

다양한 서보 드라이버 개발용 시뮬레이터 개발

이인응, 장석명
충남대학교

Development Of A Simulator For Developing Various Servo Driver

Ineung Lee, Seokmyeong Jang
Chung-nam National University

Abstract - Most industrial robot can not load control box on their bodies because of robot's weight and volume. A robot is connected to its control box with cables. Complicated connections cause a lot of problems on transfer, management and operating robots. To get rid of those, Control module must be made the smallest size by using advanced electronic technology. This paper represents about how to simulate servo system inserting several parameter values that we ultimately want to achieve. Through simulating, we will be able to estimate the structure of desired servo system without any mistakes that can possibly occur on hardware work.

1. 서 론

전 세계적으로 많은 자동화 시스템이 소형화, 임베디드화 되고 있다. 그중 괄목할 만한 성장을 이룬 곳이 로봇 분야이다. 또한 좀 더 쾌적한 생활을 추구하고 3D 업종을 기피함에 따라 인간을 대신할 수 있는 로봇의 필요성은 커졌으며 작업환경이 열악하여 인간이 작업하기에 적합하지 않은 경우에는 로봇을 사용한 생산라인의 무인 자동화가 요구된다.

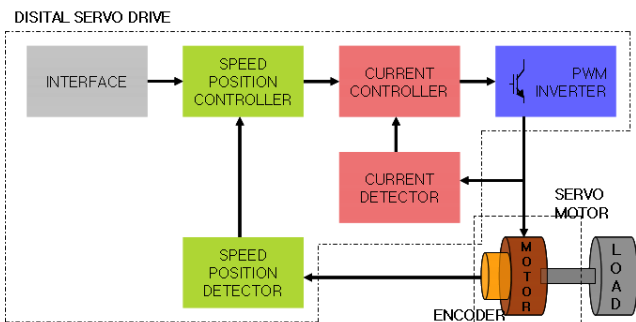
필드 로봇용 대표적인 액추에이터가 모터이다. 현재 모터는 필드에서 이동하는 로봇에 설치되므로 소형, 경량, 고출력, 고효율이 요구되며, 필드의 환경에 적합하도록 온도, 습도, 염분, 진동, 분진, EMI 등에 대한 고려가 필수적이다. 또한 고정도, 고성능의 필드로봇용 소형, 고출력의 대표적 모터가 AC 서보 모터이다. AC 서보모터는 내환경성과, 소형, 고출력, 정밀도를 만족하나 구동 드라이버 부분이 복잡하여 소형화 및 탑재가 어려웠다. 기존의 많은 산업용 로봇은 제어기의 복잡성, 모터의 정밀제어로 인한 각종 장치 불량과 부피의 증가로 인해 제어기를 로봇에 탑재하지 않고 케이블로 로봇과 제어기를 연결하여 케이블로 인한 여러 가지 문제점이 발생하였다.

본 연구에서는 로봇의 서보 제어기의 소형화를 위해 서보 드라이버를 수학적 해석을 통하여 시뮬레이션 함으로써 제작에 앞서 로봇에 필요한 응답속도와 출력 등의 파라메타를 예측, 개선시킬 수 있도록 하였다.

2. 본 론

2.1 전체 시스템 구성

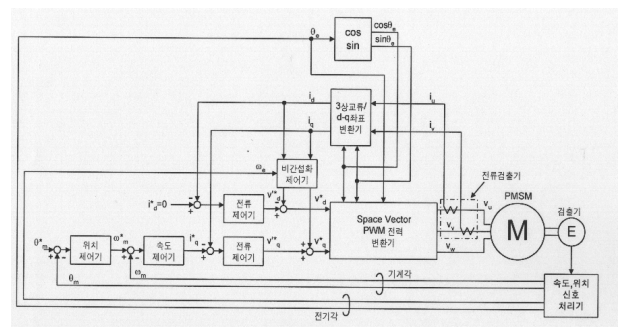
서보 시스템은 상위의 위치, 속도 또는 토크의 지령에 따라 고응답 특성을 지니며, 상위의 지령에 추종하는 특성을 가지도록 설계된 드라이브 및 모터 구동 시스템을 의미한다. 서보 시스템의 하드웨어 구성요소로는 (1)서보 전동기, (2)디지털 서보 제어기, (3)인버터 시스템, (4)엔코더로 구분될 수 있으며, 각각의 하드웨어적인 요소가 적합하게 구성될 때, 고정도 고응답 특성을 요구하는 응용분야에서 서보 시스템으로서 제 역할을 수행 할 수 있게 된다.



