

---

# 모터의 회전수-전압 변환장치 개발

김강철\*

Development of a frequency-to-voltage transducer in a motor

Kangchul Kim\*

## 요 약

기중기에 사용되는 모터는 모터의 회전수를 제어하기 위하여 타코제너레이터를 사용한다. 타코제너레이터는 커플링을 통하여 모터와 연결되어 있으며, 모터가 회전하는 동안 커플링이 마모되어 기중기에 고장을 일으키는 요인이 되고 있다. 본 논문에서는 기중기의 고장을 감소시키기 위하여 모터의 회전수를 전압으로 변환하는 변환기를 설계한다. 이 장치는 로타리엔코더, 회전수를 계산하는 속도 측정부, LCD 표시부 및 모터의 방향판별회로로 구성된다. 모터의 회전수-전압 변환장치는 모터의 회전수를 측정하여 RPM으로 표시하고, 모터가 6° 회전 후에 모터의 방향을 판별할 수 있다. 그리고 모터가 제한속도를 벗어나면 위험신호를 발생하는 신호와 회전방향을 전압으로 나타내는 신호를 가지고 있어 모터의 비정상적인 동작을 즉시 감지하여 주제어기에 전달한다. 구현된 변환장치는 모의실험과 실험을 통하여 기중기에서 타코제너레이터의 기능을 잘 수행하고 있음을 확인하였다.

## ABSTRACT

A conventional motor in a crane has a taco generator to feed back the number of turns to a main controller. The taco generator is contacted to a motor shaft through the coupling. Errors in a crane have often occurred because the coupling has worn out while the motor is turning. In this paper, we design the device of the frequency to voltage transducer in a motor. The device is composed of a rotary encoder, a speed measurement using PIC16F84 controller, a display, and a direction-decision block. The rotation of a motor is recognized by the rotary encoder and microcontroller counts the number of turns of a motor. The emergency signal is generated if the frequency goes over or below the speed limit of a motor. And the device can acknowledge the rotation direction of the motor after 6° rotation. The simulation results and the test for a implemented device have shown that the transducer of a frequency to a voltage can replace a taco generator in a crane.

키워드 : 기중기, 타코제너레이터, 엔코더, 회전수-전압 변환

---

\*여수대학교컴퓨터공학과 조교수

접수일자 2001년 4월 2일

## 1. 서론

항만이나 제철소에서 부하가 큰 컨테이너, 철강 등을 이동시키기 위하여 기중기를 사용하며, 기중기는 모터를 이용하여 부하의 이동방향과 속도를 제어한다. 현재 사용되고 있는 대부분의 아날로그 제어 방식의 기중기들은 오래 전에 제작되어 정밀도가 떨어지고, 타코제너레이터(taco generator)의 접점부근에서 마모에 의한 고장이 자주 발생하고 있다. 무거운 물건의 이동시에 모터의 고장이나 오동작이 발생하면 재산상의 손실뿐만 아니라 인명의 손상도 발생할 수 있다. 특히 모터의 회전수와 회전방향의 정확한 측정은 안전사고를 예방할 수 있으며 고장을 일으킬 확률을 줄일 수 있으므로 아주 중요하다.

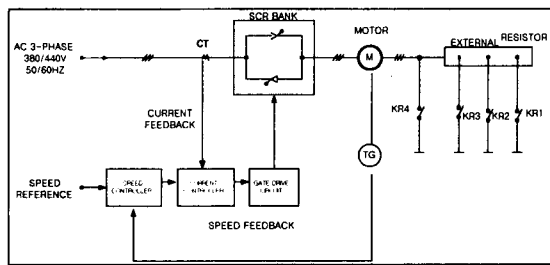


그림 1. 기중기의 모터 제어부

Fig. 1 The block diagram of a main motor controller in a crane

그림 1은 아날로그 제어방식의 기중기에서 사용되고 있는 모터 제어부를 나타낸 것이다.[1] 모터의 과부하로 인한 오동작을 막기 위하여 전원의 입력단에서는 전원이 CT(current transducer)를 통하여 전달되어 어느 이상의 전류가 흐르면 전류제어기에서 모터의 동작을 정지하게 한다. 그리고 모터의 회전수가 기준보다 높거나 낮은 것을 판단하기 위하여 모터의 축에 타코제너레이터를 설치하여 모터의 회전수를 전압으로 변환하여 주제어기에 알려주는 이중 보호장치를 가지고 있다. 타코제너레이터는 모터축

