

핸드로봇에 사용되는 DC 모터의 속도 제어

황준식, 김성민
한양대학교

Speed Control of DC Motor used in hand robot

Junsik Hwang, Sungmin Kim
Hanyang University

ABSTRACT

산업기술의 정밀화, 자동화가 진행됨에 따라 로봇 산업이 발달하게 되고, 로봇에 주로 사용하는 DC 모터 제어의 성능이 더욱 중요해지고 있다. 로봇에 적용되는 소용량 DC 모터의 경우, 전기자 권선의 인덕턴스가 작고 저항이 상대적으로 크다. 저항이 상대적으로 큰 DC 모터의 경우 저항에 흐르는 전류에 의한 전압 강하 성분이 속도에 비례하는 역기전력(Back-EMF)에 비해 무시할 수 없고, PWM 전압에 의한 전류맥동이 커서 평균전류 샘플링이 어렵다. 본 논문에서는 DC 모터의 전기적 모델을 기반으로 속도 제어기의 출력 전압을 결정하는 방법을 제안하였다. 핸드 로봇에 제안된 방법을 적용하여 속도 제어기의 특성을 확인하였다.

1. 서론

산업기술의 정밀화, 자동화가 진행됨에 따라 로봇 산업이 발달하게 되고, 로봇의 정밀 작동을 위해 로봇에 주로 사용되는 DC 모터 제어의 중요성이 증가하고 있다.^[1] 로봇의 손가락에 사용되는 소용량 DC 모터의 경우 인덕턴스가 매우 작고, 역기전력의 크기에 비해 저항에 의한 전압 강하 성분을 무시할 수 없다.^[2] 따라서 PWM 전압 합성을 위한 스위칭 주파수에 동기된 샘플링 전류 값이 스위칭 주기 동안의 평균 전류로 사용되기 어렵기 때문에 전류 제어를 통한 전류 제어 시스템의 성능이 좋지 않다. 이러한 DC 모터의 속도를 제어하기 위해서 속도 제어기의 출력이 DC 모터의 입력 전압이 되도록 속도 제어기를 설계하게 되는데, 이때 일반적으로 DC 모터의 전기자 권선 저항을 무시하고, 속도와 제어기의 출력 전압이 비례하는 모델을 기반으로 한다. 그러나 저항에 흐르는 전류에 의한 전압 강하 성분이 속도에 비례하는 역기전력(Back-EMF)에 비해 무시할 수 없기 때문에 속도제어기의 성능을 저하시키게 된다. 본 논문에서는 저항에 의한 전압 강하 성분을 고려하여 이를 보상함으로써 속도 제어기의 성능을 향상시키는 방법을 제안한다.

2. 저항이 상대적으로 큰 DC모터의 속도 제어

2.1 기존 속도 제어 시스템과 Gain 계산

그림 1은 저항이 상대적으로 큰 시스템에서 사용하던 제어

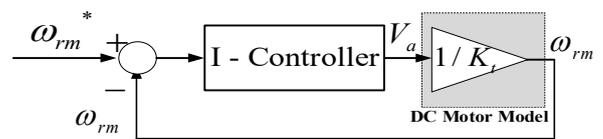


그림 1 기존 DC Motor 시스템의 제어기 구조

구조를 나타낸다. 샘플링 전류를 사용하기 어렵기 때문에 속도 제어기의 출력이 인버터의 출력 전압이 되도록 설계한다. 그림 1의 제어형태로 시스템을 구성할 경우 속도 제어기의 페루프 전달함수는 식(1)과 같으며, 페루프 속도 제어 성능을 원하는 대역폭으로 설계하기 위해서 식(2)와 같이 Gain값을 설계할 수 있다.

$$(1)$$

$$(2)$$

3. 저항의 전압강하 성분이 고려된 속도 제어기

3.1 시스템의 구현

기존의 전기자 권선의 저항에 의한 전압 강하 성분을 무시한 전동기 모델 기반 속도 제어기는 전동기의 전기자에 인가되는 전압과 속도가 비례한다는 가정으로 설계되었다. 그러나 전동기의 전기자 저항의 전압 강하 성분이 큰 경우, 이러한 제어기는 속도 오차를 발생시킨다. 본 논문에서는 속도 제어기의 출력이 토크가 되도록 속도 제어기를 설계하고, 토크 지령을 합성하기 위한 전류 지령으로 변환한 뒤, 다시 전동기의 제정수를 기반으로 전압 지령으로 변환하는 제어 구조를 제안한다. 그림 2는 제안된 제어 구조를 나타내고 있다.

