

## 역류식추출공정에 대한 속도형PID조절기설계의 한가지 방법

장 현 수

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《모든 생산단위에서는 사회적으로동을 절약하고 생산의 효과성을 높이며 인민생활을 향상시키고 대외무역을 발전시키는데서 제품의 질을 높이는것이 가지는 중요성을 옳게 인식하고 과학적인 품질관리질서를 철저히 세워 제품의 질을 결정적으로 높여야 합니다.》(《김정일선집》증보판 제15권 68페이지)

고려약엑스생산에서의 품질조종문제는 고려약엑스의 생산량과 질제고를 위한 원료분석문제와 최량생산지표를 설정하기 위한 문제라고 볼수 있다.[2, 3]

엑스의 생산량을 높이기 위하여서는 원료의 수분 및 엑스분분석이 필요하고 질을 높이기 위해서는 원료의 유효성분을 분석하여야 한다.

선행연구[1]에서는 이러한 분석된 자료에 기초하여 추출액의 농도 및 엑스생산량을 예측하고 그에 따르는 분당 원료량과 추출액온도, 용매량과 추출시간을 결정하였다.

논문에서는 결정된 분당 원료량과 추출액온도, 용매량과 추출시간을 목표값으로 하는 사보조종문제를 설정하고 그를 위한 속도형PID조절기설계의 한가지 방법을 제안하였다.

우선 엑스생산에서 중요한 공정의 하나인 역류식추출공정의 컴퓨터조종체계를 구성하였는데 체계는 크게 두 부분 즉 상위조종기와 하위조종기로 구성되어있다. 상위조종기는 전체 조종체계의 핵심부분으로서 이미 구축된 학습자료기지에 근거하여 주어진 원료에 따라 추출액의 농도가 최대로 되도록 용매류량, 추출액온도, 각 전동기들의 속도값을 설정해주는 역할을 수행한다.

하위조종기는 조종체계의 말단으로서 기본수행부분이며 용매류량PID조절기, 추출온도PID조절기로 구성되어있다. 용매류량PID조절기는 상위조종기에서 설정한 류량설정값에 따라 조종을 진행한다. 추출온도PID조절기도 상위조종기가 설정해주는 추출온도설정값에 따라 조종을 진행한다.

다음 역류식추출공정에 대한 속도형PID조절기를 설계하였다.

역류식추출공정에서 추출액의 농도는 여러가지 인자들의 파라미터변동 및 불확정성의 영향을 받는다. 다시말하여 추출액의 농도는 같은 품종의 원료에 대해서도 채취시기, 수분함량, 보관조건, 보관기일에 따르는 약용성분함량의 변화, 원료의 압착정도 및 절단크기 등의 영향을 받는다.

역류식추출공정에서의 기본생산목적은 추출액의 농도를 최량으로 하면서 추출시간을 최소한 줄이는것이다.

이 목적을 달성하기 위해서는 추출액의 농도변화에 관계되는 여러 인자들을 변화시키면서 추출조건에 따르는 엑스와 유효성분거듭됨률을 분석하여야 한다. 추출액의 농도변화에 관계되는 인자로서는 추출시간과 추출액온도, 고액비를 들수 있다.

론문에서는 실험자료에 기초하여 역류식추출공정에서의 조종대상을 추출액온도와 류량, 추출액농도로 정하고 그것들의 설정값을  $T_r = 89^\circ\text{C}$ ,  $F_r = 2\text{L/min}$  으로 정하였다. 여기서  $T_r$ 는 설정온도,  $F_r$ 는 설정류량이다.

설정류량을  $2\text{L/min}$ 으로 정한것은 추출공정과 농축공정간의 호상맞물림을 원만히 보장하기 위해서이다.

조종목적을 달성하기 위해 우선 역류식추출공정에서 류량과 온도조종에 관해서는 외란이나 섭동이 거의 없으나 지연을 가진 대상이므로 적분포화현상을 극복하기 위하여 용매전동발브와 증기전동발브에 속도형PID조절기를 적용하였다.