에 접촉되어 있으므로 오랫동안 사용하면 자연 마모되어 고장이 발생하여 유지보수의 경비를 증가시킨다. 따라서 과속(overspeed) 발생시에 설비안전 사고와 기계적 장치인 타코제너레이터의 커플링(coupling)[2] 소손시 타코제너레이터까지 소손이 되어 설비가동률을 지연하는 사례가 많이 발생하므로 기계전기식으로 동작되는 기존의 제어 시스템을 전자식으로 바꿔 정비자의 신뢰를 확보하고, 사고 및 설비지연을 해결하는 모터의 속도측정장치, 주파수-전압 변환장치 및 이를 제어하여 전달하는 장치의 개발이 필요하다.

본 논문에서는 기중기 및 대차관련 전동기의 속도제어시 발생하는 문제점을 줄이기 위한 장치를 개발한다. 모터의 회전수 전압변환 장치는 모터의 회전을 감지하기 위한 로타리엔코더(rotary encoder)[3], 로타리엔코더의 출력으로부터 회전수를 계산하여 LCD에 표시하는 LCD 표시부, 회전수를 전압으로 변환시키기 위한 속도 측정부, 모터의 회전방향을 판별하는 방향판별회로 구성된다. 개발된 장치는 타코제너레이터의 사양을 만족하며, 기중기의 주제어기에 모터가 기준속도에 미달하거나 초과시에 위험상태를 알려주는 신호와 모터의 회전방향을 알려주는 신호가 삽입되어 있어 타코제너레이터를 사용하는 것보다 안전하고 정확한 모터제어를 할 수 있도록 하였다. 그리고 모의실험과 시제품 테스트를 통하여 모터의 회전수를 전압으로 변환하는 장치가 잘 동작하고 있다는 것을 확인하였다. 본 논문은 2장에서 연구의 배경 및 로타리엔코더에 관하여 설명하고, 3장에서는 주파수-전압 변환장치의 설계와 구현에 관하여 기술한다. 4장에서는 구현된 장치의 측정결과를 설명하고, 5장에서는 결론을 기술한다.

## II. 연구배경 및 타코제너레이터

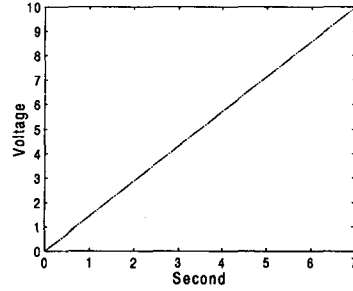
기존에 제작된 기중기의 대부분은 그림 1에서와 같이 타코제너레이터를 사용하여 회전수에 따른 유도기전력을 발생하여 속도제어기로 보내

진다. 이 값은 기준속도와 비교하여 현재의 속도가 원하는 값인지를 판별하게 된다. 이와 같은 방법은 타코제너레이터가 모터에 접촉하고 있으므로 마모가 심하고 고장이 쉽게 발생하게 된다. 그리고 현재의 속도가 기준속도와 한계 이상의 차이가 발생하더라도 모터를 정지시키는 제어기능이 없어 사고가 발생할 확율이 높다. 또한 장치 교체시에 회전방향 신호를 잘못연결하여 사고가 발생하고 있다. 따라서 개발될 장치는 타코제너레이터의 역할을 하면서 모터가 최대속도 초과시, 최소속도 미달시에 위험신호를 발생하고, 회전방향을 빠른 시간내에 판별할 수 있는 기능이 포함되어야 사고를 미연에 방지할 수 있다.

기중기에 사용되는 타코제너레이터는 여러 종류가 있으며 본 연구에서는 최대속도 1000RPM을 가지는 것을 기준으로 한다. 타코제너레이터는 발전기와 같은 원리로 회전수에 따라 전압을 발생하며, 회전방향에 따라 음전압과 양전압을 발생한다. 그림 2는 타코제너레이터의 시간에 대한 전압변화율을 측정하여 나타낸 것이다. 그림 2 (a)는 기중기의 기어(gear)를 중립에서 4단으로 변화시킨 후 시간에 대한 타코제너레이터의 출력전압을 나타내고, 그림 2 (b)는 4단에서 정지하는 데까지 걸리는 시간을 그래프로 나타낸 것이다. 타코제너레이터의 출력전압이 0V에서 10V까지 도달하는 시간은 약 7초가 걸리며, 선형적으로 증가함을 알 수 있다. 그리고 4단 기어에서 정지하는 데까지 걸리는 시간은 약 5초가 걸린다. 타코제너레이터의 시간에 대한 전압 변화의 최대변화율을 구하면 식 (1)과 같다.

