

기증기의 모터속도 측정장치 개발

김강철
여수대학교 컴퓨터공학과

Development of the speed-measurement device of motor in a crane

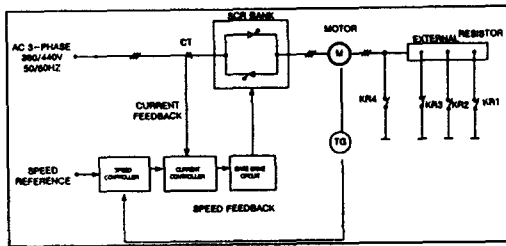
Kangchul Kim
Dep. of Computer Engineering, Yosu National University

Abstract

The conventional motor in a crane has a tacho generator to feed back the number of turns. The tacho generator is contacted to a motor shaft through the coupling. Errors has been often generated because the coupling has worn out while the motor is turning. In this paper, we design the speed-measurement device of motor in a crane. The device is composed of PIC16F84 controller, photo sensor, and analog-to digital converter. The photo sensor measures the turn of a motor without contact so the device decreases the probability of errors. And The device can acknowledge the turn direction of the motor with a single sensor and two color reflectors.

1. 서 론

광양제철 연판단지에서는 철강이나 컨테이너 등을 이동시키기 위하여 많은 기증기가 사용되고 있다. 기증기들 중에는 오래 전에 제작되어 기계식으로 제어되므로 오동작을 일으킬 확률이 높고 접점부근에서 고장이 자주 발생하고 있다. 기증기는 440V/60Hz의 전압을 사용하여 모터를 구동한다. 모터의 오동작을 방지하기 위하여 입력에 CT(current transducer)를 사용하고, 기준 회전수보다 높거나 낮은 것을 감지하기 위하여 모터의 축에 타코제너레이터를 설치하는 회전수의 오차를 감지하는 이중보호장치를 가지고 있다. 모터의 과부하 동작을 방지하기 위하여 전원의 입력이 CT(current transducer)를 통하여 전달되도록 하여 어느 이상의 전류가 흐르면 전류제어기에서 모터의 동작을 정지하게 한다. 특히 모터의 회전수의 정확한 측정은 안전사고를 예방할 수 있으며 고장을 일으킬 확률을 줄일 수 있다. 현재 사용 중인 모터에서는 <그림 1>과 같이 모터의 회전수를 타코제너레이터를 사용하여 측정하여 유도기전력을 발생하여 속도제어기로 되돌려 보낸다.[1]



<그림 1> 기증기의 모터 제어부

<Fig. 1> The block diagram for the motor controller

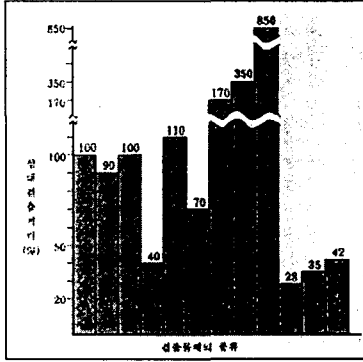
여기서 기준속도에 맞지않을 경우에는 속도제어기가 동작하여 동작을 멈추도록 한다. <그림 1>에서와 같이 타코제너레이터는 모터축에 접촉되어 있으므로 오랫동안 사용하면 자연 마모되고, 타코제너레이터가 회전하므로 타코제너레이터의 생명주기 보다 빨리 고장이 발생하여 유지보수의 경비를 증가시킨다. 따라서 기계적 장치인 타코제너레이터 coupling에 발생하는 문제점과 과속(overspeed) 발생시 설비안전 사고의 문제점, coupling 소손시 타코제너레이터까지 소손이 되어 설비가동률 지연사태가 많이 발생하므로 기계식으로 동작되는 기존의 제어 시스템을 전자식으로 바꿔 정비자의 신뢰를 확보하고 사고 및 설비지연을 해결하는 모터의 속도측정장치와 이를 제어하여 전달하는 장치의 개발이 필요하다. 회전수를 계산하여 연산된 결과를 LCD에 표시하고, 기어의 단수에 따라 모터의 과속/저속을 판별하고, 회전수를 DAC로 전달하는 제어기로 PIC16F84를 사용한다. 이 제어기는 8-bit 마이크로프로세서로 35개의 명령어를 가지고 있어 간단한 제어기의 설계에 아주 유용하다. 그리고 PIC16F84[2,3,4]는 EEOROM 형태의 명령어 메모리를 내장하고 있어 프 로토타입 제작에 적합하다.

