

## 원료평량기의 모형화와 최량PID조종기설계의 한가지 방법

리국철, 허일건

경애하는 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《세멘트공장들과 건설용강재를 생산하는 단위들에서 현존생산공정을 개건완비하고 설비를 만부하로 돌려 질 좋은 세멘트와 강재를 품종별, 규격별로 생산보장하여야 합니다.》

선행연구[1]에서는 LMI를 리용하여 최량PID조종기를 구하는 방법을 제기하였는데 계산효율은 높지만 풀이에 대한 추가적인 제한조건이 강한것으로 하여 조종기가 보수성을 가지게 된다. 그리고 선행연구[2]에서는 다항식안정화방법을 리용하여 파라미터조정을 진행하였는데 알고리즘이 복잡하고 계산효율이 높지 못한 결함을 가지고있다. 이로부터 논문에서는 선행연구[3]에서 제안된 평가규준을 최소화하는 PID조종기설계의 한가지 방법을 제안하고 그것을 평량기조종체계에 적용하여 유효성을 검증하였다.

### 1. 원료평량기의 모형화

원료평량기의 구조는 그림 1과 같다.

원료평량기는 2개의 진동기 즉 원료공급기와 부림기로 이루어져있다. 2개의 진동기의 구조와 원리는 꼭 같고 다만 출력만이 차이난데 공급기의 출력이 크다. 논문에서 취급한 평량공정에는 이러한 평량기가 5대(각각 석회석, 석고, 석탄, 점토, 철광석용) 있는데 매 평량기에서 부리워진 원료가 1개의 벨트에 떨어져 초벌 혼합되어 분쇄공정으로 넘어간다.

이때 중요한것은 매 부림기가 부리는 원료를 정확히 조절하여 원료배합비를 맞추며 개별적인 부림기들의 속도를 조절하여 원료가 가능한껏 골고루 섞이도록 하는것이다. 그런데 공급기는 다만 평량봉켈에 일정한 량(원료)의 원료를 채우는 역할을 하므로 배합정확도에는 영향을 주지 않으므로 원료평량기에서 중요한 역할을 하는것은 부림기이다. 여기로부터 평량기조종체계를 구성하면 그림 2와 같다.

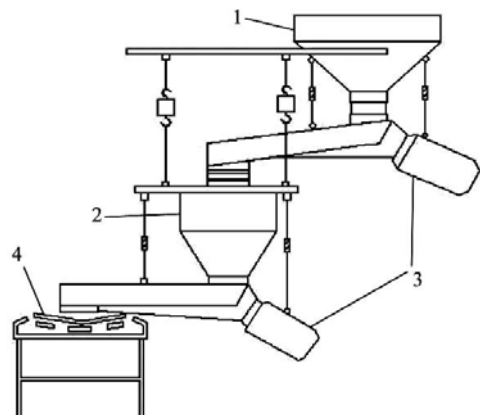


그림 1. 원료평량기의 구조  
1-공급기봉켈, 2-부림기봉켈,  
3-전자기식진동기, 4-벨트

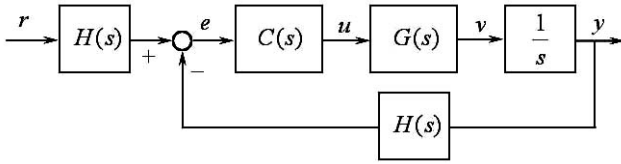


그림 2. 평량기조종체계의 구성도

220V/60Hz의 공업전원전압을 조절하여 진폭을 조절하게 설계되어있다. 이때 계단형입력에 대한 출력응답을 얻어서 동정을 진행하여 얻은 진동기의 모형은 다음과 같다.

$$G(s) = \frac{3.3}{0.03s + 1}$$

이 모형에서 입력은 진동기에 가해지는 전압이고 출력은 원료의 부림속도이다.