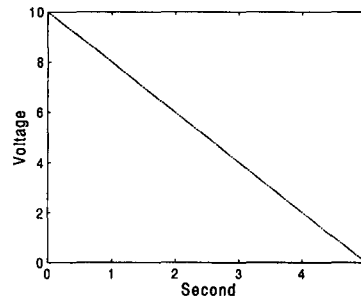
$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{10}{5} = 2(V/S) \quad (1)$$

따라서 주파수-전압 변환장치의 슬루레이트 (slew rate)는 2(V/S) 이상으로 동작하여야 한다.



(a) 중립에서 기어 4단으로 가속

(a) Acceleration from a neutral to 4 stage of gear



(b) 기어 4단으로부터 정지상태로 감속

(b) Deceleration from 4 stage of gear to a neutral

그림 2. 시간에 대한 타코제너레이터의 출력전압

Fig. 2 Output voltage characteristics of a tacogenerator for time

그림 3은 RPM의 변화에 대한 출력전압의 변화를 나타낸 것으로 RPM에 따라 출력 전압이 선형적으로 증가함을 알 수 있다. 전압에 대한 RPM의 변화율  $\frac{\Delta RPM}{\Delta V}$  은 식 (2)로 주어진다.

$$\frac{1038}{10} (RPM/V) = 103.8(RPM/V) = 10.38(RPM/0.1V) \quad (2)$$

따라서 주파수-전압 변환장치는 10.38 RPM에 대하여 0.1V 이상의 변화율을 가져야 한다. 그리고 타코제너레이터는 발전기와 같이 동작하므로

변환장치는 회전의 방향에 대하여 양, 음 전압을 발생하여야 한다.

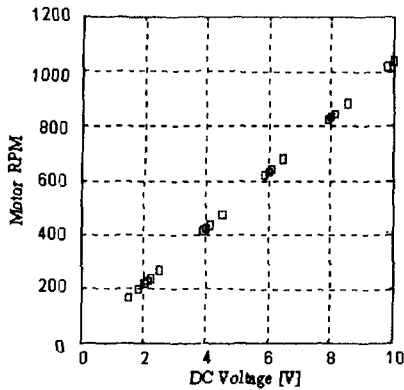


그림 3. 전압에 대한 타코제너레이터의 RPM의 변화  
Fig. 3 RPM characteristic of a tacogenerator for voltage

### III. 회전수-전압 변환장치

모터의 회전수-전압 변환장치는 그림 4와 같이 모터의 회전을 광센서로 측정하는 로타리 엔코더부, 마이크로프로세서를 사용하여 모터의 회전수를 계산하는 속도측정부, 회전수를 LCD에 표시하는 RPM display부, 모터의 방향을 판별하는 방향판별부로 구성된다.

모터의 회전이 로타리엔코더의 입력으로 주어지면 로타리엔코더의 출력에서 회전에 따른 펄스파형을 발생한다. OUTPUT은 모터의 회전수에 의존하여 -10V~+10V 사이의 출력전압을 발생하고, EM은 모터의 회전수가의 최저, 최대 속도를 벗어나면 위험하다는 것을 알리는 신호이며, OS와 LS는 최대와 최소속도를 벗어나면 HIGH가 된다. drctn은 모터의 회전방향에 따라 -10V, +10V, 0V의 값을 출력하며, RR과 LR은 모터가 시계방향과 반시계방향으로 각각 회전하는 것을 나타낸다. OUTPUT, EM, drctn은 모터의 제어에 사용되기 위하여 그림 1의 속도제어기로 되돌려진다. OS, LS, RR, LR은 변환기 내

에서 모터의 상태를 알려준다. Gear 0, 1은 속도 제어부에서 모터의 기어 단수를 알려주는 입력 단자이다.