본 논문에서는 기증기 및 대차관련 전동기의 속도제어시 발생하는 문제점을 줄이기 위한 장치를 개발한다. 기증기의 모터속도 측정장치는 무접점으로 모터의 회전을 측정하기 위한 광센서부, 센서부에서 들어오는 입력으로부터 회전수를 계산하여 LCD에 표시하는 LCD 표시부, 회전수를 전압으로 변환시키기 위한 DA converter, DA converter의 출력을 speed control의 입력으로 맞추기 위한 레벨시프트로 구성된다. 본 논문은 1장에서 연구의 배경에 관하여 설명하고, 2장에서는 무접점으로 모터의 속도를 측정하는 방법을 기술한다. 3장에서는 무접점 속도측정장치의 설계와 구현에 관해 기술하고, 4장에서는 결론을 기술한다.

2. 무접점 속도측정

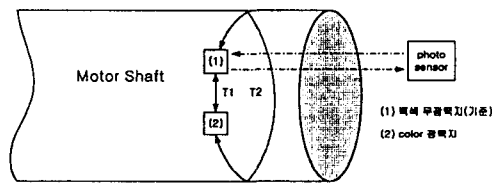
기존에 제작된 기증기의 대부분은 <그림 1>에서와 같이 모터의 회전수를 측정하기 위하여 타코제너레이터를 사용하여 회전수에 따른 유도기전력을 발생하여 속도제어기로 보내진다. 이 값은 표준속도와 비교하여

현재의 속도가 원하는 값인지를 판별하게 된다. 이와 같은 방법은 타코제너레이터가 모터에 접촉하고 있으므로 마모가 심하고 고장이 쉽게 발생하게 된다. 그리고 현재의 속도가 기준속도와 한계이상의 차이가 발생하더라도 모터를 정지시키는 기능이 들어 있지 않아 사고의 발생율이 높게 된다



<그림 2> 검출체의 색상에 따른 상대검출 거리
<Fig. 2> The relative detection length for colors

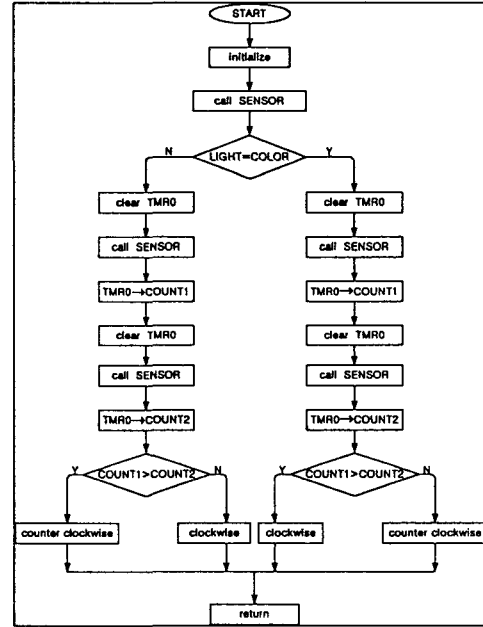
본 연구에서는 모터의 shaft에 붙어있는 타코제너레이터를 제거하고 대신에 광센서를 사용하여 모터의 회전수를 측정하는 디지털 회로를 사용한다. 광을 매체로 사용하는 포토센서(photo sensor)는 무접촉 방식으로 물체를 검출하므로 검출물체에 물리적인 손상이나 영향을 주지 않으며, 빛을 이용하기 때문에 고속으로 물체의 검출이 가능하다. 그리고 <그림 2>와 같이 반사물체의 색상에 따라 반사광량의 차이에 의해 색상이 판별이 가능하다.[5] 포토센서의 검출형태는 투과형, 미러반사형, 직접반사형이 있으며, 본 연구에서는 직접 반사형 포토센서를 사용한다.



<그림 3> 포토센서의 반사판 배치
<Fig. 3> The placement of two reflectos

모터의 회전수는 발광부에서 빛을 보내면 모터의 축에 부착된 반사판에서 반사되는 빛의 강도를 측정하여 계산하게 된다. 그러나 모터의 방향은 1개의 포토센서를 사용해서는 판별할 수가 없다. 따라서 본 연구에서는 백색무광택지와 색상광택지 2개의 반사판을 부착하여 회전의 방향을 판별할 수 있다. 즉 모터가 이전에 어느 위치에서 멈춰섰든지에 관계없이 방향을 측정하기 위하여 <그림 3>과 같이 두 개의 반사판을 가까이 배치한다. 모터가 한바퀴를 회전한 후에 두 반사판 사이의 긴 시간을 나타내는 부분을 찾아내고 긴 시간이 지난 후에 먼저 나타나는 색상으로 방향을 판별할 수 있

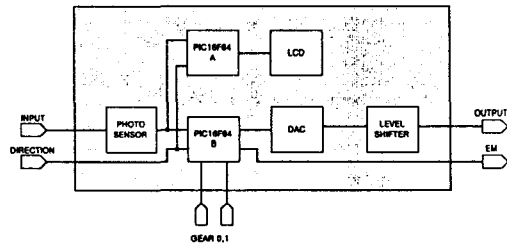
다. 즉 백색무광택지가 먼저 나타나면 시계방향으로 회전하고 있으며, 색상광택지가 먼저 나타나면 반시계 방향으로 회전한다는 것을 알 수 있다. <그림 4>는 방향을 판별하는 과정을 순서대로 나타낸 것이다.