역시 동정실험을 통하여 얻은 무계수감부의 전달함수는

$$H(s) = \frac{1}{4.33s + 1}$$

이다. 식에서 보는바와 같이 수감부가 관성특성을 가지므로 그것을 목표값려파기로 리용함으로써 조종편차를 줄이도록 조종체계를 구성하였다.

조종기는 PID조종기로서 전달함수는 다음과 같다.

$$C(s) = K_p + \frac{1}{T_i s} + T_d s \quad (1)$$

여기서  $K_p$ 는 비례결수,  $T_i$ 는 적분시정수,  $T_d$ 는 미분시정수이다.

우리는 그림 2의 체계에 대하여

$$J = \int_0^{\infty} (r(t) - y(t)) dt \quad (2)$$

를 최소화하는 조종기 (1)을 설계하는것을 목적으로 한다.

## 2. 최량PID조종기의 설계

선행연구[3]에서는 조종기와 조종대상의 계차모형을 얻어가지고 비선형최량화문제의 근사값풀이를 얻어내었다. 이것은 대상이 1차체계인 경우이지만 여기서 취급하는 문제에서의 대상은 3차이므로 그것의 계차모형유도 및 풀이과정이 대단히 복잡해진다. 그러므로 우에서 언급한 최량PID조종기를 설계하기 위하여 MATLAB 최량화도구함의 lsqnonlin함수와 simulink의 런동으로 최량파라미터를 결정하였다. 그림 3에 그를 위한 체계의 구성도를 보여주었다.

그림 3의 체계에 따라 lsqnonlin함수를 리용하여 모의과정에 실시간적으로 얻어진 최량PID결수들은 다음과 같다.

$$K_p = 0.6300, K_i = 0.0504, K_d = 1.9688$$

한편 그림 3의 닫힌체계에 대한 계단응답특성은 그림 4와 같다.

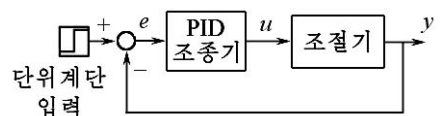


그림 3. 최량파라미터결정 및 모의를 위한 체계구성도

그림 4에서 보는것처럼 논문에서 제안한 방법으로 설계된 조종체계가 선행연구[1]의 방법으로 설계한 조종체계보다 좋은 응답성능을 가진다는것을 알수 있다.

### 맺 는 말

원료평량기의 모형화방법과 오차2제곱적분 평가기준을 최소화하는 최량PID조종기를 설계하기 위한 한가지 효과적인 방법을 제안하고 모의실험을 통하여 그 유효성을 검증하였다.

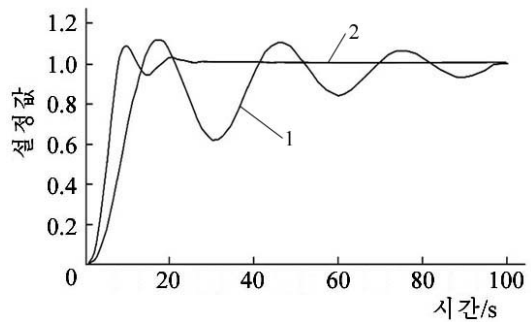


그림 4. 닫힌체계의 단위계단응답

1-선행방법, 2-제안한 방법

### 참 고 문 헌

- [1] Q. G. Wang; PID Control for Multivariable Processes, Springer, 167~190, 2008.
- [2] M. T. Ho; Automatica, 39, 1069, 2003.
- [3] 冯少辉; 华东理工大学学报, 31, 4, 495, 2005.

주체103(2014)년 10월 5일 원고접수

## A Method of Modeling for Material Feeder and Design of the Optimal PID Controller

*Ri Kuk Chol, Ho Il Gon*

We proposed a modeling method of material weighting feeder and a effective design method of optimal PID controller that minimize the ISE(integral squared error). And availability of the proposed methods is verified by simulation.

Key words: material weighting feeder, optimal PID controller, ISE