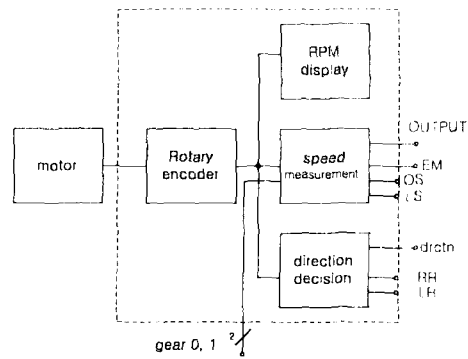
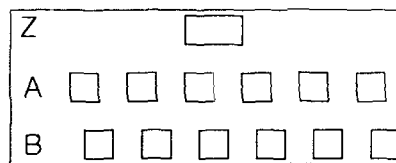


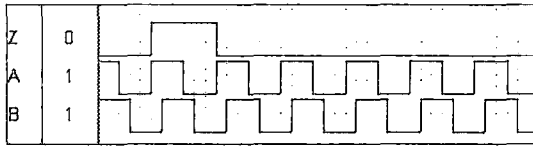
그림 4. 회전수-전압 변환장치의 블록 다이어그램  
Fig. 4 Block diagram of the transducer

### 3.1 로타리엔코더

로타리엔코더는 커플링을 사용하여 모터축과 연결되어 있으며, 원판에 그림 5 (a)와 같이 3열의 홈이 있다. Z 열은 동기를 맞추기 위하여 1개의 홈이 있고, A, B 열에는 각각 60개의 홈이 있으며 서로 겹쳐 뚫려있다. 원판의 한 면에는 발광다이오드가 있고 반대 면에는 포토센서가 있어 원판이 회전함에 따라 홈으로 통과된 빛이 포토센서에 감지되어 그림 5 (b)와 같이 구형파를 발생한다. 모터가 한번 회전할 때마다 60개의 구형파가 발생하므로 모터가 6° 회전할 때마다 1개의 구형파가 발생한다.



(a) 로타리엔코더 원판 구조  
(a) Array of holes



(b) 출력 파형(시계방향)  
(b) Output waveform(clockwise direction)

그림 5. 로타리엔코더의 원판 홈배열 및 출력파형  
Fig. 5 Hole array and output waveform in a rotary encoder

### 3.2 모터의 속도 측정 및 표시

모터의 속도를 측정하는 장치는 그림 6과 같이 8 비트 마이크로프로세서인 PIC16F84[4-6], 디지털 신호를 아날로그신호로 변환하는 DAC 및 DAC의 출력을 주제어판의 입력에 맞도록 변환하는 레벨시프터로 구성된다. A는 로타리엔코더의 A 출력이고, D는 방향판별회로에서 들어오며 모터의 회전방향을 나타낸다.

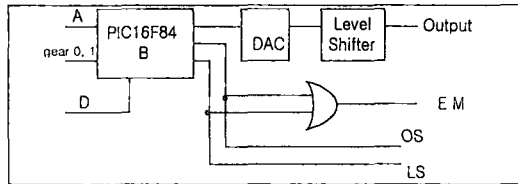


그림 6. 속도측정부의 블럭도  
Fig. 6 Speed-measurement block diagram

모터가 회전하면 로타리엔코더에 의해 펄스파가 출력되며, 이신호는 PIC16F84 B의 TMR0의 입력으로 들어간다. 모터의 최대 회전수는 약 1000RPM이며, 기어(gear)의 각 단의 회전수는 표 1과 같다. 이 회전수는 1분 동안에 회전하는 수이므로 실시간 회전수를 알 수 없을 뿐만 아니라 정확한 값을 얻을 수 없으므로 모터의 1회전을 60 분주한 엔코더의 출력을 TMR0의 입력으로 사용한다. 그리고 0.1초 동안에 발생한 엔코더의 펄스 수를 계산한다. 기어 각 단의 기준 펄스 수에서  $\pm 10\%$ 의 범위를 벗어나면 LED가

발광하며 Buzzer가 울려서 사용자에게 알려주고, 동시에 EM 신호를 발생하여 기중기의 속도제어 보드에 알려주어 모터의 동작을 멈추게 한다.

표 1. 기어 단수에 대한 모터의 회전수  
Table. 1 The turn number of the motor for gear steps

	1단	2단	3단	4단
모터의 RPM	250	500	750	1000
Rotary encoder RPM	1500	3000	4500	6000
0.1SEC	25	50	75	100
$\pm 10\%$	22-28	45-55	78-82	90-110

그림 7은 OUTPUT과 EM 신호를 발생시키는 순서도이다. TMR0을 초기화시키고 0.1초 동안의 회전수를 계산하여 각단의 회전수와 비교하여 범위를 벗어나면 EM 신호를 발생시킨다. 모터가 기준회전속도 범위 내에 있으면 방향판별 회로에서 판별된 방향(D)에 따라 회전방향을 선택하여 표 2에 있는 DAC 입력코드가 있는 table에서 알맞은 코드 값을 DAC로 출력한다.

