

3. 구동 시스템 모델

P.M 형 직류 전동기의 다이내믹스는

$$\begin{aligned} V_a &= R I_a + L \frac{dI_a}{dt} + V_b \\ V_b &= K_e \omega \\ T &= J \frac{d\omega}{dt} + B\omega + T_f \\ T &= K_t I_a \end{aligned} \quad (5)$$

슬라이딩 모드 제어기의 특성상 공정의 정확한 모델화가 불필요 하다. 따라서 전기적 시상수를 무시하여 다음과 같이 간략화된 모델을 얻는다.

$$\begin{aligned} X1 &= X2 \\ X2 &= -aX2 - bU + dF \\ X1 &= r - y ; \text{ 위치 오차} \\ X2 &= \dot{X1} ; \text{ 속도 오차} \\ a &= (K_t K_e + BR)/JR ; \\ b &= K_e/JR \quad dF = -T_f/J \end{aligned} \quad (6)$$

4. 슬라이딩 평면(Switching plane)의 결정

슬라이딩 모드에서 시스템의 궤적은 스위칭 평면 위로 제한 되어

$$\begin{aligned} S(X) &= 0 \\ S(\dot{X}) &= 0 \text{ 을 만족한다.} \\ \text{즉 } C1X1 + X2 &= 0 \end{aligned}$$

이에 따른 상태의 궤적은

$$X1(t) = X1(t_0) \exp(-C1(t-t_0)) \quad (7)$$

: t_0 는 스위칭 평면 도달 시간
따라서 원하는 과도 특성을 갖도록 S 를 결정한다.

5. 제어 이득의 결정

$$U(t) = f1 X1(t) + f2 X2(t) + M \text{sgn}(S)$$

$$\begin{aligned} f1 &= f1+ \quad SX1 > 0 \\ &= f1- \quad SX1 < 0 \\ f2 &= f2+ \quad SX1 > 0 \\ &= f2- \quad SX2 < 0 \end{aligned} \quad (8)$$

슬라이딩 모드의 필요 충분 조건 $SS < 0$ 으로부터

$$\begin{aligned} SS &= -S b f1 X1 + S(C1 - a - bf2) X2 - S b M \text{sgn}(S) + SdF < 0 \\ f1+ &> 0 & \text{if } SX1 > 0 \\ f1- &< 0 & \text{if } SX1 < 0 \\ f2+ &> (C1 - a)/b & \text{if } SX2 > 0 \\ f2- &< (C1 - a)/b & \text{if } SX2 < 0 \\ -S b M \text{sgn}(S) + SdF &< 0, \quad M > dF/b & \text{if } S > 0 \\ &M > -dF/b & \text{if } S < 0 \end{aligned} \quad (9)$$

일반적으로

$$f1+ = |f1| = f1, \quad f1- = -f1$$

매개 변수 변동을 고려하여 다음과 같은 입력 이득을 얻는다

$$\begin{aligned} f1 &> 0, \quad f22 > (C1 - a_{max})/b_{min} \\ M &> d_{Fmax}/b_{min} \text{sgn}(S) \end{aligned} \quad (10)$$

식 (8), (9), (10) 으로부터 제어입력을 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$\begin{aligned} U(t) &= (f11 |X1| + f22 |X2| + M) S/|S| \\ &= U_{max} \quad \text{if } U(t) < U_{max} \\ &= U_{max} \quad \text{if } U(t) > U_{max} \end{aligned} \quad (11)$$

$S/|S|$ 을 다음과 같이 놓으면

$$S/(|S| + d), \quad d : \text{small positive} \quad (12)$$

공정의 상태가 스위칭 평면 $S(X) = 0$ 에 근접함에 따라 제어 이득이 감소되는 효과를 얻는다. 공정의 건실성(robustness)을 고려하여 적절한 d 값을 선택함으로써, 제한된 범위에서 입력신호를 연속화 하게 된다.

즉

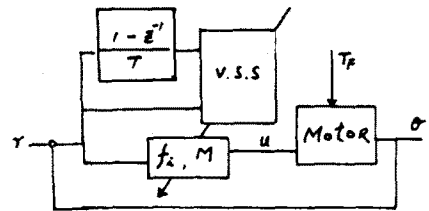
$$\begin{aligned} U(t) &= (f11 |X1| + f22 |X2| + M) S/(|S| + d) \\ &= U_{max} \quad \text{if } U(t) < U_{max} \\ &= U_{max} \quad \text{if } U(t) > U_{max} \end{aligned}$$

6. 시스템의 구성

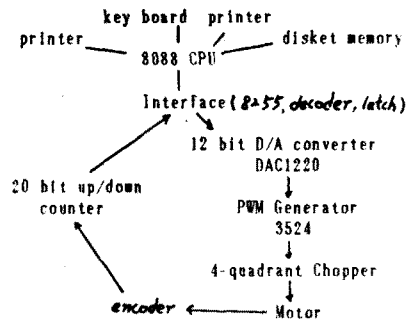
가변 구조 시스템의 블록도와 이의 하드웨어를 그림 2, 3 에 나타내었다.

