

최 희 역
박 귀 태
송 영 현
김 성 호*

고 령 대학교
전기공학과

1. 서 론

최근들어 마이크로 프로세서는 거의 모든 서보계통의 제어기로 사용되어지고 있으며 앞으로 더욱더 많이 사용될 전망이다. 위치제어는 산업분야에서 중요성을 더해가는 로봇에 사용되고 있다.

현재 서보전동기의 위치제어는 일반적으로 PID 알고리즘이 널리 사용되고 있으나 빠른 응답과 적은 오버슈트 및 정상상태 오차를 최소화 하는 이득을 구하는 것이 쉽지 않다. [1].

그러나 소련에서 발전되어온 가변구조계통(Variable Structure) 이론은 계통이 과도상태에서 동작할때 스위칭논리를 구성하여 이논리의 부호변화에 따라 계통의 구조를 변화시킴으로써 기존의 제어계통에서 얻을수 없는 빠른 응답과 적은 오버슈트 및 적은 정상상태오차를 가질수 있게 하여주며 특히 계통이 슬라이딩 모드에서 작동할때 계통의 파라미터변화 및 외부외란에 대하여 둔감한 특성을 나타낸다. [2].

따라서 본 연구는 마이크로프로세서를 사용한 직류 서보 전동기의 위치제어에 가변구조계통이론을 적용하여 보았다.

2. 가변구조 제어이론의

직류전동기에서의 적용.

그림1. 과같은 전형적인 위치제어를 위한 제어계통을 구성하면 다음과 같은 오차방정식을 얻을수 있게 된다.

$$\dot{x}_1 = \frac{a}{b} x_2$$

$$\dot{x}_2 = \frac{1}{\tau_m} (b \cdot K_p \cdot U - x_2) \dots\dots\dots (2.1)$$

여기서 $x_1 = a(\theta_m - \theta_{ref})$, $x_2 = b \cdot W$ 이며 a 는 로터시미터의 이득 [V/rad], b 는 타코미터의 이득 [V·sec/rad]이다.

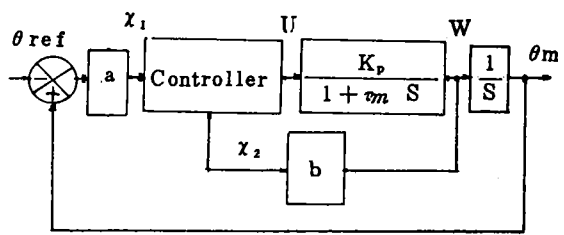


그림 1. 전형적인 폐환제어계통

가변구조 제어기는 어떤 스위칭논리에 따라 계통의 구조를 변화시키는 데 스위칭논리를 $x_1 \cdot \sigma(X)$ 의 부호변화로 생각하여보자.

여기서 $\sigma(X)$ 는 다음과 같이 정의한다.

$$\sigma(X) = C \cdot x_1 + x_2 \dots\dots\dots (2.2)$$

그리고 (2.1)식과 같이 표현되는 계통에서 입력이 다음과 같다고 생각하자.

$$U = \psi \cdot x_1 \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\psi = \begin{cases} \alpha & \text{if } x_1 \cdot \sigma(X) > 0 \\ \beta & \text{if } x_1 \cdot \sigma(X) < 0 \end{cases}$$

정해진 스위칭논리에 따라 제어입력 U의 구조를 바뀌움으로서 스위칭선 $\sigma(X)=0$ 의 양쪽에서 상태궤적의 진행방향이 이면면을 향하도록 하면 슬라이딩 모우선이 일어난다.

스위칭 평면 $\sigma(X)=0$ 에서 슬라이딩 모우선이 일어난 필요충분조건은 다음과 같다. [3]

$$\sigma \cdot \dot{\sigma} \leq 0 \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

(2.2)식의 양변을 미분하고 (2.1)식을 이용하면 다음과 같은 관계식을 얻을 수 있다.

$$\dot{\sigma}(X) = \left(\frac{a \cdot c}{b} - \frac{1}{\tau_m} \right) x_2 + \frac{b \cdot K_p \cdot \psi}{\tau_m} x_1 \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

스위칭선상에서는 $x_2 = -Cx_1$ 의 관계가 성립하므로 (2.5)식은 다음과 같이 된다.

$$\dot{\sigma}(X) = \left[-\frac{a \cdot c^2}{b} + \frac{c}{\tau_m} + \frac{b \cdot K_p \cdot \psi}{\tau_m} \right] x_1 \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

