

## 가변 원형 베일러의 결속 기구 제어 장치 개발

# Development of a Tying-Unit Controller for a Variable Chamber Round Baler

김 종 언	김 경 욱
정 회원	정 회원
J. E. Kim	K. U. Kim

### SUMMARY

This study was conducted to develop a control unit for a tying device of a variable chamber round baler. The work process of the tying device was thoroughly analyzed and the control sequence was established according to the work process. Based on this control sequence, a control unit using an 8 bit microprocessor AT 89C52 as a CPU was developed. The driving circuit to control the actuator motion was developed and the PWM method was used to regulate the velocity of the actuator. On the front panel of the control unit, indicators were also installed to show the operations being conducted. A prototype of the developed control unit was manufactured and tested. A total of 50 complete cycles of the control sequence was repeated and no failure was observed. It was evaluated that the developed control unit has an excellent performance and can be used practically for variable chamber round balers.

**주요용어(Key Words)** : 가변 원형 베일러(Variable chamber round baler), 결속 기구 제어기(Tying-unit controller)

### 1. 서 론

현재 국내에는 사각 베일러가 널리 사용되고 있다. 그러나 최근에는 원형 베일러의 수요가 점차 증가되고 있으며, 국내의 한 업체에서는 베일의 크기와 밀도를 조정할 수 있는 가변 원형 베일러의 개발을 추진하고 있다(Lee and Kim, 1999). 가변형 베일러는 베일의 크기가 고정된 고정형 베일러에 비하여 수확물의 함수율 또는 운반차의 적재함의 크기에 따라서 베일의 크기를 조정할 수 있다. 일반적으로 가변 원형 베일러는 60~140 cm 범위에서 베일의 지름과 100~250 kg/m<sup>2</sup> 범위에서

베일의 밀도를 조정할 수 있다. 또한, 약 100여 평(坪)의 논에서 생산된 볏짚을 1개의 원형 베일로 성형할 수 있기 때문에 같은 면적에서 다수의 사각 베일을 성형해야 하는 사각 베일러에 비하여 작업 시간과 노동력을 절감할 수 있다(Park, 1996).

이러한 장점을 가진 원형 베일러는 현재 전량 수입되어 주로 볏짚을 수거하는 데 사용되고 있다. 그러나, 포장의 규모가 작고 농로가 협소한 우리 나라의 실정에서는 사용상의 어려움이 많다. 또한 고장이 발생되었을 때는 부품을 확보하기가 어렵고 사후 봉사도 원활하지 못하여 작업 적기를 놓치는 경우도 많다. 따라서 국내의 한 중소기업체

This article was submitted for publication in July 2000; reviewed and approved for publication by the editorial board of KSAM in August 2000. The Corresponding author is K. U. Kim, Professor, School of Bioresources and Material Engineering, Seoul National University/Suwon 441-744, Korea. E-mail:<kukim@plaza.snu.ac.kr>.

에서는 이태리 페라볼리(Feraboli) 제품을 벤치마킹하여 국내 실정에 적합한 가변 원형 베일러를 개발하기로 하였다.

본 연구는 가변 원형 베일러에서 결속 기구의 제어 장치를 개발하기 위하여 시도되었으며 본 연구의 구체적인 목적은 다음과 같다.

- 1) 가변형 베일러의 결속 작업 공정을 분석한다.
- 2) 결속 기구 제어 회로 및 콘트롤 박스를 설계, 제작한다.
- 3) 개발한 콘트롤 박스의 성능을 평가한다.

## 2. 결속 작업의 공정

결속 기구의 제어 장치를 개발하기 위해서는 먼저 결속 작업의 과정을 분석하여야 한다. 가변 원형 베일러는 4개의 평벨트로써 베일 챔버를 형성하며, 베일의 크기와 밀도는 스프링과 유압으로써 조정한다. 챔버 내에 형성된 베일이 원하는 크기에 이르면, 운전자는 집초를 멈추고 결속 작업을 시작하여야 한다. 결속 작업은 운전자에 의하여 자동 또는 수동으로 변환할 수 있으며, 자동인 경우에는 설정한 결속 횟수와 피치에 따라 자동으로 결속된다(Srivastava, et al., 1993). 표 1은 본 연구에서 벤치마킹한 가변 원형 베일러의 제원을 나타낸 것이다.

결속 기구는 DC 12V로써 구동되는 전기 액추에이터, 끈안내 가이드, 끝단 결속 시점을 알려주는

리미트 스위치, 절단칼 등으로 구성되어 있다. 액추에이터의 전진과 후진 운동에 의하여 끈안내 가이드가 베일의 폭을 따라 왕복 운동을 한다. 결속 끈은 끈안내 가이드를 통하여 배출되며, 베일이 회전함에 따라 베일에 끈이 감긴다. 베일은 베일러의 구조상 지름에 따라 회전 속도가 다르기 때문에 원하는 결속 횟수와 피치를 얻기 위해서는 액추에이터의 정지 시간이나 작동 방식을 다르게 하여야 한다. 결속 기구의 작업 대기 상태는 액추에이터가 완전히 전진한 상태를 나타내며, 1회 왕복 운동으로 결속 작업을 완료한다. 베일의 양 끝단은 끈이 풀어지지 않도록 3~4회 이상 감아야 한다. 이러한 결속 작업을 세부적으로 분석하면 작업 공정은 그림 1에서와 같이 10단계로 구분할 수 있다.