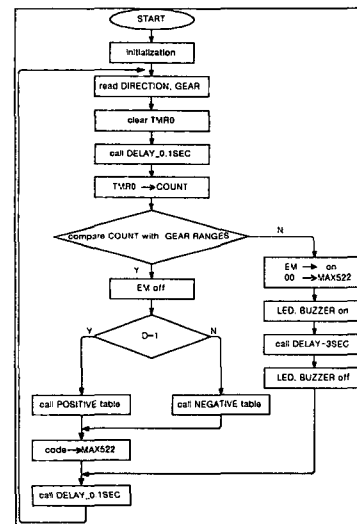


그림 7. EM신호 발생 순서도  
Fig. 7 The flowchart generating the EM signal

### 3.2.1 DA 변환

마이크로프로세서에서 계산된 모터의 회전수를 속도제어기의 전압과 비교하기 위해서는 디지털 신호를 아날로그 신호로 변화하여야 하며, 이 과정에 DA 변환기가 사용된다. 이 때 병렬통신은 많은 pin을 필요로 하므로 핀수를 줄이기 위하여 8-bit serial input DA converter인 MAX522[7]를 사용한다. MAX522는 chip select, data input, clock를 사용하여 PIC와 통신한다. 표 2는 모터의 회전수와 MAX522 출력전압의 관계를 간단히 나타낸 것이다. 모터가 정방향으로 회전하면 출력은 2.5V~4.5V 사이에 있고, 역방향으로 회전하면 0.5V~2.5V 사이의 값을 출력한다.

표 2. 회전수에 대한 DA converter의 출력전압  
Table. 2 Output voltage of DAC for turns

펄스수 (0.1sec)	DAC 입력 코드(16진수)	DAC 출력전압(V)
+100	e0	4.5
+70	c7	4.0
+50	ae	3.5
+25	96	3.0
0	80	2.5
-25	67	2.0
-50	4e	1.5
-75	35	1.0
-100	1c	0.5

그림 8은 PIC16F84에서 MAX522로 데이터를 전달하는 순서도이다. 먼저 control word를 보내고 연달아 data를 보낸다. SEND\_DATA subroutine은 PIC에서 8비트의 데이터를 MAX522로 보내는 과정을 나타낸 것이다.

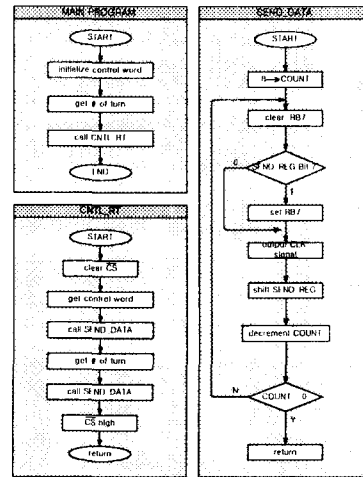


그림 8. MAX522의 제어순서도  
Fig. 8 The flowchart controlling the MAX522

### 3.2.2 레벨시프트

타코제너레이터의 출력전압은 -10V ~ +10V 사이의 값을 가진다. 그러나 MAX522의 출력은 0.5V와 4.5V 사이의 값을 가지므로 타코제너레이터의 출력전압과 맞추기 위하여 레벨변환을 시켜야 한다. 그림 9 (a)에서 첫 번째 741 op-amp는 -2.5V를 만들기 위한 회로로 LM336[8]를 사용하여 2.5V 기준전압을 만들어 op-amp의 부입력에 인가하여 -2.5V를 생성한다. 이 전압은 MAX522의 출력전압과 합쳐져 가산기의 역할을 하는 다음 단 op-amp의 입력단으로 들어간다. 가산기의 출력전압을 구하면 다음과 같다.

$$V_A = -\frac{R_{19}}{R_{18}} V_{ref} \quad (3)$$

$$V_B = -\frac{R_{20}}{R_{15}} (V_A + V_i) \quad (4)$$

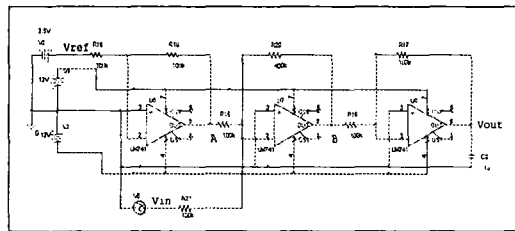
$$V_{out} = -\frac{R_{17}}{R_{16}} V_B \quad (5)$$

만약  $R_{18} = R_{19}$ 이고  $R_{16} = R_{17}$ 이면

$$V_{out} = -\frac{R_{20}}{R_{15}}(-V_{ref} + V_i) \quad (6)$$

식 (6)에서와 같이  $R_{20}$ 의 크기를 조절하여 출력전압이  $-10V \sim +10V$  사이의 값을 가지도록 한다.