<그림 4> 방향판별 순서도
< Fig. 4> The flowchart of a direction decision

3. 속도측정장치 구성

본 연구에서 개발하는 PCB 보드는 <그림 5>와 같이 모터의 회전을 측정하는 광센서부, 회전수를 LCD에 표시하는 display부, 회전수를 전압으로 변환하는 DAC부, 전압을 타코제너레이터의 출력과 같은 전압으로 변환하는 level shifter부로 구성된다.



<그림 5> 블록 다이어그램
<Fig. 5> Block diagram

입력에는 모터가 한번 회전할 때마다 반사판으로부터 반사되는 빛을 측정하여 전기신호로 변환시키는 센서의 출력신호인 INPUT과 모터의 방향을 알려주는 DIRECTION이 있다. 출력은 모터의 회전수가 정해진 범위를 벗어나면 위험신호를 발생하는 EM과 회전수

와 방향에 따라 -10V에서 +10V 사이의 전압을 출력하는 OUTPUT으로 구성된다.

1) 모터의 회전수 측정과 LCD 표시

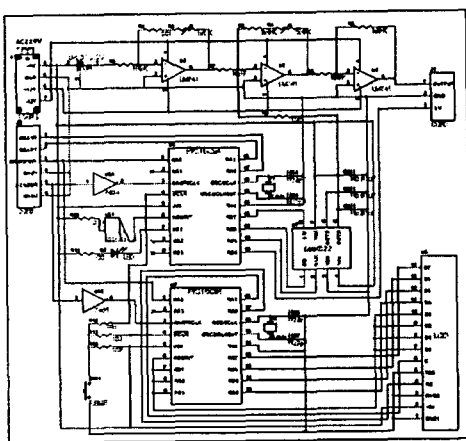
모터의 회전수를 측정하는 방법에는 여러 가지가 있으나 무접촉방식으로 응답속도가 빠르며 자기와 진동의 영향을 적게 받는 포토센서를 사용한다. 본 연구에서는 기중기의 샤프트에 반사판을 부착하여 반사되는 광의 크기를 판별하여 회전수를 측정한다. 직접반사형 포토센서를 사용하여 반사된 광을 수광부가 직접 검출한다. 수광부는 광도특성을 향상시키기 위하여 포토드랜지스터를 사용한다.

반사판에 반사되어 들어온 빛을 포토센서가 감지하여 구형파를 만들며, 이신호는 PIC16F84의 TMR0의 입력으로 들어간다. 모터의 회전수는 <표 1>과 같이 100 - 700 RPM 사이에 있다. 이 회전수는 1분동안에 회전하는 수이므로 LCD에 1분 후에 회전수를 표시하면 실시간 회전수를 알 수 없으므로 약 6 SEC 동안에 회전하는 수를 LCD에 표시한다.

각 단의 회전수의 범위는 1단과 2단은 20%, 3단과 4단은 10%의 범위를 벗어나면 LED가 발광하며 Buzzer가 울려서 사용자에게 알려주고, 동시에 EM 신호를 발생하여 기중기의 속도제어 보드에 알려주어 모터의 동작을 멈추게 한다. <그림 6>은 기중기의 모터 속도 측정장치의 회로도다.

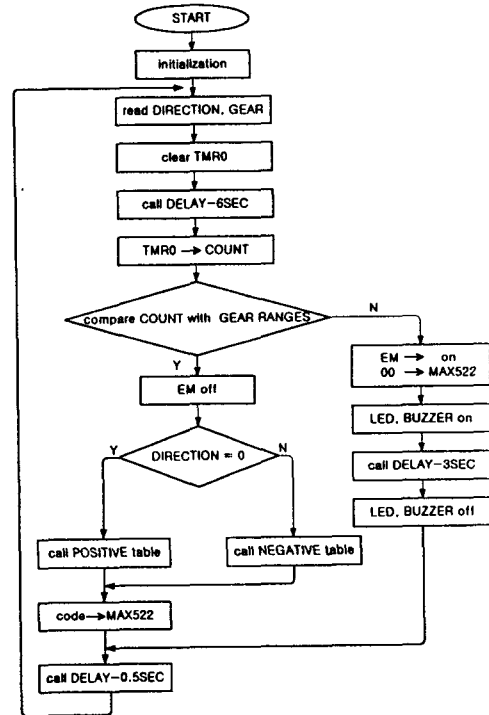
표 1. 모터의 회전수
<Table 1> The turn number of the motor

기어	1단	2단	3단	4단
RPM	100	300	500	700
6SEC	10	30	50	70
±20%	8-12	24-36	40-60	56-84
±10%	9-11	27-33	45-55	63-77



<그림 6> 속도측정장치 회로도
<Fig. 6> The Schematic of speed-measurement device

<그림 7>은 OUTPUT과 EM 신호를 발생시키는 순서도이다.