Table 1 Target specifications of variable round baler to be developed

Items	Specifications
Weight	19.8 kN
Weight of straw bale	2.2-3.0 kN
Length/Width/Height	3600/2280/2250 mm
Chamber dia. min/max	600/1350 mm
Chamber width	1200 mm
Pick up width	1900 mm
Chamber type	Variable
Number of belts	4
Belt width/length	245/8900 mm
Tire	11.5/80~15.3 8PR
PTO speed	540 rpm
Tractor power	45 ps

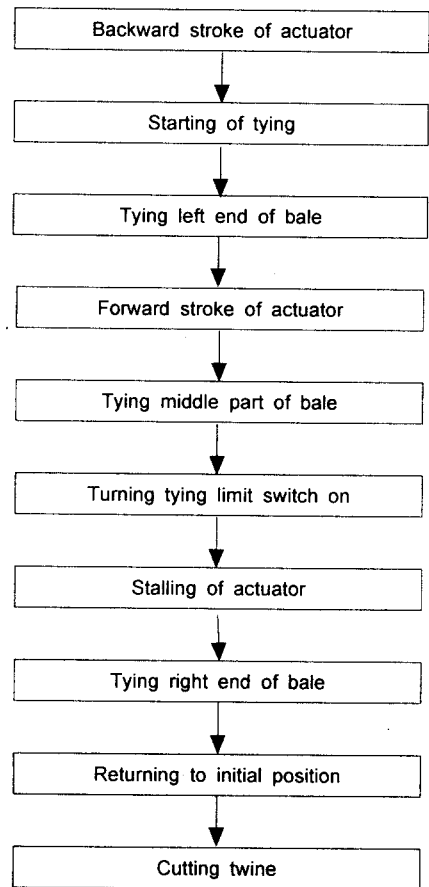


Fig. 1 Work process of tying operation.

### 3. 결속 제어 장치의 설계 조건

결속 제어 장치는 이러한 10단계의 작업 공정을 제어하여야 하며, 제어 장치를 조작할 콘트롤 박스는 베일러의 운전석 옆에 설치하여야 한다. 본 연구에서는 결속 제어 장치와 콘트롤 박스 설계 조건을 다음과 같이 설정하였다.

- 1) 전원은 트랙터의 DC 12V 전원을 사용하여야 한다.
- 2) 자동 결속 및 수동 결속을 선택할 수 있도록 하여야 한다.
- 3) 자동 선택 시에는 베일이 원하는 크기에 도달하면 일련의 결속 작업이 자동적으로 수행되어야 한다.
- 4) 작업자가 현재 수행되고 있는 작업 공정을 쉽게 알아볼 수 있도록 공정 상태가 표시되어야 한다.
- 5) 조작이 간편하여야 한다.
- 6) 진동, 먼지 등이 많은 포장 조건에도 충분히 견딜 수 있도록 신뢰도가 높고 구조는 견고하여야 한다.
- 7) 가격이 저렴하고 상용화가 가능하여야 한다.

### 4. 결속 제어 장치의 개발

수차의 시행 착오 끝에 위에서와 같은 설계 조건과 작업 공정을 만족할 수 있는 제어 장치를 개발하였다. 제어 장치는 액츄에이터의 전후진 왕복 운동을 제어하는 장치로서 베일의 결속 공정에 따라 액츄에이터의 운동을 제어하여 베일을 결속한다. 즉, 베일의 결속 횟수를 변화시키기 위해서는 원하는 위치에서 액츄에이터의 정지 시간을 조정하며, 결속 피치를 조정하기 위해서는 액츄에이터의 속도를 조정한다. 또한 제어 장치의 각종 스위치에는 상태 표시 램프를 부착하여 작업 상태를 나타낼 수 있도록 하였다. 그림 2는 개발된 제어 장치의 구성도를 나타낸 것이며, 그림 3은 제어 장치의 외관을 나타낸 것이다.

개발된 제어 장치는 주연산부, 신호 입력부, 상태 출력부, 모터 제어부로 구성되어 있으며, 각 부분은 다음과 같이 설계하였다. 개발된 제어 장치의 회로도에는 그림 4에서와 같다.

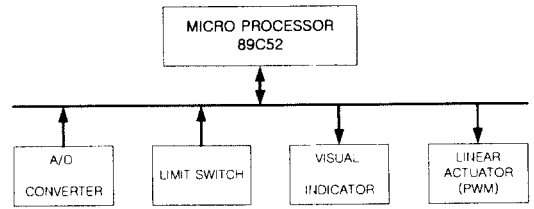


Fig. 2 Block diagram of the controller.