〈그림 1〉 서보 시스템 블록도

본 연구에서는 서보 시스템의 운전 특성에 중요한 영향을 미치는 각 구성 요소에 대한 수식적인 해석과 실제적인 모델링을 통하여 운전 특성을 분석하고 그 성능을 예측하기 위한 시뮬레이션을 하고자 한다.

2.2 제어기의 모델링 및 설계

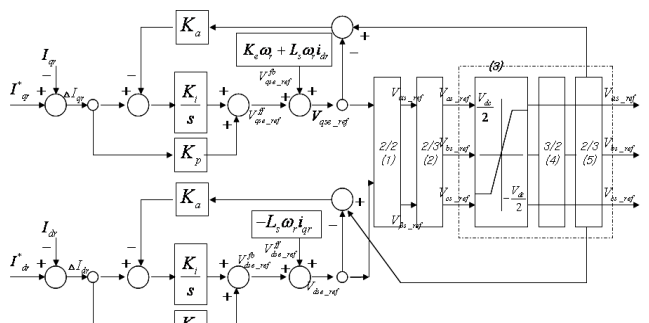


〈그림 2〉 PMSM 모터 제어기의 전체 구성도

본 연구의 AC 서보 드라이버는 영구 자석형 동기 전동기(PMSM) 구동을 위해 설계하였으며 제어 알고리즘은 그림 2와 같이 크게 전류제어기, 속도 제어기, 위치제어기로 구성된다. 전류 제어기는 PI 제어기, M-method와 저역필터를 사용한 속도검출, 검출된 3상전류의 d-method와 역기전력에 대한 비간섭 보상, 공간벡터 PWM 발생기로 구성되며 속도제어는 일반적인 PI제어기의 응답특성을 개선하기 위하여 2자유도 속도 제어기(PI-IP)를 이용하였으며 P제어기로 위치를 제어하였다.

2.2.1 전류 제어기의 모델링 및 설계

전류 제어기는 서보 전동기의 빠른 과도 응답특성을 위하여 지령 토크에 해당하는 토크를 발생하기 위하여 사용된다. 내부 제어 루프로서 동작하게 되며 PWM 인버터의 출력을 결정하는 전압 변조부와 지령 전류를 추종하기 위한 전류 제어루프로 구성된다.



〈그림 3〉 전류 제어기 블록도

순시 전압방정식은 전류에 의한 전압 성분과 두 축의 coupling 성분 및 역기전력에 의한 전압 보상성분으로 표현될 수 있다.

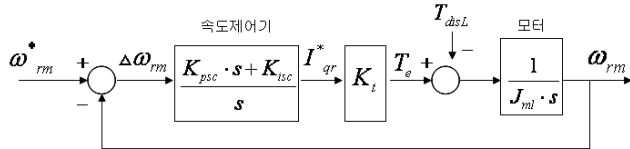
$$V_{qr}^* = K_p(I_{qr}^* - i_{qr}) + K_i \int (I_{qr}^* - i_{qr}) dt - L_s \omega_r i_{dr}$$

$$V_{dr}^* = K_p(I_{dr}^* - i_{dr}) + K_i \int (I_{dr}^* - i_{dr}) dt - L_s \omega_r i_{qr}$$

