토크미터, 그리고 타겟모터의 회전오차를 측정할 수 있는 외부엔코더로 구성되어 있으며, 타겟모터와 토크미터는 타이밍벨트로 연결되어 있다. 타겟모터가 내장엔코더의 피드백을 받아 목표하는 속도로 회전하고 있는 가운데, 부하모터에 임의의 토크패턴을 적용하여 타겟모터의 회전을 방해하게 된다. 부하모터는 토크모드 방식의 개루프 상태로 제어되며, 이 때 가해진 토크는 중간에 연결된 토크미터(Onosoki, SS-500)를 이용하여 측정된다. 타겟모터에는 자체엔코더(131,072 cnts/rev) 외에 고분해능 엔코더(Heidenhain, RON905)를 외부 모터축에 장착하여 타겟모터의 속도변동을 보다 정밀하게 측정할 수 있게 하였다. 고분해능 엔코더는 외부체배박스를 이용하여 한 회전당 1,440,000 개의 펄스가 출력되며, 100 rpm 미만의 속도에서만 동작한다. 실험에 사용된 서보시스템은 Mechatolink 통신 기반의 Yaskawa Sigma II 로, 서보모터와 드라이브 모두 Yaskawa 사의 제품을 이용하였다.

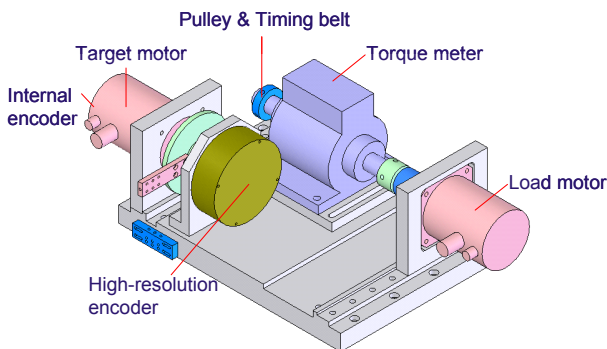


Fig. 1 CNC test unit using torque-patterns

3. 토크패턴에 따른 CNC 장치의 성능평가

대표적인 몇가지의 토크패턴에 대해 타겟모터의 속도변동특성을 실험하였다. 토크패턴은 실제 공작기계에서 발생하는 절삭력과, 마찰력 등을 고려하여 사각파와, 톱니파 및 이들의 중첩된 여러 형태로 구성하였다. 그림 2 는 실험장치의 사진을 보여주고 있다. 토크미터와 외장엔코더의 출력신호는 A/D 보드(Wavebook 516)을 이용하여 획득되며, 모터내부의 엔코더 신호는 서보시스템 자체의 프로그램을 이용하여 수집하였다.

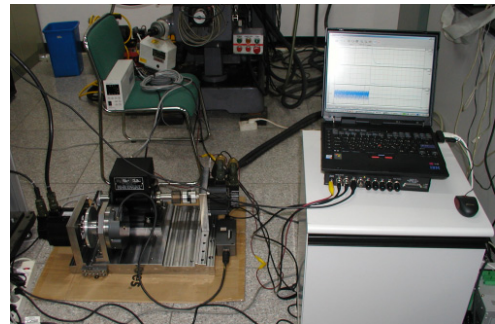


Fig. 2 Experimental setup

그림 3 은 사각파 형태의 토크패턴을 부하로써 적용한 경우에 측정된 토크미터의 토크값과, 타겟모터의 속도변동을 보여주고 있다. 토크부하의 입력치는 부하모터에 넣어 준 값을 제어기 프로그램상에서 획득한 결과이다.

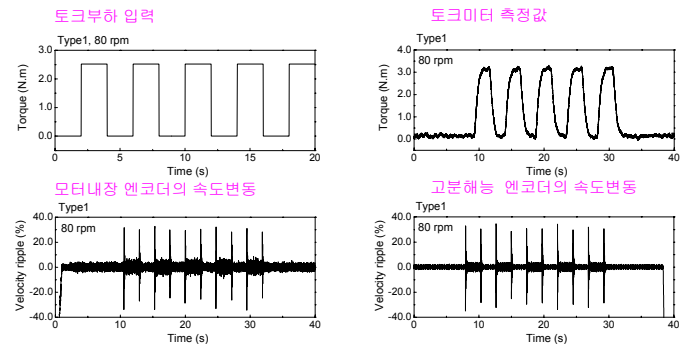
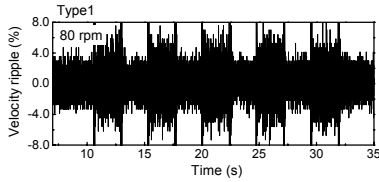
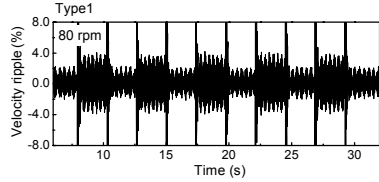


Fig. 3 Torque pattern 1 (80 rpm)

그림 4 에 나타난 확대된 속도변동 그래프를 보면, 고분해능 엔코더에서 보다 명확한 속도변동현상을 볼 수 있으며, 그 크기도 대략 50 % 정도 작은 것을 알 수 있다. 이는 모터내장 엔코더의 분해능이 고분해능 엔코더보다 약 11 배 정도 떨어지기 때문에 약간의 흔들림에 대해서도 크게 측정되었기 때문이다. 고분해능 엔코더의 속도변동을 기준으로 할때, 부하가 가해지기 전에는 대략 4 %의 변동을 보이다가, 부하가 가해지는 동안에는 7 % 정도로 증가하고 있으며, 이는 제어기의 게인 설정치에 따라 달라질 것이다. 또한 토크부하의 시작과 끝에서는 커다란 오버슈트 현상이 발생하고 있어 제어기의 현재설정 상태가 임팩트 충격에 약한 것을 확인할 수 있다.