3.2 속도제어기 Gain 계산

그림 2의 제안된 속도 제어기 구조에서 제어 Gain은 제어기를 포함한 페루프 전달함수를 통해 설계할 수 있다. 설계된 시스템의 전달함수는 식(3)과 같으며 페루프 전달함수가 2차 저역 통과 필터의 형태를 갖도록 설계하면 식(4)와 같이 속도제어기의 Gain이 결정된다.

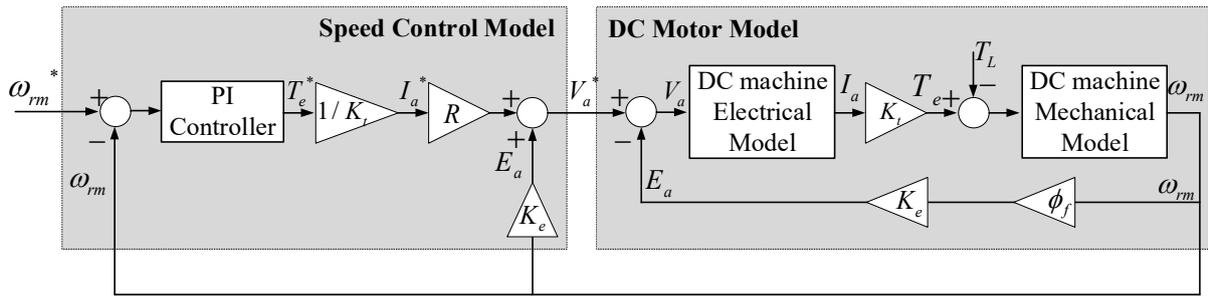
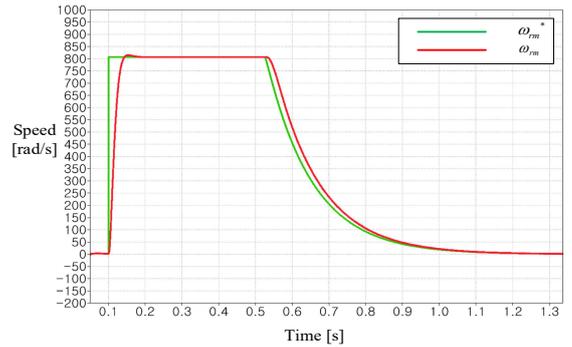


그림 2 저항의 전압강하 성분을 고려한 제어기 블록도



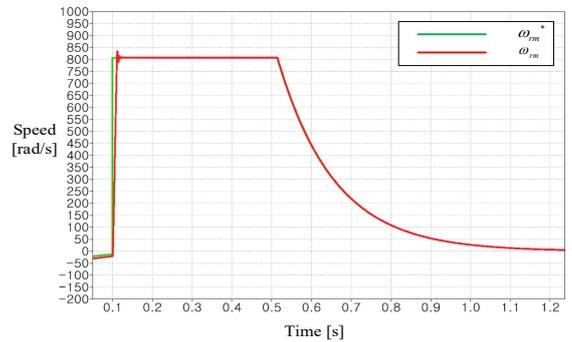
(3)

(4)

3. 시뮬레이션 결과

3.1 시뮬레이션 결과

제안된 방법의 타당성을 검증하기 위해 표1에 제시된 DC 모터에 대해서 시뮬레이션을 수행하였다. 그림3은 저항이 상대적으로 큰 DC 모터에서 사용하는 기존의 속도제어기의 스텝 응답을 도시한 것이다. 그림4는 제안된 제어기의 응답 특성이다. 기존의 제어기에 비해 향상된 과도 및 정상상태 응답을 확인할 수 있다.



	23.7 []		[mNm/A]
	118 []		[mNm/A]
	0.02 []		[rad/s]
	0.00000005		[V]
			[A]

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국 연구재단 - 바이오닉암 메카트로닉스 융합기술개발사업 (No. 2015M3C1B2052811)의 지원을 받아 수행되었음.

4. 결론

본 논문에서는 핸드로봇에 사용되는 소형 DC 모터의 속도 제어 성능 향상을 위해 모터의 전기적 모델을 적용한 속도 제어기의 구조를 제안하였다. 평균 전류 샘플링이 어려운 DC 모터의 전류 제어를 위해 전기적 모델을 통해 전류를 제어하였으며, 이를 통해 기존의 저항을 고려하지 않은 속도 제어 구조에 비해 속도 추종 성능이 개선되었음을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] T.Sonoda and I. Godler, Position and force control of a robotic finger with twisted string actuation, Proceedings of 2011 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM 2011), pp. 611-614, July 2011
- [2] Guoguang and Junji Furusho, Speed Control of Two-Inertia System by PI/PID, Published in IEEE Transaction on Industrial Electronics, Vol.47, No.3, pp. 603-609, June 2000