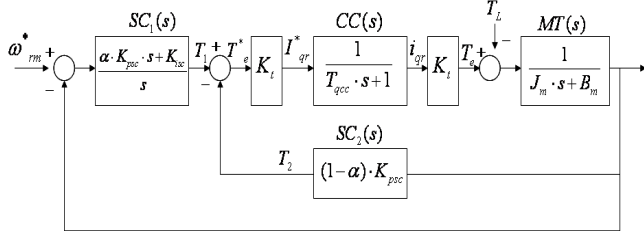
전류 제어기는 dr-qr축으로 표현된 전압 방정식의 해석으로부터 설계되며 그림 3으로부터 알 수 있듯이 dr-dq축 성분을 as-βs축 성분으로 좌표변환 하여 abc축 순시성분으로 좌표변환 하고 이를 실제 인버터가 출력할 수 있는 전압의 크기내로 제한하는 과변조 제한을 실행하여 다시 as-βs축 성분으로 변환하고 dr-dq성분으로 변환하여 이를 전류 제어기의 출력 값과 비교하여 Anti-wind up 제어기를 구성하도록 하였다.

2.2.2 속도 제어기의 모델링 및 설계

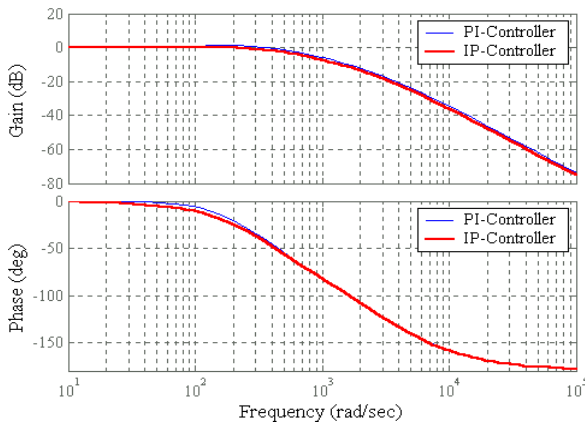
속도 제어기는 지령된 속도에 대하여 실제 서보 모터의 속도가 지령 속도를 추종하도록 지령 토크를 생성하는 역할을 수행하는데 일반적인 PI형 속도제어기에서 소보 모터의 응답 특성은 전류 제어기가 이상적이라고 가정할 경우 제어기의 이득에 의존적이다.



