

PID제어계를 위한 누적방지기법의 비교 A Comparative Study on Anti-windup Schemes for PID Control Systems

류지수 허학범** 박태건*** 이기상*

* 단국대학교 전기공학과(Tel : 82-02-709-2575; Fax : 82-02-795-8771 ; E-mail: keesang@dankook.ac.kr)
 ** 천안공업대학 제어체측과(Tel : 82-041-550-0281; Fax : 82-041-563-3689 ; E-mail: hbhur@dragon.cntc.ac.kr)
 ***충북과학대학 전자정보과(Tel : 82-043-730-6373; Fax : 82-051-243-9078 ; E-mail:taegeon@ctech.ac.kr)

Abstract : The anti-windup schemes developed so far are summarized and the similarities/differences of those schemes are discussed. The anti-windup schemes are applied to a DC servomotor control system with PID controller to perform comparative study and sensitivity analysis. Based on those results, some criteria for choosing anti-windup scheme are suggested. The results of this study provide a very useful guideline for selecting and designing the anti-windup scheme for various types of PID control systems.

Keywords : PID control, anti-windup,

1. 서 론

PID제어기의 효과적인 적용을 위해서는 고도의 제어성능을 보장해주는 이득조정 기법과 함께 능률적인 누적방지기구의 도입이 필수적이다. 이 중 이득조정기법은 응답의 패턴인식 기법, 릴레이 케환기법, 퍼지논리와 인공신경망을 도입한 조정기법이 지속적으로 연구 발표되고 있다 [1,2,8,9]. 적분동작과 구동장치의 제한으로 인해 발생하는 성능감퇴를 최소화하기 위한 대책인 누적방지기법도 이미 70년대부터 다양한 기법이 제안되었지만 PID제어기를 상품화한 각 사의 know-how로서 기본적 기술만이 공개되다가 최근에서야 폭넓은 연구가 시작되었다[3-7]. 따라서 이제까지 개발된 다양한 누적방지 기술의 성능비교 및 누적방지 기법의 선택기준 설정에 관한 연구는 매우 미흡한 실정이다. 본 연구의 목적은 PID제어계에 도입할 수 있는 다양한 누적방지 기법을 기술하고, 각 기법의 성능을 비교함으로써 현장기술자를 위한 누적방지기법 선택 기준을 제시함에 있다. 본 논문의 중요 고려사항의 하나는 누적방지기구를 도입한 PID제어계에서 구동기 이상이 발생한 경우 제어기 특성을 분석 비교함으로써 누적방지기법 선택시 구동기 이상에 의한 제어성능 감퇴를 고려할 수 있는 정보를 제공함에 있다.

2. PID제어계의 누적현상

PID제어는 아래 식으로 표현된다.

$$u(t) = K \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_d \frac{de(t)}{dt} \right) \quad (2-1)$$

여기서 $u(t)$ 는 제어기출력이고 e 는 제어오차이다. K , T_i , T_d 는 각각 비례이득, 적분시간, 미분시간이다. 모든 산업공정은 언제나 입력 변수에 대한 제약조건 즉, "입력제한"을 가지며 이로 인하여 공정입력이 순시적으로 제어기의 출력과 다르게 될 수 있다. 이러한 차이를 고려하지 않고 설계된 폐루프제어계는 심각한 제어성능의 감퇴를 초래하게되는데 이를 "누적현상"이라 하며 특히 PID와 같이 적분동작을 포함한 제어기를 도입한 제어계에서 심각한 문제를 발생시킨다. 누적현상을 해결하는 가장 기본적인 방법은 당초 제어기 설계시에 입력제한을 고려하는 것이지만, 이러한 제어기의 설계는 매우 어려운 제어기 설계이론을 이용해야할 뿐만 아니라 설계된 제어기도 매우 복잡하여 실현상의 문제점이 발생될 수도 있다. 따라서 일반적인 누적방지 대책은 비선형성 또는 구동기 포화를 고려하지 않고 제어기를 설계한 다음 이의 실현 단계에서 누적현상을 방지하기 위한 추가적인 궤환보상을 실시하는 것이며, 이를 "누적방지(anti-windup : AW)"라고 한다.

3. PID 제어계를 위한 누적방지 기법

누적방지 기술은 매우 다양하며 잘 알려진 몇 가지 기법으로는 설정치 제한 및 실현가능기준입력기법, 중분형 알고리즘, 조건부 적분, 추적형 누적방지기법, 조절형(conditioning)기법, 관측자기법 등이 있다. 본 논문에서는 추적형 누적방지기법, 제한적분법, 실현가능기준입력기법, 조절형기법, 관측자기법등을 고찰한다.

3.1. 추적형누적방지기법(Tracking Anti-Windup : TAW)

그림 3-1은 기본적인 추적형 누적방지기법의 구조이다[1].

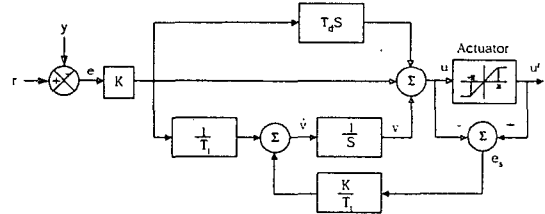


그림 3-1. 추적형 누적방지기구(TAW-A)를 포함한 PID제어기

이 기법의 기본개념은 제어기 출력과 구동기 출력의 차를 궤환하여 적분기의 입력을 감소시킴으로서 구동기의 포화를 방지하는 것이다. 그림 3-1의 구조(TAW-A)에서는 구동기 출력(u')을 측정하여 이를 제어기출력(u)와 비교하여 궤환신호를 발생하고 이득 $1/T_i$ 를 곱해 적분기에 투입한다. 포화가 없는 경우에는 편차신호가 영이므로 제어기의 정상적인 동작에 하등의 영향을 주지 않는다. 구동기가 포화되면 영이 아닌 편차신호가 발생하여 누적방지기구가 동작하여 적분기입력을 감소시킨다. 이 경우 결과적인 PID제어기의 표현식은 다음과 같다.

$$\dot{v} = \frac{K}{T_i} e + \frac{1}{T_i} (u' - u) \quad (3-1a)$$

$$u = v + Ke - KT_d \dot{y} \quad (3-1b)$$

여기서 v 는 적분기 출력이며 기준입력을 일정치로 가정함으로써 $\dot{e} = -\dot{y}$ 를 도입하였다. 추적 시정수(T_i)는 일반적으로 미분시간(T_d)보다 크고 적분시간(T_i)보다 작게 선정한다. 그림 3-2(TAW B)는 구동기 출력의 측정이 불가능하거나 측정경비가 큰 경우에 효과적인 누적방지 실현기법으로 이 구조에서는 구동기 출력을 측정하는 대신 구동기 모델을 도입하여 그 출력을 추정한다