

분리기의 송풍기 구동 시스템 개발에 관한 연구

정종호*, 임수생**, 이은웅**, 문재연^U, 최재영**
 서초전자공고*, 충남대**, 한국담배인삼공사⁰

The study on developed driving system for blower of separator

Jong-Ho Jeong*, Su-Saeng Lim**, Eun-Woong Lee**, Je-yeon Mun^U, Je-yung Choi**
 Seocho Electronics Technical High School*, ChungNam National University**, KT&G⁰

Abstract - This paper presents very simple driving system for blower of separator. The system be driven by V/F control. The load of the system have hardly variation during steady state, because of fan load. We have studied about the property of the fan load in order to develop driving system for blower of separator. This study can get reduction of energy, high separation rate of a raw of tobacco and high quality.

1. 서 론

일반적으로 팬을 이용하는 송풍기나 펌프는 부하의 토크 특성이 속도의 2제곱에 비례하여 변하고 출력은 속도비의 3제곱에 비례한다. 이렇게 팬을 이용한 부하들은 정상상태 운전에서 급격한 부하변동이 적기 때문에 간단한 구동장치로 구동성능을 향상시킬 수 있을 뿐만아니라 에너지 절감효과와 그 응용에 관련된 제품의 품질향상을 꾀할 수 있다.[1]

잎담배의 원료 가공공정 중에는 주맥과 엽육을 분리하는 공정이 있다. 이 공정은 네단계의 분리공정을 거치되도록 되어 있으며 되도록 첫번째 단계와 두번째 단계에서 분리를 높임으로서 잎담배원료 품질을 높일 수 있다. 분리공정에서 범용 인버터와 VS전동기를 사용하여 일정한 속도로 운전하면서 풍량을 조절하기 위해 댐퍼를 사용하고 있다. 댐퍼를 사용하여 풍량을 조절하는 방법은 인버터 사용에 따른 에너지 절감효과를 떨어뜨릴 뿐만 아니라 풍량을 계량화하여 분리를 높이기 위해 적절한 풍량을 조절하는 것도 어렵게 한다. 따라서, 댐퍼를 사용하지 않고 송풍기의 부하특성을 분석하고 잎담배의 품종과 등급에 따른 특성을 고려하여 유도전동기를 가변속제어하여 풍량을 조절할 수 있다면, 잎담배의 주맥과 엽육의 분리를 높임으로써 원료의 품질을 향상시킬 수 있다. 본 연구에서는 분리를 향상시키고 에너지 효율을 높이기 위해 송풍기의 부하특성에 대해서 검토하여 구동 시스템을 구현하였다. 분리기의 송풍기는 정상상태 운전만을 고려하면 되므로 구동시스템은 유도전동기의 평균 전류를 제어하는 V/F제어를 사용하였다. V/F제어는 시스템의 구현이 간단하고 설치비용이 저렴하여 순시제어를 요구하지 않는 제어시스템에 널리 이용되고 있다.

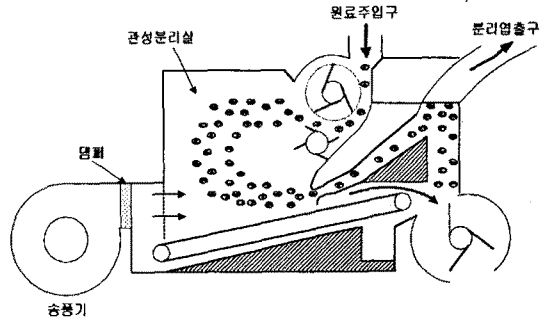


그림 1. 기존의 분리기의 송풍기 구동장치

2. 송풍기의 가변속제어 이론

송풍기에서의 풍량은 송풍기를 구동하는 전동기의 속도에 비례하므로 전동기를 가변속 제어함으로써 풍량을 제어할 수 있다. 유도전동기의 회전속도는 전원주파수와 극수에 의해 결정되기 때문에 전원주파수를 변화시키면 전동기의 가변속 운전이 가능해진다. 그러나, 주파수의 변화에 따라 전동기 내부 임피던스가 변하므로 주파수만을 가변할 경우 약역자로 인한 부족토크나 과역자로 인한 자기 포화 등을 일으켜 전동기의 역률이나 효율을 크게 저하시킨다.[2][3] V/F제어는 주파수를 인버터 출력전압과 일정한 비가 되도록 제어하므로써 전동기 자속을 일정하게 유지하여 효율이나 역률을 저하시키지 않고 광범위한 가변속운전이 가능하다. 유도전동기의 정상상태 특성은 그림 2의 T형 등가회로를 이용하여 구할 수 있다. 전동기는 포화되지 않는 것으로 가정하고 V/F형 인버터로 전동기 전원을 인가할 때 전동기의 고정자 유기전압과 여자 주파수의 관계는 식(1)과 같다.

$$E = K_e \omega_e \sqrt{\omega_e} \quad (1)$$

E는 전동기의 상전압과 고정자 저항 전압강하의 차이이며, K_e 는 정격주파수에서 고정자에 유기된 전압의 정격 전압을 선택하기 위한 상수이고 ω_e 는 인가전원의 각 주파수이다.