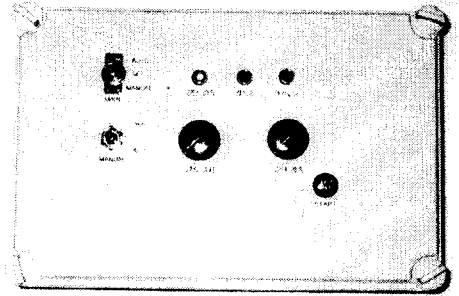


Fig. 3 Front panel of the control box.

#### 가. 주연산부

주연산부는 원칩 마이크로 프로세서를 사용하여 각종 신호를 입출력하고 액츄에이터를 제어한다. 선택한 마이크로 프로세서는 ATMEL의 AT89C52로서 8비트 연산이 가능하고, 연산 장치, ROM, RAM이 내장되어 있기 때문에 외부의 메모리 없이도 내부 메모리만으로써 각종 제어가 가능하다 (Chun, 1999).

#### 나. 신호 입력부

마이크로 프로세서로 입력되는 신호는 2개의 리미트 스위치, 콘트롤 박스의 모드 선택 스위치, 결속 피치 선택 스위치, 끝단 결속 시간 선택 스위치 신호로서 총 5개의 신호이다. 2개의 리미트 스위치는 각각 베일이 설정된 크기에 도달했음을 알려주는 스위치(size limit switch)와 결속이 완료되었음을 알려주는 스위치(tying limit switch)이다. 모드 선택 스위치는 자동 또는 수동을 선택하는 스위치이다. 베일의 끝단 결속 횟수와 중앙부의 결

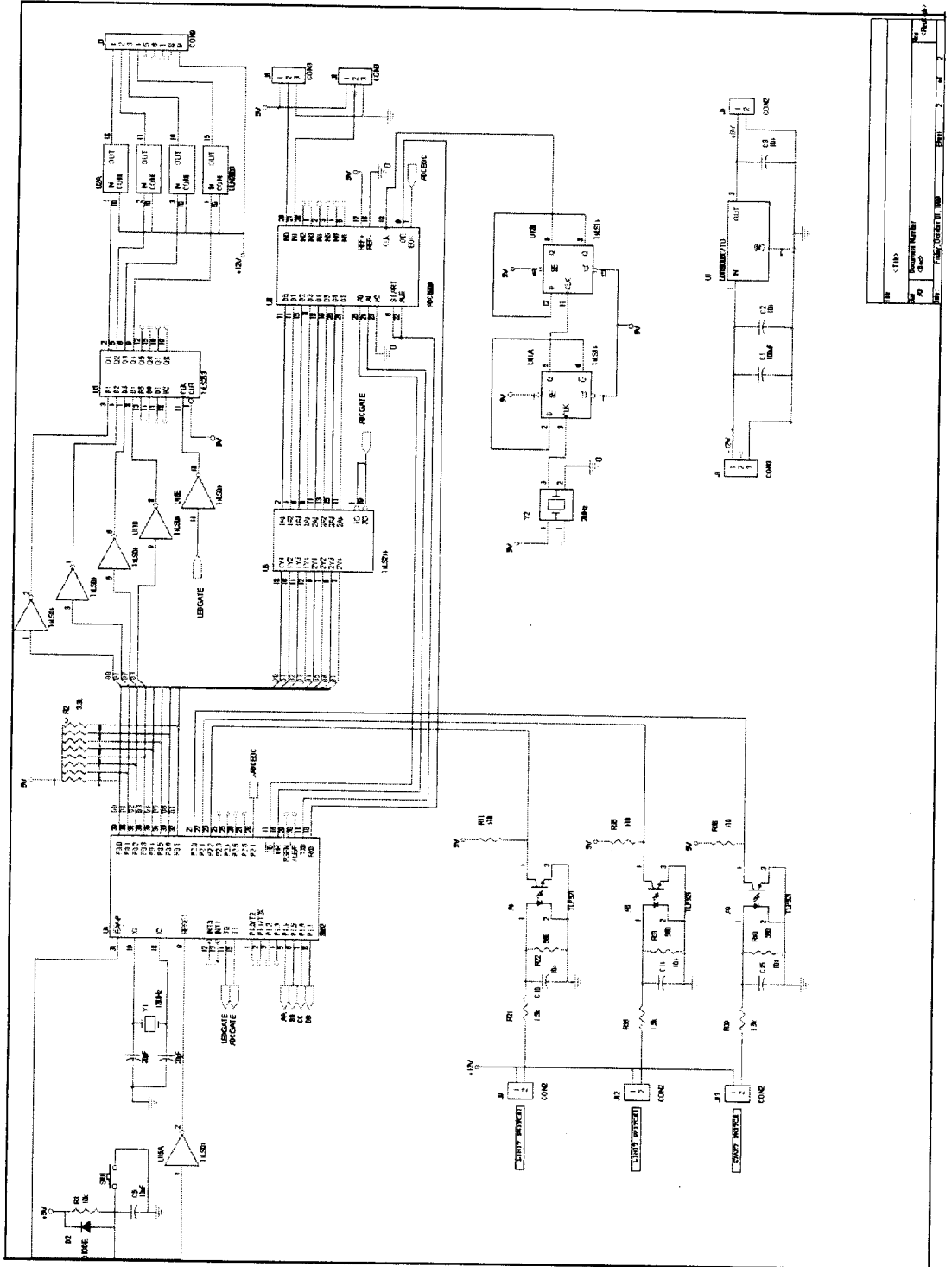


Fig. 4 Circuit diagram of the controller.