따라서 (2.4)식의 조건은 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$\left[-\frac{a}{b} C^2 + \frac{C}{\tau_m} + \frac{b \cdot K_p \cdot \psi}{\tau_m} \right] \cdot x_1 \cdot \sigma(X) < 0 \quad (2.7)$$

(2.7)식으로부터 ψ 는 다음의 조건을 만족하여야한다.

$$\psi = \begin{cases} \alpha < \epsilon & \text{if } x_1 \cdot \sigma(X) > 0 \\ \beta > \epsilon & \text{if } x_1 \cdot \sigma(X) < 0 \end{cases} \quad (2.8)$$

여기서 $\epsilon = \frac{\tau_m}{b \cdot K_p} \left(\frac{-C}{\tau_m} + \frac{a \cdot C^2}{b} \right)$

이상의 결과를 상태공간 내에서 도시

하면 그림2.와 같다.

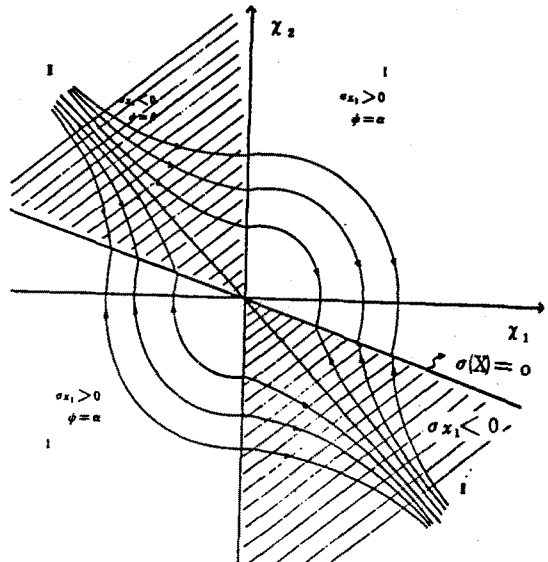


그림 2. 2차가변구조제의 상계적

영역 I에서는 스위칭 논리에 의하여 $\psi = \alpha$ 로 함으로써 상태는 스위칭선을 향하게 되고, 영역 II에서는 $\psi = \beta$ 로 함으로써 스위칭선을 향하게 되며 이와같은 스위칭을 계속하게 되면 상태는 결국 원점으로 가게된다. 이상의 내용을 블록선도로 나타내면 그림3.과 같다.

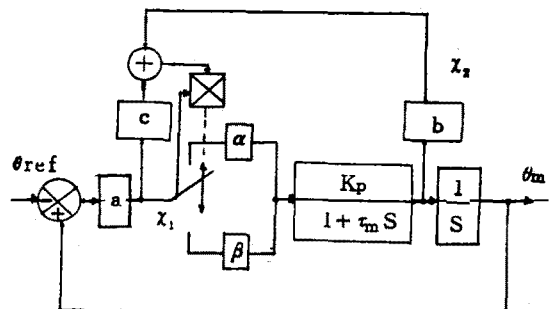


그림 3. 최적가변구조이론의 계통도

3. 실험 결과

전기자 제어방식의 타어자 직류 전동기 위치제어에 가변구조제어 이론을 적용하였다.

이 전동기는 정격출력 15W, 전기자 최대전압 24V, 정격전류 1.3A이다.

전체 계통은 6502 마이크로 프로세서, 트랜지스터 구동방식의 직류전동기, 타코미터, A/D 및 D/A 변환기로 구성되어 있으며 제어 알고리즘의 신호흐름선도는 그림4.와 같다.

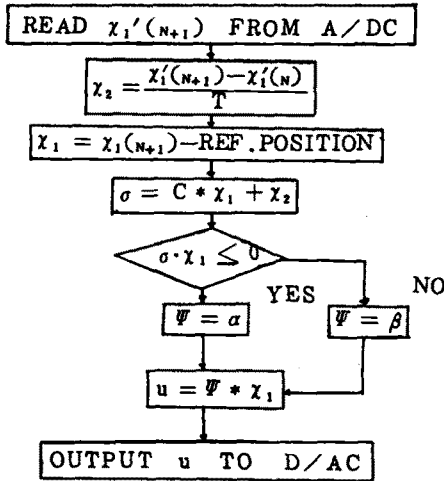


그림 4. 가변구조 알고리즘의 신호흐름선도

그림5.는 샘플링 시간이 30m·sec 이고 스위칭선의 기울기 C가 0.1인 경우의 응답이며 그림6.에 이의 상태궤적을 나타내었다.