전동기에서 발생하는 토크와 고정자 전류는 식(1)의 전압-주파수 제한 조건을 가지는 그림 2의 상당 등가회로로부터 식(2), 식(3)와 같이 구해진다.

$$T = 3 \frac{P}{2} \frac{\omega_s r_r \left(\frac{L_m}{L_s} \right)^2}{(\omega_s \sigma L_r)^2 + r_r^2} \left(\frac{E}{\omega_e} \right)^2 \quad (2)$$

$$I_s = \frac{\omega_s \sqrt{\left(\frac{r_r L_m^2}{L_s} \right) + \left(\frac{r_r^2}{\omega_s} + \omega_s \sigma L_r^2 \right)^2}}{[(\omega_s \sigma L_r)^2 + r_r^2] L_s} \left(\frac{E}{\omega_e} \right) \quad (3)$$

단, $\sigma = \frac{L_r L_s - L_m^2}{L_r L_s}$, $L_s = L_{lr} + L_m$, $L_r = L_{lr} + L_m$

전동기에서 발생하는 토크는 슬립주파수가 일정하고, 전동기 파라미터가 변하지 않는다면, 전원주파수에 비례한다.

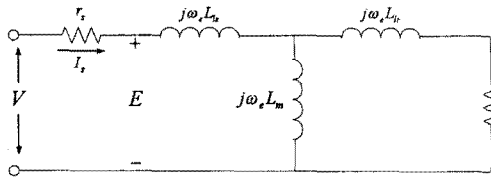


그림 2. 3상 유도전동기의 1상당 등가회로

3. 실험 및 실험 결과

분리기에 사용되는 송풍기를 가변속 제어하기 위해서는 송풍기의 부하특성을 먼저 검토해야 한다. 일반적으로 송풍기는 팬 부하특성과 같은 것으로 취급한다. 팬 부하들은 팬의 날개 형상에 따라 그 부하특성이 상당히 달라지지만 다음과 같은 팬법칙을 따른다.[4]

$$CFM_2 = CFM_1 \times \frac{N_2}{N_1} \quad (4)$$

$$SP_2 = SP_1 \times \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2 \quad (5)$$

$$HP_2 = HP_1 \times \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^3 \quad (6)$$

식(4)~식(6)에서 CFM은 체적흐름비, SP는 정압(static pressure), HP는 출력을 의미한다.

또한, N_1 은 현재 운전점에서의 회전속도를 N_2 는 새로운 운전점에서의 회전속도이다. 팬법칙 식(4)에서 회전수의 변화에 따라 공기의 체적비가 변화함을 알 수 있다.

V/F제어를 통해서 가변속 제어를 하기 위해 표 1과 같

은 전동기에 그림 3과 같은 전압-주파수 패턴을 가지는 전원을 인가했을 때의 속도-출력곡선은 그림 4이고 속도-토크곡선은 그림 5이다.