속 피치를 결정하기 위한 입력 신호는 가변 저항을 이용하여 저항 양단의 전압을 조정함으로써 결정하였다. 즉, 10 kΩ의 가변 저항에 5 V의 전원을 걸어 저항을 조정함에 따라 출력되는 전압을 결속 횟수와 피치를 결정하기 위한 입력 신호로 하였다. 0~5 V 사이에서 변화되는 출력 전압은 A/D 변환 회로를 구성하여 디지털화하였으며, A/D 변환기는 마이크로 프로세서와 인터페이스가 용이하고 8채널까지 입력할 수 있는 8비트 ADC0809 칩을 사용하였다.

#### 다. 상태 출력부

마이크로 프로세서에서 출력되는 신호는 액추에이터를 제어하기 위한 신호와 현재의 작업 상태를 나타내기 위한 신호이다. 현재의 작업 상태를 나타내기 위한 신호는 1개의 부저와 3개의 램프로 전달된다. 액추에이터를 제어하기 위한 신호는, 결속 작업의 공정을 제어하기 위한 신호로서, 결속 시작 시간, 액추에이터의 후진 시간, 끝단 결속을

위한 정지 시간, 결속 피치를 조정하기 위한 액추에이터의 전진 속도, 원위치로 돌아가기 위한 귀환 시간 등을 제어한다. 액추에이터는 자체의 DC 모터에 의하여 구동되며, 작동 모드는 DC 모터의 운동을 제어함으로써 제어된다. 따라서, DC 모터의 운동을 제어하기 위하여 원칩 마이크로 프로세서를 사용한 제어 회로를 설계, 제작하였다.

#### 라. 모터 제어부

모터 제어 회로는 파워 트랜지스터를 사용한 H형 브리지 회로로 하였다. 제어 신호는 마이크로 프로세서에서 직접 출력되며, 12 V로 구동되는 모터 회로와 5 V로 작동되는 제어 장치를 구분하기 위하여 포토 커플러를 사용하였다.

그림 5는 모터 제어 회로를 나타낸 것이다.

모터의 정역회전은 그림 5의 Q1, Q2, Q3, Q4 트랜지스터를 ON, OFF 시키는 방식에 따라 결정된다. Q1과 Q4를 ON시키고 Q2와 Q3를 OFF 시키면 정회전이 되고, 이를 반대로 하면 역회전이 된다.

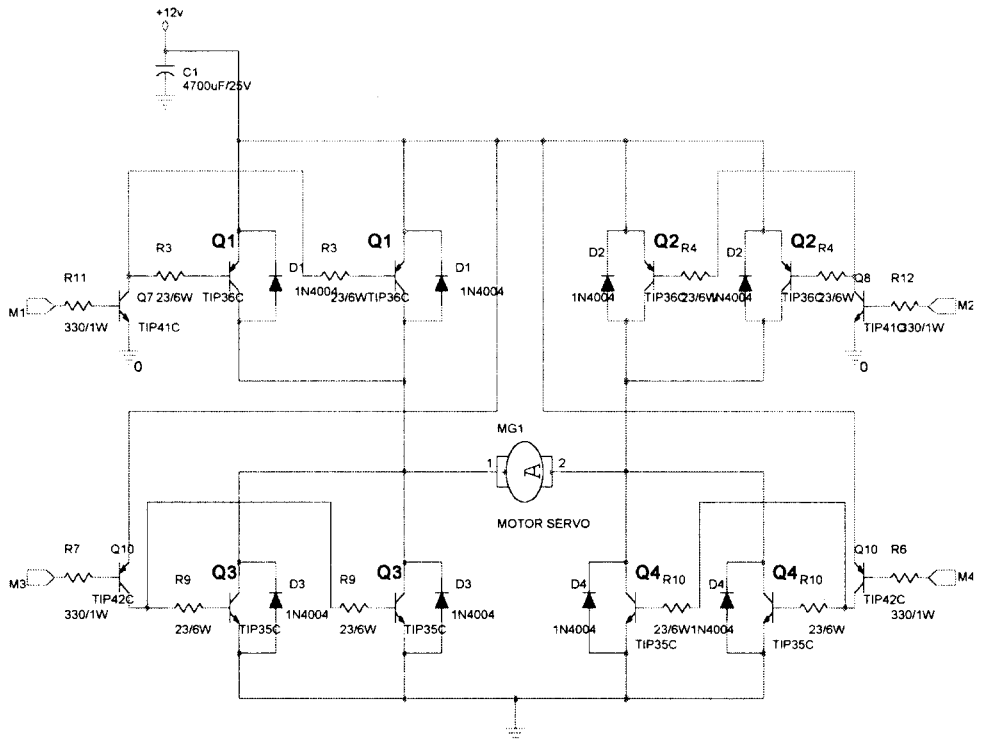


Fig. 5 Circuit diagram of DC motor drive.