MAX522의 출력이 반전되어 두 번째 op-amp의 출력단에 나타나므로 마지막 op-amp는 입력을 반전시키는 inverter의 역할을 수행한다. 그림 9 (b)에 Pspice를 사용하여 레벨시프트의 모의실험한 결과를 보여준다.



(a) 레벨시프트 회로도  
(a) Level shifter circuit



(b) 시뮬레이션 결과  
(b) Simulation result

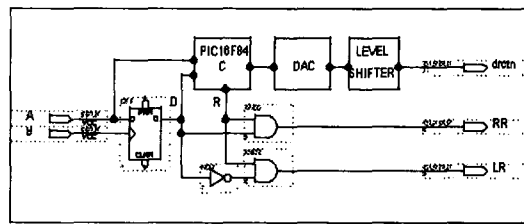
그림 9. 레벨시프트의 회로도 및 출력파형  
Fig. 9 Circuit and output waveforms of a level shifter

### 3.2.3 모터의 RPM 표시

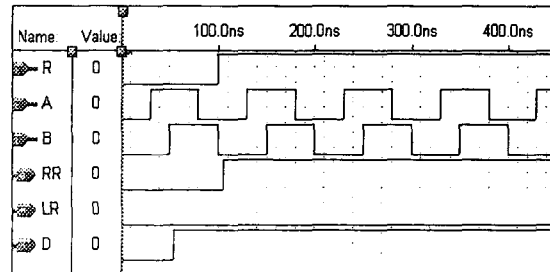
모터의 회전수는 엔코더 펄스 사이의 시간을 측정하여 주파수를 계산하고 RPM을 구하여 single line 8 characters의 LCD에 표시한다.

### 3.3 모터의 회전방향 판별회로

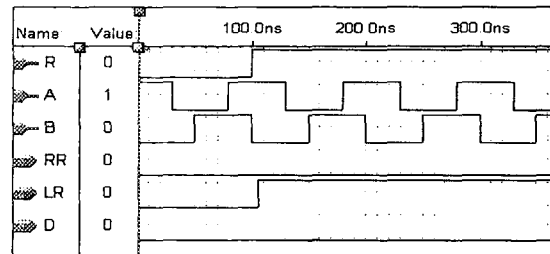
모터의 회전방향은 엔코더의 출력을 사용하여 판별할 수 있다. 엔코더에 있는 2개 열의 홈으로부터 약간의 시차를 가지는 2개의 구형파가 발생하므로 이를 이용할 수 있다. 그림 10은 모터의 방향판별회로와 모의실험결과를 나타낸 것이다.



(a) 회로도  
(a) Circuit



(b) 시계 방향 모의실험 결과  
(b) Simulation result for clockwise direction



(c) 반시계 방향 모의실험 결과  
(c) Simulation result for counter clockwise direction

그림 10. 모터의 회전방향 판별회로 및 모의실험 결과  
Fig. 10 Simulation results for turn direction

그림 10 (a)는 모터의 회전방향을 판별하는 회로이다. R 파형은 PIC16F84가 타코제너레이터의 A 입력을 받아서 출력한 것으로 모터가 움직이면 HIGH, 움직이지 않으면 LOW를 나타내고, DAC와 레벨시프트의 동작원리는 속도측정부에서와 같다. 그림 10 (b)는 MAX+PLUS II 시뮬레이터를 사용하여 방향판별회로를 시뮬레이션한 결과이며, 그림에서 A, B는 로타리엔코더의 2개의 출력파형이다. 시계방향인 경우 B 입력의 상승에지에서 D-F/F의 출력은 HIGH가 되어 RR 신호가 HIGH가 된다. 표 3은 입력에 따른 방향판별회로의 상태를 보여준다.