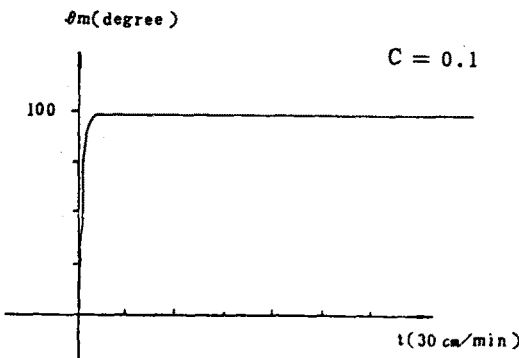


그림 5. 그림3. 와 같은 계통의 계단응답

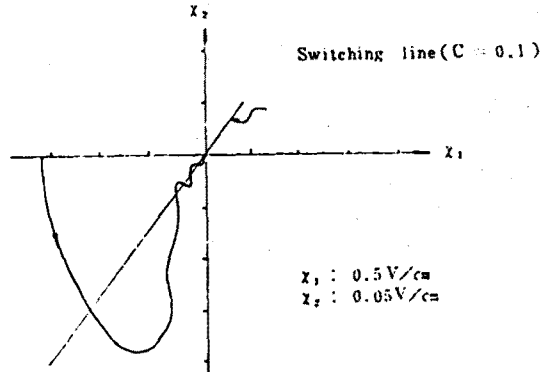


그림 6. 상태궤적

그림7.은 스위칭선의 기울기 C가 0.01인 경우의 응답이며 그림8.에 이의 상태공간에서의 상태궤적을 나타내었다.

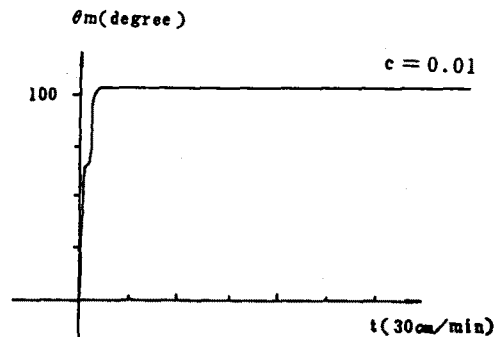


그림 7. 그림3. 와 같은 계통의 계단응답

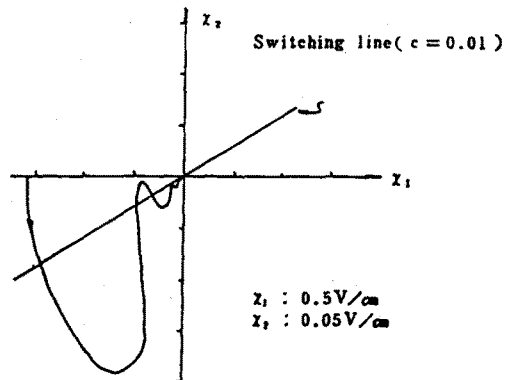


그림 8. 상태궤적

4. 결 론

기존의 상태궤환 위치제어보다 이득 α, β 를 구하는 과정이 간단하며 상태궤환시에 발생하기 쉬운 오버슈트가 생기지 않으면서 응답특성이 향상되었다. 이 이론이 가지고 있는 문제점 중 하나인 정상상태에서의 Chattering 문제 는 실험에 사용한 전동기의 dead band 때문에 발생하지는 않았으나 민감한 전동기를 제어할 경우 Chattering 을 없이는 쪽으로의 연구가 요구되어진다.

6.참 고 문 헌.

1. Bengiamin, N.N , " Variable Structure Position Control", IEEE. Trans. on AC.1984.
2. U. Itkin, "Control system Of Variable Structure," John wiley & Sons, 1976.
3. Vadim I. Utikin, "Variable Structure Systems: present and future," Plenum Publishing Corporation, 1984.
4. Utikin, V.I and Yang, K.D " Methods for constructing discontinuity planes in multi-dimensional VSS" ATOM & REMOTE CONTROL, 1977.
5. Wah-Chun Chan , " An Optimal Variable Structure Stabilizer for Power System Stabilization " IEEE. Trans. on Power Apparatus and Systems, 1983.
6. Yuan-Yih Hsu, "Optimal Variable structure Controller for DC Motor speed Control" IEE PROCEEDINGS, 1984.