

# 에인권취식 자동 수평커튼 개폐시스템 개발

## Development of Cable Driven Roll Type Automatic Horizontal Curtain Drive System

전종길\*    최광재\*    윤진하\*    이기명\*\*  
정회원    정회원    정회원    정회원  
J.K.Jeun    K.J.Choi    J.H.Yun    G.M.Lee

### 1. 서론

온실에서 사용되고 있는 관행에인식 수평커튼은 건었을 때, 커튼에 의해서 생기는 그늘면적이 커서 온실내 입사광이 감소되므로 그늘이 생기는 곳에서는 작물생육과 수량에 많은 지장을 초래하고 있다. 온실내 커튼 및 곡부에 의한 그늘발생면적이 재배면적의 25% 정도이며 그에 따른 수량 감소는 약 20%임이 김 등(1994)에 의해 조사되었다. 한편, 권취식 커튼은 권취축 자체가 이동 회전하면서 커튼을 감는 구조이므로 축이 휘어져서 생기는 고장이 많고 수리조차도 어려운 실정이다. 또한, 온실내는 고온다습한 환경이어서 인력으로 작업하기에는 난점이 많으며, 커튼, 축창 등을 개폐하는 것이 번거로울 뿐 아니라, 재배경험이 풍부하지 못한 농민일 경우 개폐시기를 적절하게 맞추지 못하는 문제점이 있다. 대형온실에서 온도센서만을 이용하여 커튼을 자동 개폐시킬 경우 드럼에 예인선이 영키는 경우가 있는데 이때에도 설정온도에 따라 개폐모터가 계속 작동하여 커튼이 찢어지거나 구조물이 파손되는 경우가 있다.

따라서 본 연구에서는 이와같은 문제점을 감안하여 사용농민으로 하여금 커튼개폐를 쉽게 하고 그늘면적을 최소화시켜 작물생육 및 수확량을 향상시킬 수 있는 개폐시스템을 개발하는데 그 목표를 두었다.

### 2. 재료 및 방법

#### 가. 시작기 제작

에인권취식 자동 수평커튼 개폐시스템은 센서부, 컨트롤러, 개폐모터, 권취부, 예인부 및 커튼으로 크게 구성되며, 메라본 Q2080UW 커튼을 개폐할 수 있는 주제어장치는 TUR-F8680, A/D변환기는 PCL-711S, 온도센서는 PT100Ω, 광센서는 CdS였고 C프로그램으로 장치를 제어할 수 있도록 하였다. 온실내부 조도 및 온도값을 읽어들이는 광센서와 온도센서를 통하여 센서값과 설정값을 비교하여 제어하는 컨트롤러 부분과 커튼을 감아주는 권취축과 예인선을 감아주는 예인축과 드럼, 예인축과 권취축을 구동시키는 모터, 커튼의 처짐을 받쳐주는 받침선과 그 위로 이동되는 상부 수평커튼과 양쪽 가장자리 받침선을 따라 이동되는 측면커튼과 권취축 및 예인축이 휘어지는 것을 방지하는 축베어링등을 구비한 장치로 구성된다.

시설원에 재배 농민이 원하는 조도 및 온도설정값을 컨트롤러상의 입력키를 통해 설정하면, 컨트롤러에서는 현재 조도 및 온도값과 설정값을 비교하여 릴레이에 의해 모터를

\* 농촌진흥청 농업기계화연구소.

\*\* 경북대학교 농업기계공학과

구동하여 커튼을 개폐하게 된다. 컨트롤러에서 모터 회전속도를 커튼 감김회수에 따라 달라지도록 자동으로 조절되게 하였으며, 광(조도)과 온도관리의 범위를 A, B, C와 X, Y, Z 범위로 나누어 광센서와 온도센서의 조합에 의해 현재 센서에서 출력되는 신호값과 설정값을 비교하여 P, Q, W중 어느 범위에 속하는 것인가를 판단하여 각 단계별로 제어방법이 다르게 구성하였다. 시작기의 개략도를 Fig.1~5에 나타내었다.