표 3. 방향판별 회로의 출력 상태  
Table. 3 Output states of direction-decision circuit

R	D	RR	LR	drctn	
0	x	0	0	0V	정지
1	1	1	0	+10V	시계방향
1	0	0	1	-10V	반시계방향

속도제어기에서는 모터의 회전방향을 사용하기 위하여 시계방향일 경우에는 +10V, 반시계방향일 경우에는 -10V, 동작하지 않을 경우에는 0V의 전압을 필요로 한다. drctn에 필요한 출력을 보내기 위하여 PIC16F84 프로그램에 대한 순서도는 그림 11과 같다. PIC16F84는 전원이 인가 되면 R 포트에 LOW를 출력하여 RR과 LR을 LOW로 만든다. 그리고 마이크로프로세서는 0x80을 DAC로 보내 drctn이 0V를 유지하도록 한다. 모터가 회전하면 마이크로프로세서는 모터의 회전수를 계산하여 회전수가 0보다 크면 R 포트를 HIGH로 출력하여 D-F/F의 출력이 전달되도록 한다. 모터가 정지상태에 있을 때는 0x80을 DAC로 보내 0V를 나타낸다. 그리고 모터가 시계방향으로 회전하면 0xFF를 DAC로 출력하여 drctn이 +10V가 되도록 하고, 반시계방향으로 회전하면 0x00를 DAC로 출력하여 drctn이 -10V가 되도록 한다.

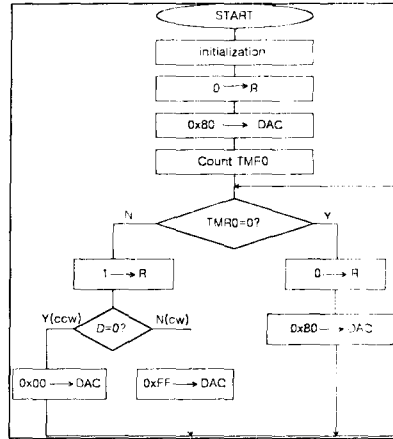
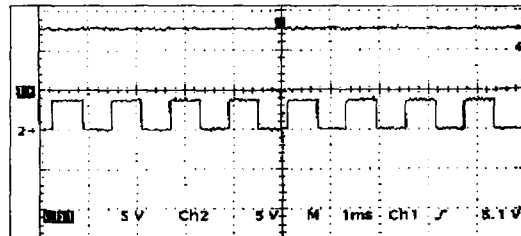


그림 11. drctn 신호 출력 알고리즘  
Fig. 11 Algorithm of drctn signal

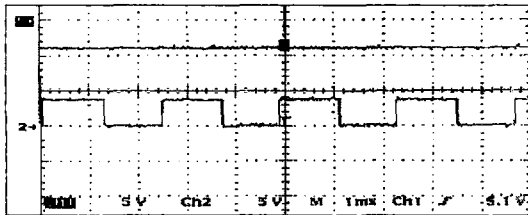
#### IV. 실험 결과

그림 12는 OUTPUT의 출력파형을 오실로스코프로 측정한 것으로, 첫 번째 파형은 OUTPUT의 출력전압, 두 번째 파형은 타코제너레이터의 A 파형을 나타낸다. 그림 12 (a)는 모터가 시계방향으로 825 RPM으로 회전할 때의 출력파형을 측정한 것으로 OUTPUT 출력전압이 7.9V를 나타내고 있다. 그림 12 (b)는 반시계방향으로 414 RPM으로 회전시의 OUTPUT의 출력파형으로 -3.9V를 나타내고 있다. 그림 12의 이 결과는 그림 3에서 보여준 그래프와 일치한다는 것을 알 수 있다.



(a) 시계방향  
(a) Clockwise direction





(b) 반시계방향  
(b) Counter clockwise direction

그림 12. OUTPUT 신호의 출력전압  
Fig. 12 Output voltage of OUTPUT signal

그림 13은 모터가 시계방향으로 회전하고 있을 때의 방향판별회로의 D 신호를 측정한 것이다. 그림에서 두 번째, 세 번째 파형은 로타리엔코더의 A, B의 출력파형이며, 첫 번째 파형은 D의 출력전압이다. D는 5V를 가르키고 있으므로 모터가 시계방향으로 회전하는 것을 판별할 수 있다.