(a) Motor internal encoder



(b) External high-resolution encoder
Fig. 4 Velocity fluctuation of target motor

그림 5는 같은 토크패턴을 이용하여 1200 rpm으로 고속 구동하는 타겟모터에 적용한 결과이며, 고분해능엔코더는 속도제한으로 인해 출력값이 나타나지 않고, 모터내장엔코더의 출력만 표시한 그래프이다. 80 rpm과는 다르게 속도변동값이 1% 미만으로 크게 줄어든 것을 알 수 있다. 이는 현재 설정된 게인이 저속보다는 고속구동에 알맞게 설정된 것과 더불어, 모터내장엔코더에 대한 샘플링 속도가 제어기 자체 메모리의 한계로 회전속도에 비해 상대적으로 작았기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 토크부하가 가해진 구간에서의 오차형태는 비슷한 것을 알 수 있다.

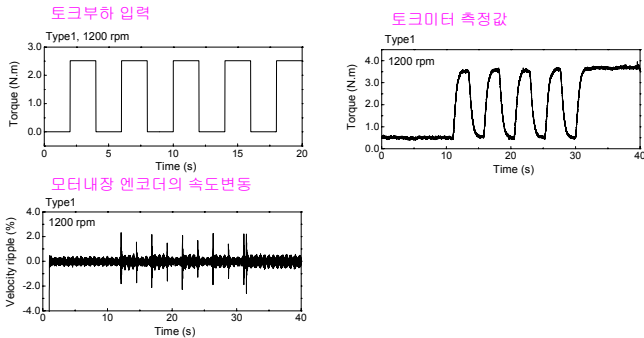


Fig. 5 Torque pattern 1 (1200 rpm)

그림 6~8에서는 다른 몇가지 부하토크패턴에 대한 타겟모터의 속도변동특성을 나타내었다. 모두 1% 정도의 속도변동특성을 보이고 있으며, 토크부하가 가해지는 동안에는 이보다 약간 큰 정도이나 비교적 목표로 하는 속도에 잘 추종하는 모습을 보이고 있다. 이러한 속도변동특성에는 CNC 장치와 드라이브의 게인설정치 및 응답특성에 따라 달라지므로, 위와 같은 결과를 모두 CNC 장치의 특성이라고는 단정짓기 힘들며, CNC 장치만의 성능평가를 위해서는 동일한 드라이브 하에서 다른 CNC 장치들을 연결하여 그 특성을 비교해봐야 할 것이다.

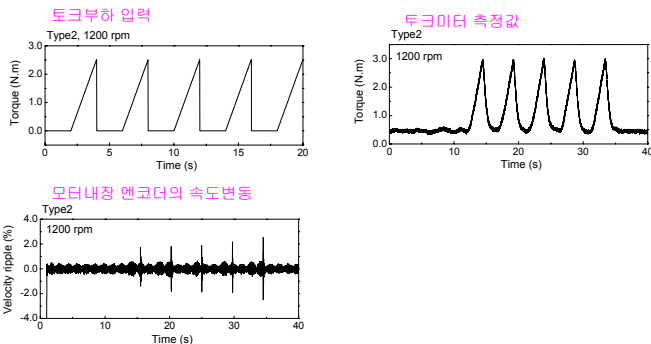


Fig. 6 Torque pattern 2 (1200 rpm)

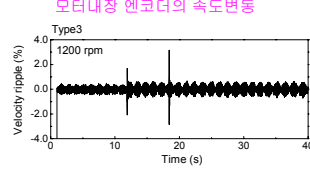
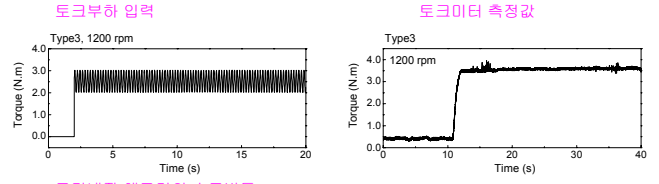


Fig. 7 Torque pattern 3 (1200 rpm)

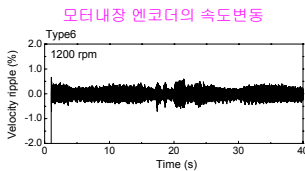
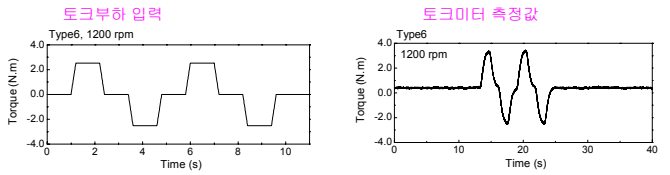


Fig. 8 Torque pattern 4 (1200 rpm)

4. 결론

공작기계 CNC 장치의 성능평가를 위하여 가장 기본적인 장치인 모터만을 이용하여 실제공작기계에서 발생하는 현상을 토크패턴을 통하여 가상의 부하로써 작용할 수 있는 실험장치를 설계, 제작하고, 그 가능성을 테스트하였다. 몇가지 토크패턴을 이용하여 실험한 결과, 설계된 실험장치는 CNC 장치의 성능평가를 위해 충분히 유용하게 사용될 수 있음을 알 수 있었다. 추후 공작기계에서 발생하는 실제현상을 토크패턴으로 정확히 모델링하는 작업을 통하여, 보다 효율적인 성능평가가 이루어질 수 있을 것이다.

참고문헌

- 이근철, "메카트로닉스를 위한 서보기술 입문," 기전연구사, 1994.