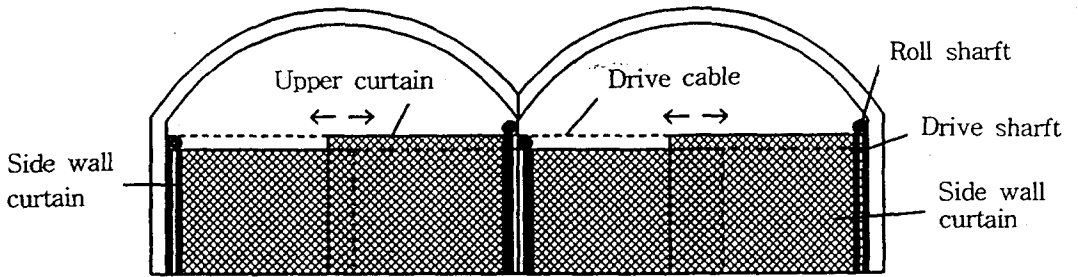


Fig. 1 Side view of curtain system stalled in 1-2W greenhouse

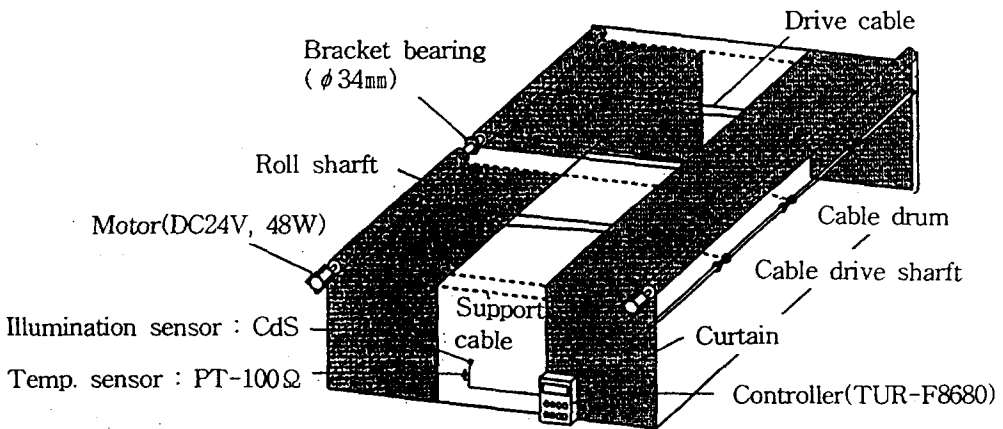


Fig. 2 Cable driven roll type curtain system

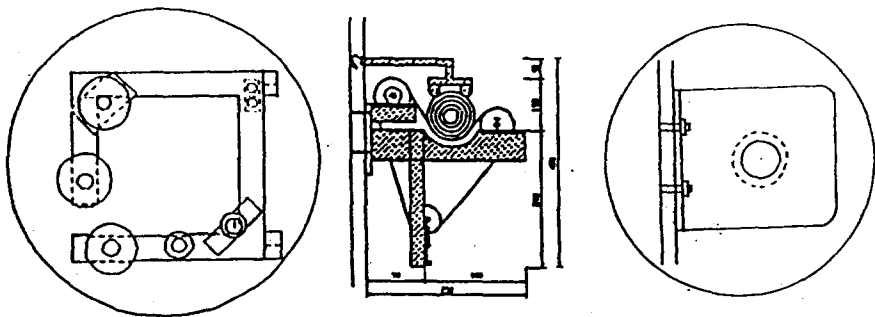


Fig. 3 Support roller type Fig. 4 Timing belt type Fig. 5 Sharft support type

Fig.6은 본 커튼개폐 자동제어시스템 컨트롤러의 입출력 블록도이다. 예인권취식 자동수평커튼개폐장치에서 실내에 설치된 조도 및 온도센서의 신호는 증폭기에 의해 증폭되고 이 아날로그 전기신호는 A/D변환기에 의해 디지털값으로 변환된다. 연산 및 제어부에서 커튼개폐작업 프로그램에 기억된 프로그램기억장치(ROM)와 센서의 신호를 연산 제어하는 장치, 그리고 연산된 제어신호를 기억하는 데이터 기억장치(RAM)에 의해 연산하여 제어신호를 출력부로 보낸다. 디지털신호값은 아날로그로 변환되며 출력부에서 모터의 회전속도 제어 회로에 의하여 커튼을 개폐하는 릴레이를 제어하므로써 예인축과 권취축 모터를 구동하게 된다.