모든 트랜지스터가 OFF되면 모터는 정지 상태가 된다. 모터의 속도는 각 트랜지스터의 OFF 시간에 대한 ON 시간의 비율로써 조정하였다. 이와 같은 펄스 폭 변조 방식은 직류 모터의 속도 제어에 널리 사용되는 방식이다. 표 2는 결속 제어 장치의 각 부분에 사용된 주요 부품의 제원을 나타낸 것이다.

마. 제어 순서도

제어 장치는 자동과 수동을 선택할 수 있도록 하였으며, 자동인 경우에는 베일의 크기를 결정하는 리미트 스위치가 작동되거나 또는 스타트 스위치에 신호가 입력됨으로써 일련의 작업이 시작되도록 하였다. 수동인 경우에는 작업자가 임의의 크기로 베일을 묶을 수 있도록 2극 복귀 토글 스위치를 사용하여 액추에이터를 전, 후진시키도록 하였다.

자동으로 결속할 때의 작업 공정은 그림 6과 같고, 제어 흐름도는 그림 7에서와 같이 하였다.

바. 결속시간 결정

원형 베일의 경우에는 결속 끈을 매듭짓지 않기

Table 2 Specifications of controller components

Components	Specifications
Microprocessor	Model AT89C52 Speed 0-24 MHz EEPROM 8K SRAM 256 bit
Limit switch	Model D4B-N Capacity 10A Contact SPDP(1NC, 1NO) DPST(2NC)
Actuator	Model D12-20B5-08 Input Voltage 12VDC Load Capacity 4.4 kN Stroke 203 mm Speed 28.5 mm/s Gear ratio 20:1
Transistor	Model TIP35C Collect-Base Voltage 100 V Collect current 25 A Base current 5 A Power 125 W

때문에 끈이 풀리는 것을 방지하기 위하여 베일의 끝단은 최소한 3회 이상, 중간 부분은 최소한 8회 이상 결속하여야 한다. 본 연구에서는 끝단의 결속 횟수를 최소 6회에서 최대 10회, 중간 부분의 결속 횟수를 최소 8회에서 최대 20회로 하여 액추에이터가 작동해야 할 시간을 결정하였다. 결속 방법은 동시에 2줄을 묶을 수 있는 2중 결속 방법을 채택하여, 베일이 1회전 할 때 2줄을 결속하여 베일의 회전수는 결속 횟수의 반이 되도록 하였다. 따라서, 액추에이터의 제어 시간은 베일러의 전동 라인을 분석하여 베일의 지름에 따라 회전 속도를 계산하고 결속 횟수의 조건을 만족할 수 있도록 결정하였다. 표 3은 베일의 지름에 따라 베일이 1회 회전하는 데 필요한 시간과 결속에 필요한 시간을 결정하여 나타낸 것이다. 이 방법에

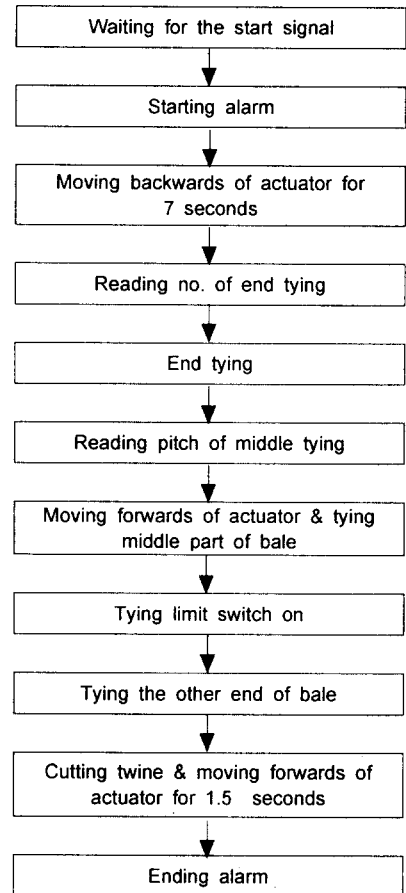


Fig. 6 Work process of automatic tying.