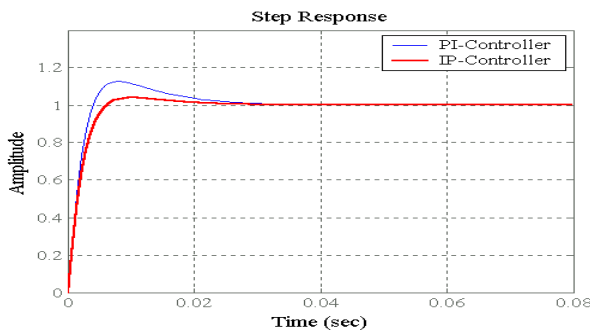
<그림 4> 일반적인 PI 제어기 블록도



<그림 5> PI-IP 속도 제어기 블록도



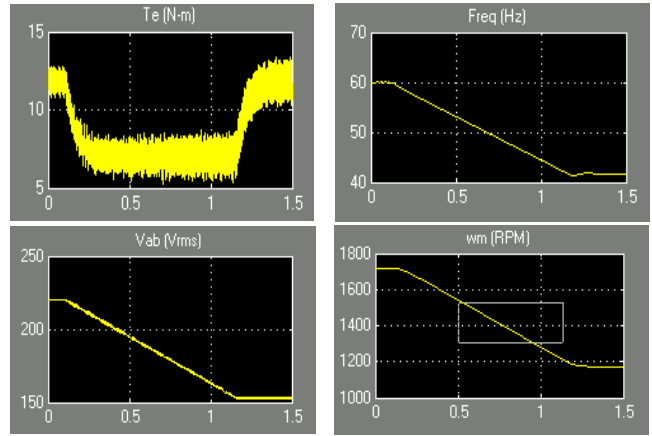
(a) 페루프 주파수 응답특성



(b) 스텝 응답특성

<그림 6> PI와 PI-IP 제어기 응답특성 비교

하지만 그림 5와 같이 PI-IP제어기는 α가 1인 경우에는 일반적인 PI제어기로 동작하고 α가 0인 경우에는 IP제어기로 동작하도록 설계되어 α 값에 따라 부하 시스템이 요구하는 특성에 적합한 응답성을 가지도록 조절할 수 있는 장점이 있다. 그림 6에서 알 수 있듯이 계수 α를 0.85로 하였을 경우 스텝 응답특성이 같은 이득의 PI 제어기에 비하여 오버슈트가 감소하는 안정적인 현상을 보이고 있다.

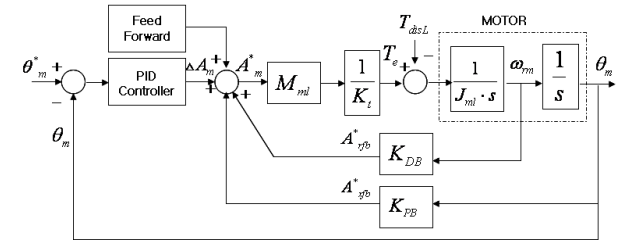


<그림 7> 속도제어 시뮬레이션 결과 그래프

초기값 1700rpm을 목표치 1200rpm으로 세팅하였을 때 그림 7에서 알 수 있듯이 1.3초 내로 그 1200rpm으로 수렴함을 알 수 있다.

2.2.3 위치 제어기의 모델링 및 설계

산업 시스템 전반에 적용되고 있는 PID제어기의 설계의 용이성, 적용의 편리함 및 적절한 제어 이득에 따른 우수한 제어특성을 장점으로 하여, PID제어기의 강인성과 속응성을 개선시키기 위한 방향으로 하여 아래 그림 8과 같이 설계 하였다.



<그림 8> PID 위치 제어기 블록도

속응성을 개선하기 위하여 내부의 속도 제어 루프 없이 직접 위치 제어를 구현하는 방식으로 위치 제어기의 제어량이 직접 전류 제어기에 전달되므로 속응성은 우수하지만 서보 모터의 내부 상태인 속도에 대한 피드백 제어가 이루어지지 않으므로 안정성이 감소한다는 단점이 있다.

3. 결 론

본 연구는 로봇의 서보 제어기의 소형화를 위해 서보 드라이버를 수학적 해석을 통하여 시뮬레이션 함으로써 제작에 앞서 로봇에 필요한 응답속도와 출력 등의 파라메타를 개선시킬 수 있도록 하기 위해 수행되었다. 현재 소프트웨어적 알고리즘이 계속 개선되고 있고 하드웨어 구성 이전에 테스트 할 수 있도록 시뮬레이션 시스템을 구현 해 본 것에 본 논문은 의의가 있다. 아직 미흡한 점이 많기 때문에 관련 자료 검색과 분석 및 연구 나아가서는 하드웨어적 구성까지 이루어져야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] Shimamoto A, Tanaka K, Development of a depth controlling nanoindentation tester with sunnanometer depth and submicro-newton load resolutions", Review of Scientific Instruments, Vol. 68, No. 9, 1997.
- [2] Masahito Kobayashi and Roberto Horowitz, "Track Seek Control for Hard Disk Dual-Stage Servo Systems", IEEE Transaction on magnetics, Vol. 37, No. 2, pp. 949-954, 2001.
- [3] Tamakawa Seiki, "TBL-i II series", data manual, pp 15, February 2002
- [4] 최지영, "고성능 DSP기반의 FA용 AC소보 시스템에 관한 연구", 조명전기설비학회, 제18권 제1호, PP 67-78, 2004
- [5] Marian P.Kazmierkowski, Luigi Malesani, "Current Control Techniques for Three-Phase Voltage-Source PWM Converter: A Survey", IEEE Trans. on electronics vol.45.no, pp.691-702, OCTOBER 1998