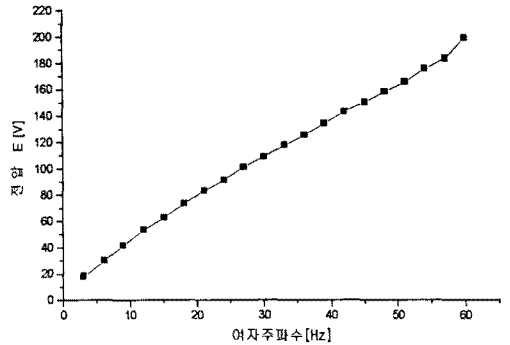


그림 3. 전압E와 여자주파수 ω_e 와의 관계

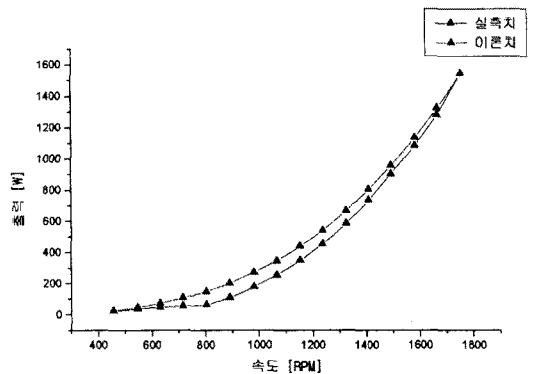


그림 4. 속도-출력 곡선

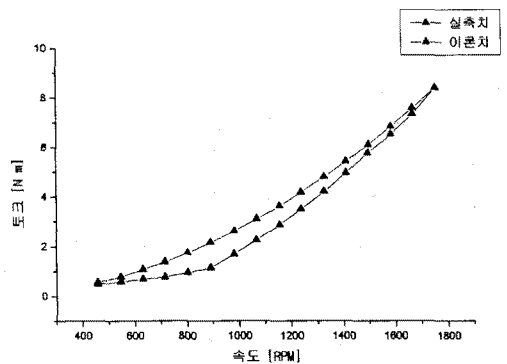


그림 5. 속도-토크 곡선

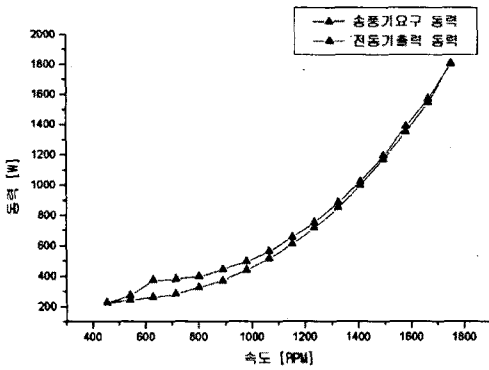


그림 6. 송풍기요구동력-전동기 출력의 관계

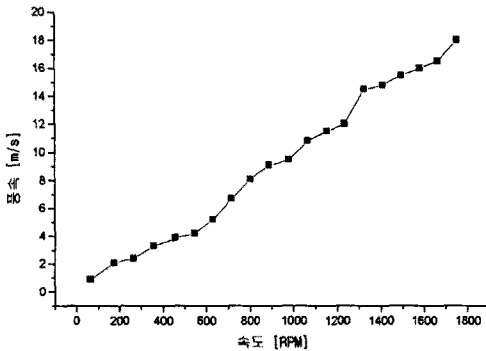


그림 7. 속도-풍속 곡선

표1. 전동기 상수

3상, 60Hz, 4극, 2.2kW, 220[V], 8[A]	
$r_s = 0.7\Omega$	$L_k = 0.00299H$
$r_r = 0.8\Omega$	$L_{lr} = 0.00299H$
$L_m = 0.270H$	

송풍기의 부하특성은 송풍기의 날개형상 뿐만 아니라 덕트의 형상에도 많은 영향을 받는다. 이 실험에서 사용한 송풍기의 날개 형상은 시로코 타입이고, 송풍기 No. $1\frac{1}{2}$ 이다. 또한, 송풍기의 출구 덕트는 사각덕트를 사용하였다. 풍량의 측정을 위해 마노미터를 이용하여 풍속을 측정하였다. 송풍기의 특성값은 정압에 대한 풍량과 회전수, 출력의 관계로 나타낸다. 그림 6은 송풍기 회전수에 요구되는 축동력과 전동기의 출력의 관계를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 송풍기가 요구하는 동력은 전동기를 가변속 제어함으로써 잘 추종하고 있음을 알 수 있다. 풍속의 변화를 통해서 풍량의 변화를 그림 7과 같음을 알 수 있다. 그림에서 제시된 풍속으로 적용된 덕트의 단면적에 따라 풍량을 계산해 낼 수 있다. 하지만,

덕트 내의 위치에 따라 풍속에 차이가 있으므로 덕트의 중심부로부터 십자형으로 여러 곳을 측정할수록 측정의 정밀도를 높일 수 있다. 또한, 부하의 변화에 따라 일정한 풍량을 유지하기 위해서는 정압과 풍량의 관계도 면밀히 검토해야 한다.

4. 결 론

제안된 송풍기 구동 시스템은 송풍기를 가변속 제어함으로써 기존의 분리가 가지고 있는 문제점인 풍량을 계량화하여 분리율을 높임으로써 담배원료의 품질향상에 기여할 것으로 기대된다. 또한, 기존의 댐퍼 사용에 비해 에너지 절감효과도 향상될 것이다. 앞으로 다른 형상의 팬을 사용한 경우와 팬 부하의 특성에 따른 V/F 패턴의 개발이 과제로 남아있다.

[참 고 문 헌]

- (1) (株)安川電機製作所, "인버터드라이브 技術", 1990
- (2) B.K.Bose, "Power Electronics And AC Drives", 1986
- (3) Sheng-Ming Yang, "A constant air flow rate control of blower for residential applications", IEEE, IA-34, No.2, 1998
- (4) Laboratory Methods of Testing Fans for Rating, AMCA Standard 210, 1985