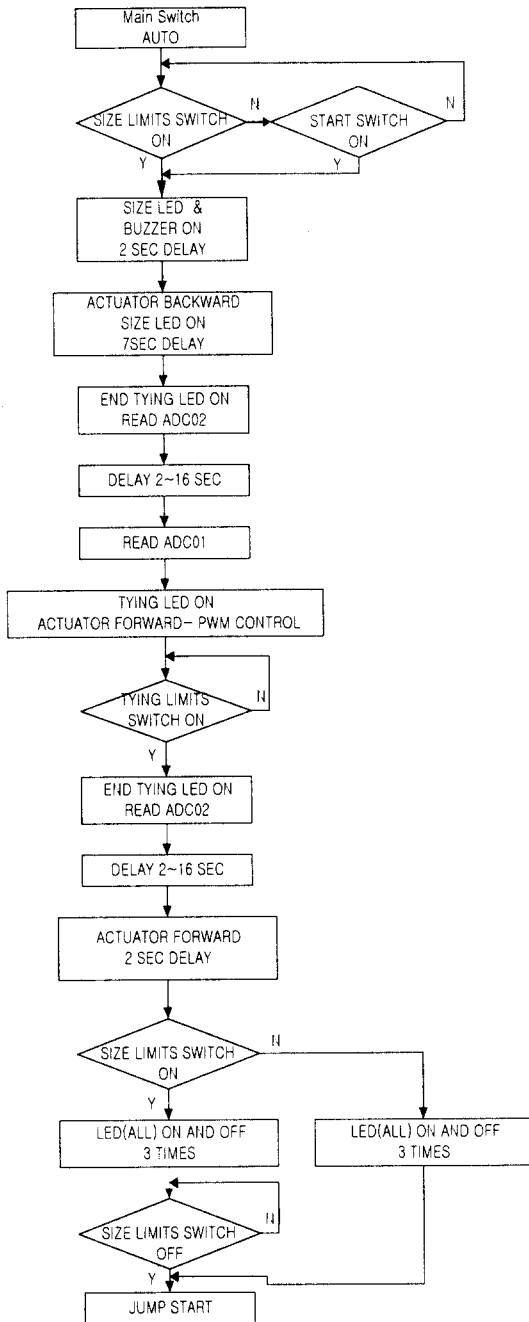


Fig. 7 Flow chart of the controller.

의하면 베일의 끝단을 결속하기 위해서는 액츄에이터가 약 2~11초간 정지하여야 하고 중간 부분을 결속하기 위해서는 약 4~22초 간 정지하여야

Table 3 Time required for tying of bale in seconds

Dia. of bale (mm)	Time for one rotation (sec)	No. of tying for ends of bale		No. of tying for middle of bale	
		6	10	8	20
600	0.93	1.86	4.65	3.72	9.3
800	1.23	3.67	6.15	4.92	12.3
1000	1.55	4.65	7.75	6.2	15.5
1200	1.86	5.58	9.3	7.44	18.6
1400	2.17	6.51	10.85	8.68	21.7

한다. 그러나, 액츄에이터가 결속 작업을 위하여 전진을 시작할 때까지는, 즉 후진하는 때는, 최소 7초의 시간이 소요되었기 때문에 7초 이전에 정지 시간을 제어하기는 불가능하였다. 따라서, 결속을 위한 액츄에이터의 정지 시간은 7초 후부터 제어하였다.

사. 액츄에이터의 속도 제어

액츄에이터의 전진 속도가 빠르면 결속 피치가 증가되어 결속끈이 듬성듬성 감기게 되고 전진 속도가 느리면 결속 피치가 감소되어 촘촘히 감기게 된다. 본 연구에서는 DC 모터로 작동되는 액츄에이터의 속도를 제어하기 위하여 펄스폭 변조 방식(PWM)을 적용하였으며, 결속 피치와 끝단의 결속 회수를 설정하기 위하여 가변 저항을 사용하였다. 가변 저항은 출력 전압의 범위가 0~5 V가 되도록 결정하였으며, 출력 전압은 8비트 A/D 변환기를 통하여 디지털 값으로 변환하였다. 마이크로 프로세서는 디지털로 변환된 값을 이용하여 한 주기의 신호를 256등급으로 분해하고 이 등급에 따라 High와 Low 출력 시간을 조절하도록 하였다. 즉, 한 주기에서 디지털 변환값에 해당하는 수준은 High 신호를 출력하고 다른 수준은 Low 신호를 출력하여 모터에 인가되는 등가 전압을 제어하였다.

제어 신호의 주파수는 200 Hz로 하였다. 이때 신호의 주기와 1 주기를 8 비트로 분해하였을 때 최소 제어 시간은 다음과 같은 방법으로 계산하였

다. 먼저, 주기 T는

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{200} = 0.005 \text{ sec} = 5 \text{ msec}$$

이고, '1 주기를 8 비트로 나누었을 때 최소 제어 시간 t는

$$t = \frac{f}{2^8} = \frac{0.005}{256} \cong 0.00002 \text{ sec} = 20 \mu \text{ sec}$$

가 된다. 디지털 변환값이 작은 경우에는 모터에 인가되는 전압이 낮기 때문에 액츄에이터가 작동되지 않는다. 이러한 현상을 방지하기 위하여 출력 전압이 0 V일 때도 모터가 최저속으로 회전할 수 있도록 모터의 기동 전압을 보정하여야 한다. 본 연구에 사용된 액츄에이터 모터의 기동 전압이 약 1.5 V이었기 때문에 기동 전압을 1.5 V로 보정하였으며, 이 때, 신호의 주파수가 200 Hz이면, 최소 제어 시간은 20  $\mu$ sec 보다 짧은 약 17  $\mu$ sec가 된다.

### 5. 결속 제어 장치의 성능 평가

개발된 결속 제어 장치의 성능을 평가하기 위하여 각 부분의 작동 상태와 액츄에이터의 속도 제어, 끝단 결속 시간 제어에 대한 성능을 확인하고 모의 작업을 실시하였다.

