

한소편컴퓨터에 의한 직류전동기적응조종실현의 한가지 방법

남광현, 지철

선행연구[3]에서는 ASPR(Almost Strictly Positive Real)조건을 만족시키지 않는 대상의 SAC(Simple Adaptive Control)설계에 대한 이론적연구를 진행하였으며 선행연구[4]에서는 미지시간지연과 아핀선형구조불확정성을 가진 공정에 대한 SAC설계를 진행하였다.

본문에서는 한소편컴퓨터에 의한 직류전동기의 속도조종을 위한 단순적응조종기와 직류전동기속도조종체계 설계문제를 제기하고 실현하였다.

1. 직류전동기의 속도조종을 위한 단순적응조종기설계

직류전동기의 전달함수는 다음과 같다.[1]

$$G(s) = \frac{1/C_e}{T_m T_e s^2 + T_m s + 1} \quad (1)$$

여기서 T_e 는 전자기적시정수, T_m 은 전기기계적시정수이다.

체계 (1)에 SAC설계법을 적용하자면 체계 (1)이 ASPR조건을 만족시켜야 한다. 그러나 이 대상에서는 ASPR조건이 만족되지 않으므로 먼저 ASPR설계를 진행하여야 한다.

이를 위해 체계 (1)에 다음과 같은 병렬정결합보상기(PFC: Parellel Feedforward Compensator)를 도입하자.

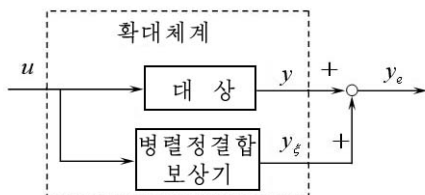


그림 1. PFC를 결합한 확대체계구성도

$$G_\xi(s) = \frac{\gamma}{s + \alpha} \quad (2)$$

PFC를 결합한 확대체계구성도는 그림 1과 같다.

이때 이러한 확대체계의 상태공간모형이 다음과 같이 주어진다고 하자.

$$\begin{cases} \dot{x}_e = A_e x_e + B_e u \\ y_e = C_e x_e \end{cases} \quad (3)$$

그러면 확대체계는 다음의 가정을 만족시킨다.

가정 1 체계 (3)은 거의 강정실 즉 다음의 전달함수행렬

$$\bar{W}_p(s) = C_e(sI - A_e - B_e k_e^* C_e)^{-1} B_e$$

가 어떤 상수행렬 k_e^* 에 의해 강정실(SPR)로 된다.

가정 2 행렬

$$M = \begin{bmatrix} A_e & B_e \\ C_e & 0 \end{bmatrix}, \quad |M| \neq 0$$

한편 체제 (3)의 전달함수는 다음과 같다.

$$G(s) = \frac{\beta\gamma s^2 + (\beta\gamma - b)s - b\alpha}{s^3 + (1 + \alpha - k_e^*\beta\gamma)s^2 + (\alpha - k_e^*\beta\gamma + k_e^*b)s + bk_e^*\alpha} \quad (4)$$

식 (4)에서 상대차수가 1이고 $\alpha > 1, \beta > 0, \gamma > 0, k_e^* < 0$ 인 적당한 $\alpha, \beta, \gamma, k_e^*$ 에 대하여 닫힌체제의 전달함수는 강정실함수로 되기때문에 체제 (4)는 가정 1을 만족시킨다. 또한 행렬 M 은 정칙행렬이므로 체제 (4)는 가정 2를 만족시킨다.

이러한 해석에 기초하여 단순적응조종기설계를 위한 m 차기준모형($m \leq 2$)을 다음과 같이 주자.

$$\begin{cases} \dot{x}_m = A_m x_m + B_m u_m \\ y_m = C_m x_m \end{cases}, \quad A_m \text{은 안정} \quad (5)$$

이때 이 기준모형의 출력은 다음의 조건을 만족시켜야 한다.

$$\lim_{t \rightarrow \infty} y_m(t) = y_r \quad (6)$$

우리의 조종목적은 다음의 식을 만족시키는 조종력 $u(t)$ 를 결정하는것이다.

$$\lim_{t \rightarrow \infty} e_y(t) = y_e(t) - y_m(t) = 0 \quad (7)$$

그런데 확대체제출력 $y_e(t)$ 는 대상출력 $y(t)$ 와 병렬정결합보상기의 출력 y_ξ 의 합으로 표시되므로 $e_y(t)$ 는

$$e_y(t) = y(t) - y_m(t) + y_\xi(t)$$

로 표시된다. 따라서 $y(t) \approx y_e(t)$ 가 되도록 설계상수 γ 를 작게 설정해야 한다.