제어는 C 언어로 수행되며 PWM 발생기 3524 는 12 bit D/A 컨버터로부터 신호를 받아 30 KHz의 변조 신호를 발생시킨다.

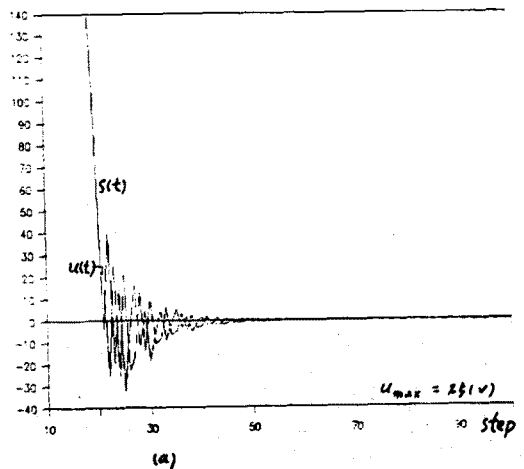
모터는 electro craft 0563-01-001 이며 분해능은 1000 / 회전이다. 샘플링 주기는 10msec로 하였으며, 그동안 들어오는 펄스 수를 고려하여 20 bit Up/down 카운터의 상위 16bit만으로 속도와 위치를 계산한다.



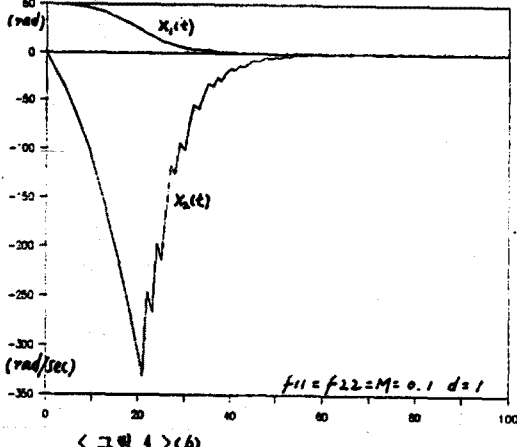
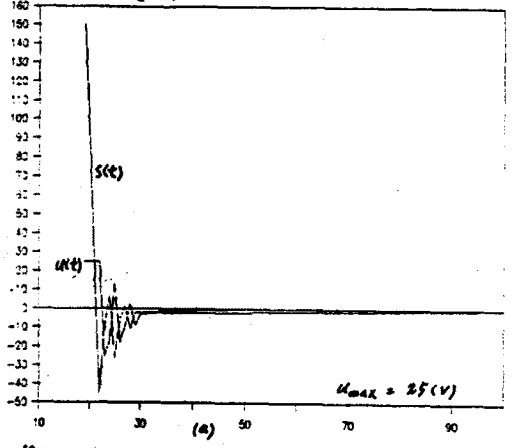
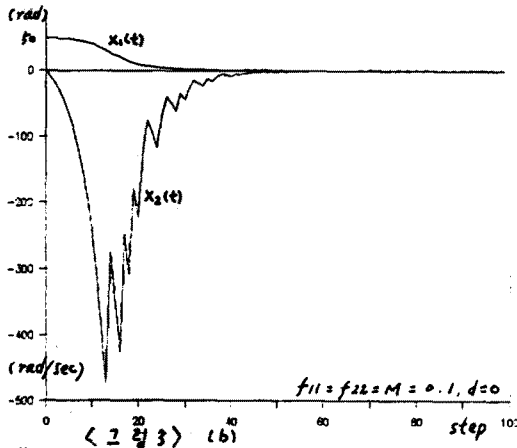
< 그림 2 > 가변 구조 시스템 계통도



< 그림 3 >



슬라이딩 모드에 의한 D.C 서보모터의 위치제어



< 그림 4 > (b)

참고문헌

1. U. Itkis, Control system of variable structure. John Wiley & Sons, New York, 1976.
2. V. I. Utkin, 'Variable structure systems with sliding modes,' IEEE Trans. on automat. Contr., vol. AC-22, NO. 2, pp212-222, Apr. 1977.
3. A. Balestrino, G. D. maria and A. S. Zinorber, 'Nonlinear adaptive model following control,' Automatica, vol. 20, NO-5, pp559-568, 1984.
4. H. Hashimoto, K. Maruyama and F. Harashima, 'A microprocessor-based Robot manipulator control with sliding mode,' IEEE Trans. on Ind. Electron., vol. IE-34, NO. 1, Feb. 1987.
5. C. Namuduri and P. C. Sen, 'A servo-control system using a self-controlled synchronous motor (SCSM) with sliding mode controller,' IEEE/IAS 1986 Annual meeting pp56-65.

7. 결론

슬라이딩 모드를 갖는 가변 구조 제어 기법을 도입하여 서보 모터의 위치 제어에 적용하였다. 공정의 파라미터를 정확히 알지 못해도 설계가 용이하며, 매개 변수 변수 변동이나 부하 변동등의 외란에 특히 강한 특성을 보인다. 알고리즘이 간단하여 수행 속도가 빠르며 오버슈트가 없는 신속한 응답특성을 보이므로 응답 속도가 빠른 회전 기기의 제어에 쉽게 응용 될 수 있다.