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

모터의 회전수는 LCD에 회전방향과 함께 표시된다. 하나의 마이크로프로세서를 사용하여 MAX522 LCD를 multiplexing하여 제어하거나 또는 병렬통신을 사용하여 처리할 수도 있으나 부대비용이 증가하므로 LCD를 제어하기 위한 마이크로프로세서를 별도로 두어 LCD 표시 제어에 전담할 수 있도록 한다.

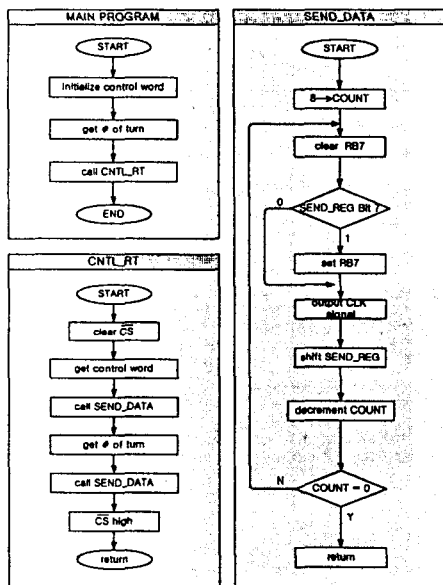
2) DA 변환

마이크로프로세서에서 6초 동안에 계산된 모터의 회전수를 속도제어기와 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 DA converter인 MAX522[6]를 사용한다. MAX522는 chip select, data input, clock를 사용하여 PIC와 통신한다. <표 2>는 모터의 회전수와 MAX522 출력전압의 관계를 간단히 나타낸 것이다. 모터가 정방향으로 회전하면 출력은 2.5V~5V 사이에 있고, 역방향으로 회전하면 0V~2.5V 사이의 값을 출력한다.

<그림 8>은 PIC16F84에서 MAX522로 데이터를 전달하는 순서도이다. 먼저 control word를 보내고 연달아 data를 보낸다. SEND_DATA subroutine은 PIC에서 MAX522로 보내는 과정을 기술한 것이다.

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

6초 동안 회전수	출력전압(V)
+70	4.5
+50	4.0
+30	3.5
+10	3.0
0	2.5
-10	2.0
-30	1.5
-50	1.0
-70	0.5



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

3) 레벨시프트

타코제너레이터의 출력전압은 -10V ~ +10V 사이의 값을 가진다. 그러나 MAX522의 출력은 0V와 5V 사이의 값을 가지므로 타코제너레이터의 출력전압과 맞추기 위하여 레벨변환을 시켜야 한다. <그림 >에서 첫 번째 741 op-amp는 -2.5V를 만들기 위한 회로로 LM336[7]를 사용하여 2.5V 기준전압을 만들어부입력에 인가하여 -2.5V를 생성한다. 이 전압은 MAX522의 출력전압과 합해져 다음 단의 op-amp의 입력단에 사용되어 가산기로 사용된다. 가변저항을 조절하여 출력전압이 -10V ~ +10V 사이의 값을 가지도록 한다. MAX522의 출력이 역전되어 두 번째 op-amp의 출력단에 나타나므로 마지막 op-amp는 입력을 역전시키는 inverter의 역할을 수행한다. 마이크로프로세서에 +5V 전원과 OUTPUT이 -10V ~ +10V 사이의 값을 가지므로 ±12V 전원이 필요하므로 입력전압의 변화에 민감하지 않고 보호회로를 내장한 SMPS 전원을 사용한다.

4. 결론

본 연구에서는 기중기의 모터 회전수를 측정하는 타코제너레이터가 모터에 접촉되어 마모가 심하고 고장이 많이 발생하므로 이러한 단점을 제거하기 위하여 모터 회전수를 무접점으로 계산할 수 있는 측정장치를 개발하고 있다. 이장치는 하나의 포토센서를 사용하여 회전수 계산뿐만 아니라 회전방향을 측정할 수 있다. 따라서 기존의 기중기에 최소한의 interface를 사용하여 타코제너레이터를 대신할 수 있으며, 고장이 발생할 확률을 낮출 수 있다. 또한 타코제너레이터에 비하여 생산단가가 월등히 저렴하여 제조업체의 가격경쟁력을 향상시킬 수 있을 것이다.

5. 후기

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

참고문헌

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