#### 가. 액츄에이터의 속도 제어

신호 주파수를 200 Hz로 하였을 때 액츄에이터가 전진 또는 후진하는 데 소요되는 시간은 그림 8에서와 같다. 그림 8에서 x축은 가변 저항에 따라 변화되는 출력 전압을 나타낸다. 출력 전압이 5 V일 때 진행 속도가 가장 빨랐고, 0 V일 때는 진행 속도가 가장 느렸다. 각 가변 저항에서 진행 속도는 5회 측정된 것을 평균한 것이다. 액츄에이터가 전진할 때와 후진할 때의 소요 시간은 거의 일치하였다. 액츄에이터가 후진 행정을 완료하는데 필요한 시간은 7~25초로서 입력 전압에 따라 선형적으로 변화되어야 한다. 그러나 실제 측정된 액츄에이터의 후진 시간은 7~13.6초로서, 필요한 범위보다 짧았으며, 입력 전압도 2.5 V 이상일 때는 작동 시간의 변화가 거의 없었다. 즉, 8비트 분해능의 A/D 변환은 액츄에이터의 속도 제어에 부적합한 것으로 판단되었다.

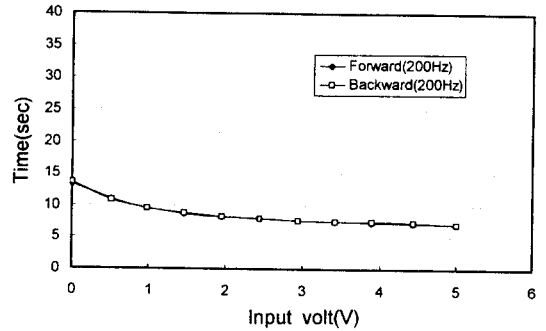


Fig. 8 Operating time required to make one complete stroke of the actuator at 200 Hz PWM input.

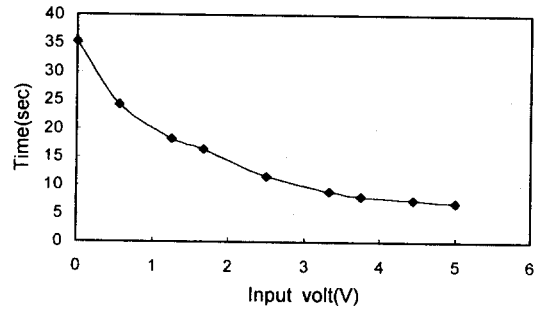


Fig. 9 Time for one stroke at modified PWM input.

이를 해결하기 위하여 A/D 변환의 분해능을 4 비트로 하고 듀티 사이클이 한 행정의 20~60% 범위가 되도록 프로그램을 수정하였다(TopSystem, 1998). 그 결과 액츄에이터의 후진 시간은 그림 9에서와 같이 입력되는 전압에 따라 7~35.4초 범위에서 변화되었으며, 목표 범위인 7~25초를 만족하였다. 또한 입력 전압과 후진 시간도 원하는 구간에서 선형적으로 변화되어 속도를 제어하는데 적합한 것으로 판단되었다.

#### 나. 끝단 결속 시간 제어

베일의 양끝은 중간 부분에 비하여 결속끈을 촘촘히 감아 베일이 풀어지지 않도록 하여야 하며, 양쪽의 결속 회수가 같아야 한다. 끝단을 결속하기 위하여 필요한 정지 시간은 2~11초 범위이다. 입력 변수는 중간부의 결속 시간 제어에서와 같이 콘트롤 박스로부터 입력되는 가변 저항의 출력 전



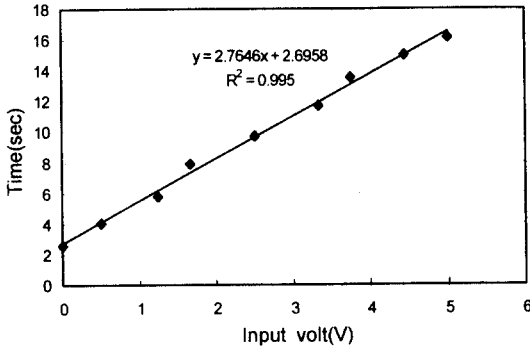


Fig. 10 Delay time for end tying.

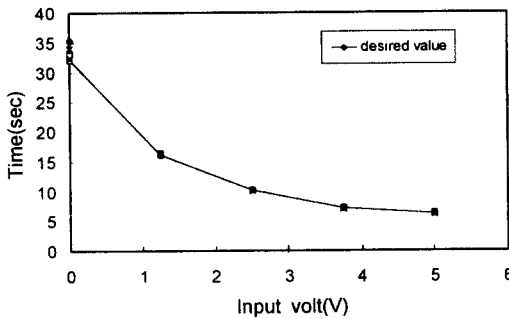


Fig. 11 Tested time for forward operation.

압을 A/D 변환하여 사용하였다. 정지 시간은 프로그램 상에서 모터의 정지 시간을 조절하여 제어하였다. 이러한 방법으로 정지 시간을 구현하였을 때 입력 전압에 대한 액츄에이터의 정지 시간은 그림 10에서와 같이 나타났다. 즉, 액츄에이터의 정지 시간은 2.5~16초 범위에서 입력 전압에 따라 선형적으로 변화되었다.