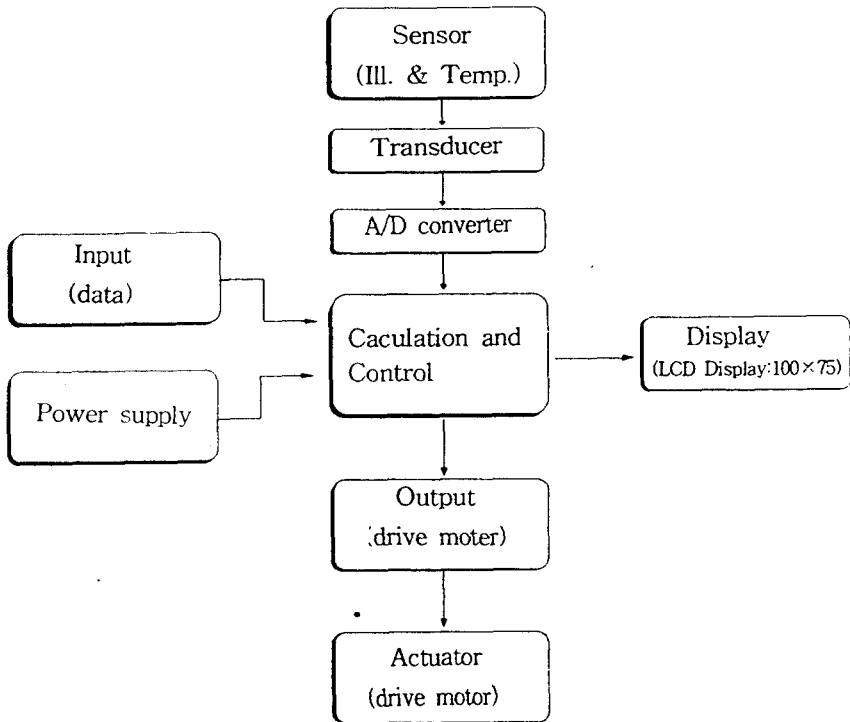


Fig. 6 Block diagram of curtain control system

커튼 열림시에는 권취축 모터는 시계 방향, 오른쪽 상부 권취축 모터는 반시계 방향으로 회전하여 커튼을 감게 되고, 동시에 예인축 모터는 반시계 방향으로 회전하여 드럼에 감긴 예인선을 풀어 주게 된다. 이때 권취축은 커튼이 감김에 따라 축의 직경이 줄어들자, 예인축의 드럼은 나선형 홈과 같이 되어 있어 예인선이 감기어도 포개어지지 않으므로 드럼 직경은 일정하다. 따라서 예인축은 일정하게 회전하고, 권취축은 커튼이 감김에 따라 권취축 직경이 변화됨으로 커튼 감기는 속도가 점점 빨라지게 된다. 이러한 예인축 드럼에 예인선의 감기는 속도와 권취축에 커튼이 감기는 속도를 항상 맞추어 주어야 한다.

커튼 감김에 따라 권취축 모터 회전속도를 예인축 모터의 회전속도와 맞추어 주기 위한 커튼길이에 따른 권취회수 및 권취두께 방정식은 다음과 같다.

권취파이프 반경 R에 커튼이 한번 감기면 커튼 길이는  $L_1 = 2\pi R$ 이 되고, 2회시에는  $L_2 = 2\pi R + 2\pi(R+d)$ 이며, 3회시에는  $L_3 = 2\pi R + 2\pi(R+d) + 2\pi(R+2d)$ 가 된다. n회 감았을 때 커튼길이( $L_n$ )는

$$L_n = 2\pi R + 2\pi(R+d) + 2\pi(R+2d) + 2\pi(R+3d) \cdots \cdots 2\pi[R+(n-1)d] = n\pi[2R+(n-1)d]$$

가 된다.