한편 $y_m(t)$ 에 $y_e(t)$ 가 완전히 추종한 경우 즉

$$e_y(t) \equiv 0, \quad t \geq 0 \quad (8)$$

일 때 상태에 (*)을 붙인다면 식 (3)에 의해서 다음식이 성립한다.

$$\begin{cases} \dot{x}_e^* = A_e x_e^* + B_e u^* \\ y_e^* = C_e x_e^* = y_m \end{cases} \quad (9)$$

보조정리 기준모형의 입력 $u_m(t)$ 가 상수입력 u_m 인 경우 완전추종성조건 (8)이 만족된다면 리상조종력 $u^*(t)$ 에 대하여

$$u^*(t) = k_x^* x_m(t) + k_u^* u_m \quad (10)$$

의 관계를 만족시키는 상수벡토르 k_x^*, k_u^* 과 스칼라 k_a^* 이 존재한다.

정리 가정 1, 2를 만족시키는 확대체제 (4)에 대하여 조종목적 (7)을 만족시키는 적응조종기는 다음과 같이 구성된다.

$$u(t) = k_e(t)e_y(t) + k_x(t)x_m(t) + k_u(t)u_m \quad (11)$$

그리고 이때 파라미터적응법칙은 다음과 같이 결정된다.[2]

$$\begin{aligned} \dot{k}_e(t) &= -\beta_1 e_y^2(t) \\ \dot{k}_x(t) &= -\beta_2 x_m(t)e_y(t) \\ \dot{k}_u(t) &= -\beta_3 u_m(t)e_y(t) \end{aligned} \quad (12)$$

직류전동기 속도조종을 위한 단순적응조종기를 실현한 적응조종체계구성도는 그림 2와 같다.

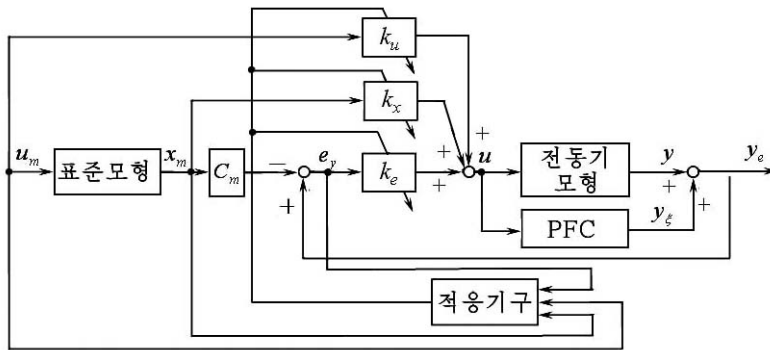


그림 2. 적응조종체계구성도

그림 3에 한소편컴퓨터 PIC16F877를 리용한 직류전동기속도조종체계구성도를 보여주었다.

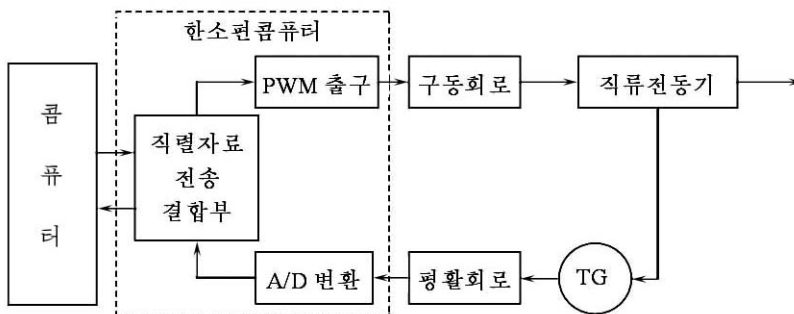


그림 3. 한소편컴퓨터를 리용한 직류전동기속도조종체계구성도

2. 실험결과 및 분석

실험에서는 적응파라미터를 $\beta_1=0.1$, $\beta_2=0.2$, $\beta_3=0.1$ 로 설정하고 $\gamma=0.001$, $T=2\text{ms}$, 설정값 $r=700\text{r/min}$, 허용오차를 2r/min 으로 주었다. 전동기에 측정불가능한 부하변동을 준 경우 PID조종알고리즘과 적응조종알고리즘에 의한 전동기속도곡선과 조종력곡선을 그림 4, 5에 보여주었다.