#### 다. 모의 작업 시험

개발된 콘트롤 박스를 실제 결속 기구 조합에 장착하여 제어 성능을 시험하였다. 제어 장치의 입출력 신호는 실제 작업에서와 같이 하였으며, 결속 기구도 실제 작업에서와 같은 방식으로 작동되도록 하였다.

끝단 결속 시간 조정 스위치와 결속 피치 조정 스위치를 통한 입력 전압을 0~5 V 사이에서 1.25 V 간격으로 증가시키며 각 입력 전압에서 5회씩 각 공정에 소요된 시간을 측정하였다. 그림 11은

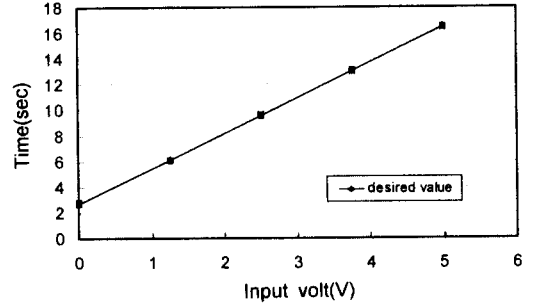


Fig. 12 Tested time for end tying operation.

베일의 중앙부를 결속하기 위하여 액츄에이터가 전진을 시작할 때까지 걸린 시간, 즉 후진 시간을 측정하는 것이며, 그림 12는 끝단을 결속하기 위하여 액츄에이터가 정지한 시간을 측정하는 것이다. 이를 각각 그림 9와 10의 결과와 비교하면 오차의 범위는  $\pm 0.2$ 초 정도로서, 측정 오차의 범위인 것으로 판단되었다. 즉, 개발된 결속 제어 장치는 모의 작업에서 입력 전압에 따라 액츄에이터의 후진 시간과 결속을 위한 정지 시간을 모두 만족하는 우수한 성능의 것으로 평가되었다.

## 6. 요약 및 결론

본 연구는 국내의 한 중소기업에서 국산화를 추진하고 있는 가변 원형 베일러의 결속 기구 제어 장치를 개발하기 위하여 수행되었다. 베일러의 결속 작업 공정을 분석하고, 결속 작업을 제어할 수 있는 제어 회로와 콘트롤 박스를 제작하였으며, 제어 장치의 성능을 시험하였다.

제어 회로의 주연산 장치는 8비트 마이크로 프로세서 AT89C52를 사용하였으며 콘트롤 박스의 전면부에 작업 상태를 나타내기 위한 장치를 배치하였다. 결속 기구를 작동시키는 액츄에이터를 제어하기 위하여 파워 트랜지스터를 이용한 직류 모터 구동 회로를 설계하였으며, 속도는 원칩 마이크로 프로세서를 이용하여 펄스폭 변조 방식(PWM)으로 제어하였다.

액츄에이터의 작동 시간을 결정하기 위하여 베일의 지름에 따라 회전 속도를 계산하였다. 베일의 지름이 60~140 cm의 범위일 때 1회전하는 데 소요되는 시간은 0.93~2.17초 이었다. 따라서 결

속 작업을 원만히 수행하기 위해서는 베일의 끝단 결속을 위하여 2~14초, 중간부분의 결속을 위하여 7~25초의 정지시간이 요구되었다. 이러한 조건을 프로그램화하여 필요한 시간 범위에서 액츄에이터의 동작을 제어할 수 있도록 하였다.

개발된 제어 장치의 성능을 평가하기 위하여 실제 작업과 같은 조건에서 결속 기구 조합에 대한 제어 성능 시험을 실시하였으며, 총 50회 반복 시험에서 오작동은 나타나지 않았다. 또한 개발된 제어 장치는 가변 원형 베일러의 결속 제어장치로서 실용화 될 수 있는 것으로 평가되었다.

### 참 고 문 헌

1. Lee, C. H. and K. U. Kim. 1999. Annual research report. Development of design technology for variable round baler. Samryeok Machinery Co. (Korean)
2. Park, K. K. 1996. Machines and facilities for livestock farms. Moonundang Book Co. (Korean)
3. Chun, G. K. 1999. Application of modern electronic components. Saehwa Book Co. (Korean)
4. Topsystme. 1998. Automatic system for 8051 programming. Doonam Book Co. (Korean).
5. Srivastava, A. K., C. E. Goering and R. P. Rohrbach. 1993. Engineering principles of agricultural machines. ASAE.



### 학 위 취 득



성 명 : 기 노 훈 (奇 老 勳)

생 년 월 일 : 1968년 10월 11일

취 득 학 위 명 : 공 학 박 사

학 위 수 여 대 학 : Purdue University

학 위 취 득 년 월 일 : 1999년 12월 19일

학 위 논 문 : Dynamic Simulation of Rigid-Frame, Steel-Tracked and Articulated-Frame, Rubber-Tired Forestry Vehicles