수자식속도형PID조절기는 다음과 같다.

$$u_i(k) = u_i(k-1) + \Delta u_i(k)$$

$$\Delta u_i(k) = g_{0i}e_i(k) + g_{1i}e_i(k-1) + g_{2i}e_i(k-2)$$

여기서

$$g_{0i} = K_{P_i} + K_{I_i}T + \frac{K_{D_i}}{T}, \quad g_{1i} = -\left(K_{P_i} + \frac{2K_{D_i}}{T}\right), \quad g_{2i} = \frac{K_{D_i}}{T} \quad (i=1, 2, T: \text{표본화주기})$$

이며  $e_1(k)$ 는 류량추종오차로서  $e_1(k) = F_r - F(k)$  ( $F(k)$ :  $k$ 시각의 류량)이다. 또한  $e_2(k)$ 는 온도추종오차로서  $e_2(k) = T_r - T(k)$  ( $T(k)$ :  $k$ 시각의 온도)이다.

다음으로 전동기들의 설정주파수를 정하기 위하여 추출시간과 설정주파수간의 관계식을 구하였다.

원료가 공급되어서부터 찌끼로 나갈 때까지의 총 추출시간은 다음과 같다.

$$t = \frac{L_2}{28u_2n_2l_2} + \frac{L_3}{28u_3n_3l_3}$$

여기서  $n_2$ 는 수직부전동기감속비,  $n_3$ 는 경사부전동기감속비,  $u_2$ 는 수직부전동기설정주파수,  $u_3$ 는 경사부전동기설정주파수이다. 또한 수직, 경사전동기들의 주파수비는 운전조작상 1:1.3이며  $L_2$ 는 수직부높이,  $L_3$ 는 경사부길이,  $l_2$ 는 수직스크류날개간격,  $l_3$ 는 경사스크류날개간격이다.

매 전동기들의 설정주파수는 옷식에 의하여 다음과 같이 구해진다.

$$u_2 = \frac{L_2}{28 \times t \times n_2 \times l_2} + \frac{L_3}{28 \times 1.3 \times t \times n_3 \times l_3}$$

$$u_3 = 1.3 \times u_2$$

여기서  $t = 60\text{min}$ 이다.

실험을 위해 큰 지연을 가진 조종대상의 특성에 맞게 과도응답법으로 PID조절기의 결수들을 다음과 같이 설정하였다.

$$T = 0.5\text{s}, K_{P_1} = 1.2, K_{D_1} = 0.8, K_{I_1} = 2.1$$

$$K_{P_2} = 1.6, K_{D_2} = 0.5, K_{I_2} = 2.7$$

여기에 기초하여 현장실험을 진행한 결과는 그림과 같다.

그림에서 보는바와 같이 류량조절기의 과도시간은 15s이고 정상오차는 0.01L/min이다. 또한 추출액의 온도는 비교적 안정한 값을 유지하고있다는것을 알수 있다.

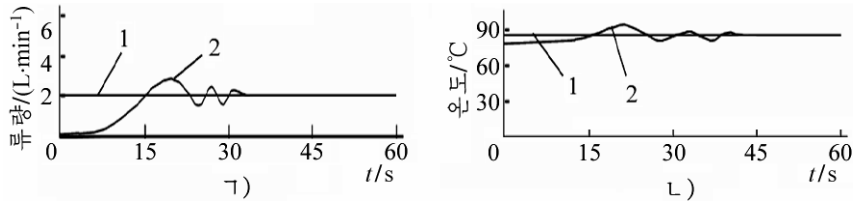


그림. 현장실험측정그래프

1) 류량측정값: 1-설정류량, 2-측정류량,

2) 온도측정값: 1-설정온도, 2-측정온도

## 맺는 말

고려약엑스생산의 질제고를 위한 역류식추출공정에서의 속도형PID조절기를 설계하는 한가지 방법을 제안하고 실험을 통하여 그 유효성을 검증하였다.

## 참고 문헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 60, 1, 50, 주체103(2014).
- [2] 리현광 등; 약품GMP인증기술, 김일성종합대학출판사, 58~65, 주체95(2006).
- [3] R. K. Sharma et al.; Journal of Advanced Pharmacy Education & Research, 2, 120, 2011.

주체105(2016)년 10월 5일 원고접수

## A Design Method of the Speed Type PID Controller on the Back Flow Way Extracting Process

Jang Hyon Su

We proposed a method that designs the speed type PID controller in the back flow way extracting process for raising the quality of traditional medicines extract production and verified its effectiveness through the practice.

Key words: PID, extracting process