커튼길이( $L_n$ )을 알 때 권취파이프(R)에 커튼 감김회전수(n)을 구하면  $n = [\sqrt{\{(2R-d)^2 + 4d * L^n/\pi\}} - (2R-d)]/2d$ 가 되고, 이때 권취두께( $t_n$ )는 다음과 같다.

$$t_n = D + 2d * n$$

여기서,  $L_n$  : 커튼권취길이, R : 권취파이프 반경

d : 커튼두께, D : 권취파이프 직경

$t_n$  : 커튼권취두께, n : 권취회전수이다.

이상의 방정식을 이용하여 권취축 모터의 회전속도를 제어하도록 하였으며, 마이크로컨트롤러의 제어신호에 따라 커튼을 닫을 때에는 열때와 반대로 작동하도록 하였다.

#### 나. 시험방법

2연동 자동화 비닐하우스(1-2W)에서 시작기와 관행 예인식 커튼을 시험하였으며 개폐 폭, 권취직경, 개폐속도, 권취상태, 장력 등을 비교하였다. 커튼의 권취직경은 이론식과 실측을 비교하였으며, 그늘발생면적은 커튼을 완전히 권취축에 감았을 때 권취축 폭과 길이를 계산하여 구하였다.

### 3. 결과 및 고찰

Table.1에서 보는 바와 같이 커튼 권취길이를 7m로 하여 권취축에 감았을 때 이론식에 의한 두께와 실제치 두께와는 약 2.3cm 차이가 나타났으나(20회 반복 평균치), 전체 길이에 있어서 이론치와 실제치의 상관 관계값(r)은 0.98로 매우 높았으며, 실제 이론식에 의한 값으로도 커튼개폐에는 지장이 없었다. 커튼길이에 따른 개폐상태는 커튼길이가 짧을수록 좋았으며, 감김상태보다 풀림상태가 좋았다. 이는 커튼이 길이가 길어질수록 처짐현상에 의한 영향때문일 것으로 생각된다.

Table 1. Changes of curtain roll diameter and curtain drive condition by the curtain drive length.

Item	4m(L)	5m(L)	6m(L)	7m(L)
No. of rotation(n)	21.8 회	26.5 회	30.8 회	35.0 회
$t_1$ (theoretical)	67.4mm	71.2mm	74.7mm	78.0mm
$t_2$ (actual)	77.0mm	86.0mm	95.0mm	101.0mm
$t_2 / t_1$	1.14	1.21	1.27	1.29
Rolling condition	excellent	excellent	excellent	excellent
Unrolling condition	excellent	excellent	good	good

\* Note : R = 25mm, d = 0.4mm, D = 50mm

권취축 지지방식에 따른 권취특성 결과는 Table.2와 같다. 커튼을 완전히 감았을 때의 두께는 관행(예인식), 지지롤러식, 타이밍 벨트식, 축베어링식이 각각 90, 20, 25, 15cm이었으며, 10a당 그늘발생면적은 각각 127.0, 28.2, 35.0, 21.2m<sup>2</sup>로 축베어링식이 그늘발생면적이 가장 작았다. 권취축 토크는 지지롤러식이 8kgf.cm로 상대적으로 높게 나타났다. 축지지롤러 한 개당 가격면에서는 지지롤러식과 축베어링식에 비해 타이밍 벨트식이 상대적으로 고가로 나타났다. 권취상태는 지지롤러식인 경우 커튼 펼쳐짐 상태는 좋았으나, 커튼이 감김 또는 풀림에 따라 롤러사이에 커튼이 겹쳐져 끼이는 현상으로 커튼 개폐상태가 좋지 못하였다. 타이밍 벨트식인 경우 커튼열림과 닫힘 및 펼쳐짐 상태는 양호하였으나 간혹 타이밍벨트가 한쪽으로 기울어지는 현상이 나타났다. 축베어링식은 전반적으로 양호하였다.