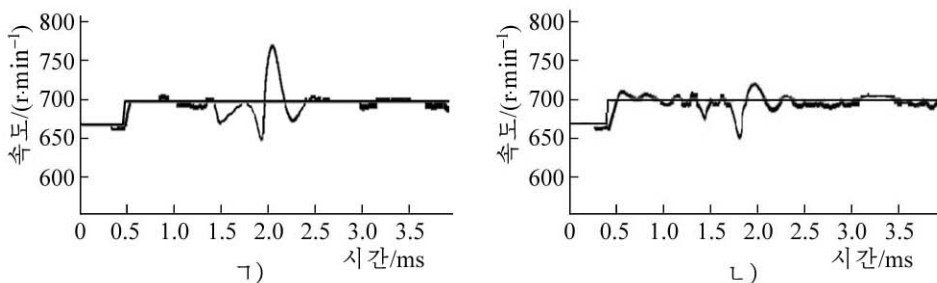


그림 4. 전동기속도곡선

ㄱ) PID조종, ㄴ) 적응조종

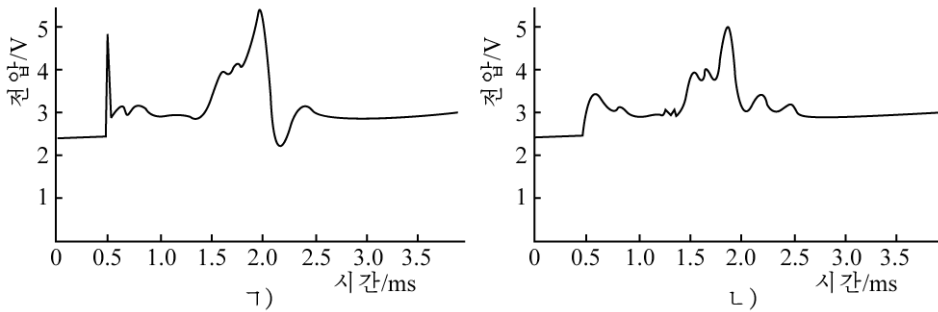


그림 5. 조종력곡선(가로축: 시간(ms), 세로축: 전압(V))
 ㄱ) PID조종, ㄴ) 적응조종

그림 4, 5에서 보는바와 같이 PID조종알고리즘을 리용하였을 때 과도시간은 100ms, 과대량은 50r/min이고 적응조종알고리즘을 리용하였을 때 과도시간은 40ms, 과대량은 15r/min이다.

맺 는 말

한소편 컴퓨터를 리용하여 직류전동기조종체계를 설계하고 미지의 섭동이 존재할 때 전동기속도가 목표값을 추종하도록 SAC설계법에 기초한 적응조종기설계의 한가지 방법을 제기하고 실험을 통하여 그 유효성을 검증하였다.

참 고 문 헌

- [1] 리덕중; 컴퓨터사보체계, 김일성종합대학출판사, 30~60, 주체95(2006).
- [2] 리준일; 적응조종, 고등교육도서출판사, 312~334, 주체97(2008).
- [3] M. Deng et al.; Control Theory and Applications, 18, 8, 40, 2001.
- [4] 安世奇; 等; Electric Machines and Control, 8, 3, 263, 2004.

주체103(2014)년 8월 5일 원고접수

A Method of Adaptive Control Realization of DC Motor using Single Chip Microcomputer

Nam Kwang Hyon, Ji Chol

We designed DC motor control system using single chip microcomputer and suggested a method of simple adaptive controller design using SAC design method when unknown disturbance exists, through experiment effectiveness of the proposed adaptive controller is certified.

Key words: simple adaptive control, disturbance, PFC(Parellel Feedforward Compensator)