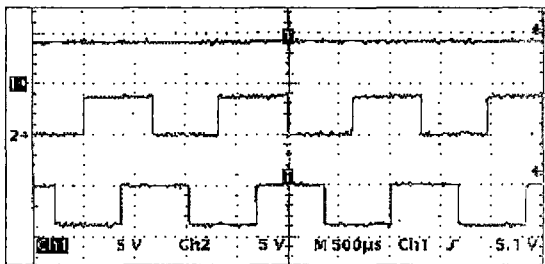
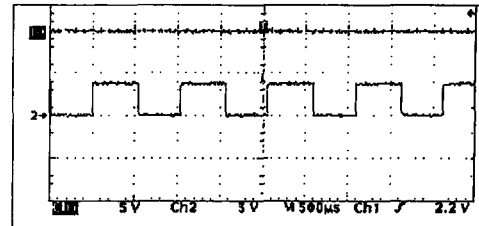
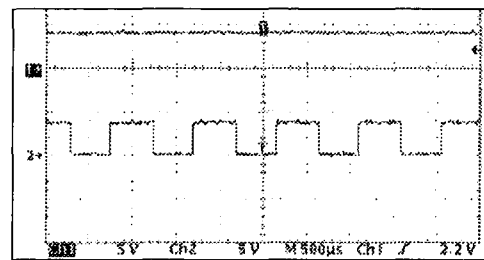


그림 13. 방향판별 신호 출력  
Fig. 13 Output of D signal

그림 14는 모터의 회전수가 최대치를 벗어났을 때의 EM 신호의 파형을 보여주며, 첫 번째 파형은 EM 신호의 출력전압, 두 번째 파형은 타코제너레이터 A의 출력파형이다. 그림 14 (a)는 제한속도 내에서 모터가 회전하는 경우에 EM 신호가 0V이며, 그림 14 (b)는 모터가 최대속도를 벗어나 1100 RPM으로 회전하고 있을 때 EM 신호의 파형으로 5V를 나타내므로 HIGH 신호를 주제어기로 보낼 수 있다.



(a) 모터의 회전수 < 최대회전수  
(a) Current turn number < maximum turn number



(b) 모터의 회전수 > 최대회전수  
(b) Current turn number > maximum turn number

그림 14. EM 신호 출력  
Fig. 14 Output of EM signal

실험 및 측정결과에서 개발된 변환장치는 타코제너레이터의 성능을 잘 만족시키고 있으며, 모터의 과속과 저속시에 위험신호를 발생한다. 그리고 모터의 회전방향에 따라 +10V, -10V를 출력하여 모터 제어부로 되돌려 준다.

## V. 결론

본 논문에서는 기중기에 사용되는 모터의 회전수를 전압으로 변환하는 장치를 개발하였다. 회전수-전압 변환장치는 로타리엔코더로 모터의 회전을 감지하며, 마이크로프로세서를 사용하여 회전수를 계산하고 그 값을 전압으로 변환한다. 개발된 장치는 타코제너레이터의  $\frac{\Delta V}{\Delta t}$ ,  $\frac{\Delta RPM}{\Delta V}$  사양을 잘 만족하였다. 그리고 모터가

제한된 회전수 범위를 벗어나면 위험을 알리는 EM 신호와 모터의 회전방향을 알려주는 회전방향판별 drctn 신호를 가지고 있다. 따라서 기존의 기증기에 최소한의 인터페이스를 사용하여 타코제너레이터를 대신할 수 있으며, EM과 drctn 신호를 사용하여 기증기의 동작중에 고장이 발생할 확률을 낮출 수 있다. 또한 타코제너레이터에 비하여 생산단가가 월등히 저렴하여 제조업체의 가격경쟁력을 향상시킬 수 있을 것이다.

### 감사의 글

본 연구는 과학기술부·한국과학재단 지정 지역협력연구센터인 여수대학교 “설비자동화 및 정보시스템 연구개발센터”의 지원에 의해 연구되었으며 이에 감사드립니다.

### 참고 문헌

- [1] (주)신영기공, “O.S/S & RD control Device”, technical note, 2000.
- [2] TR WOOD’S Incorporated, “Dura-Flex Coupling”.
- [3] Autonics, “Autonics total catalogue”,
- [4] Davis Benson, “PIC’n up the pace”, Square 1, 1999
- [5] Roger L. Stevens, “Serial PIC’n”, Square 1, 1999
- [6] Microtechnology Inc. “18-pin Flash/EEPROM 8-bit Microcontroller”, 1998.
- [7] Maximum Integrated, “Dual, 8-bit, voltage-output Serial DAC in 8-pin SO Package”, 1995.
- [8] National Semiconductor Co. “ LM335A Precision Temperature Sensor”, 1999.

김강철(Kangchul Kim)

제3권 제4호 참조