따라서 커튼에 의한 그늘발생면적과 권취상태, 가격등을 종합해 볼 때 축베어링식이 가장 우수한 것으로 나타났다.

Table 2. Curtain driving characters by curtain dirve systems

Items	width of curtain (cm)	Width of curtain and roll (cm)	Drive speed (cm/s)	Ave. shaft torque (kgf.cm)
Conventional	700	90	3.3	-
Support roller type	700	20	3.3	8
Timing belt type	700	25	1.7	6
Sharft support type	700	15	0~1.7	3

Items	Tension of wire	Shade area(m <sup>2</sup> /10a)	Cost/ea.(won)	Drive condition
Conventional	-	127.0	-	-
Support roller type	0.4~0.8	28.2	3,000	good
Timing belt type	0.3~0.6	35.0	10,000	good
Sharft support type	0.3~0.5	21.2	4,600	excellent

#### 4. 요약 및 결론

본 연구는 커튼에 의한 그늘면적을 최소화시켜 작물생육 및 수확량을 향상시키고, 범위별 자동관리로 시설원에 환경관리 개선 및 농작업의 생력화를 기할 목적으로 수행하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 가. 수평커튼 개폐장치는 센서부, 컨트롤러, 개폐모터, 권취부, 예인부 및 커튼을 이용하여 예인권취식으로 개폐할 수 있도록 하였으며, 각 동간의 구동은 컨트롤러, 모터, 감속기, 예인축, 권취축 조합에 의하여 전달될 수 있도록 제작하였다.
- 나. 광(조도)과 온도관리의 범위를 A, B, C와 X, Y, Z 범위로 나누고, 광센서와 온도센서에서 출력되는 신호값과 설정값을 비교하여 어느 범위에 속하는가를 판단하여 각 단계별로 제어방법을 다르게 하였으며, 온도편차는  $\pm 0.5$ , 조도편차는  $\pm 15\text{lux}$ 로 나타나 실용가능한 것으로 판단되었다.
- 다. 권취축 직경변화에 따른 개폐속도차를 없애기 위하여 컨트롤러에서 모터 회전속도를 커튼 감김회수에 따라 자동 조절되게 하였다.

- 라. 자동화하우스(1-2W) 폭 7m 개폐시 예인권취식 커튼개폐 방식에 의한 커튼 권취폭은 15cm이며, 10a당 그늘발생면적은 관행이 127㎡, 시작기가 21㎡로써 약 83% 그늘면적을 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다.
- 마. 축베어링식인 경우 커튼개폐시 각각의 회전수에 대하여 평균축 토크는 3kgf.cm이었고, 권취와이어의 장력은 0.3~0.5kgf.이며, 개폐속도는 0~1.7cm/sec로 나타났다.
- 바. 지지롤러식, 타이밍 벨트식, 축베어링식 세가지 형태의 지지방식 가운데 커튼에 의한 그늘발생면적과 권취상태, 가격등을 종합해 볼 때 축베어링식이 가장 우수한 것으로 나타났다.

## 5. 참고문헌

1. 김영해외 1인. 1995. 센서 인터페이싱. pp.105~160. 機電硏究社. 서울.
2. 박재철외 2인. 1995. 자동화용센서. pp.90~96. 도서출판 기술. 경기.
3. 박중춘외. 1994. 시설원에 현대화 하우스 모델설정 및 재배효과에 관한 연구. pp.293~365. 농촌진흥청.
4. 서원명의 . 1994. 施設園藝硏究 pp.131~166. 경상대 시설원에연구소.
5. 송현갑외 5인. 1996. 施設園藝自動化. pp.222~257. 文運堂. 서울.
6. 이기명의 9인. 1994. 원예작물 현대화시설 환경조절장치 및 제어기술 개발. 농촌진흥청. pp.18 - 44.
7. 三原義秋. 1980. 溫室設計の基礎と實際. pp.170~182. 日本 養賢堂(株) 東京