

마이크로프로세서를 적용한 직류모터 제어방법 연구

The study on DC Motor control method applied by micro-processor

유신철† 박광환* 조동안**
Yu, Sin-Cheol Park, Kwang-Hwan Cho, Dong-An

ABSTRACT

This paper treats the method to build up Motor drive-circuit using semi-conduct control part like power transistor, MOSEFT and refers to the operation theory, forward, reverse rotation control and speed control method which is changed by PWM. And also, this paper mention to the basic principle of DC Motor and various Motor control method using micro-processor.

국문 요약

본 원고는 직류전원에서 사용하는 직류용 소형전동기(motor)로 전력용 반도체 제어소자인 Power Transistor, MOSFET를 이용하여 전동기(motor) 구동의 드라이브 회로를 구성하고 전동기 동작원리와 정·역회전의 회전방향 제어에 대하여 다루고자 한다.

그리고, 제동운전 및 펄스폭 변조(PWM)에 의해 가변되는 회전속도제어 방법에 대해 기술하여 직류용 전동기(motor)의 기본적인 원리를 이해함과 더불어 마이크로프로세서를 이용한 다양한 전동기(motor) 제어방법을 제시하였다.

† 책임저자 : 정회원, 서울메트로, 기술연구소, 대리
E-mail : ysc64@seoulmetro.co.kr
TEL : (02)6110-5036 FAX : (02)6110-5338
* 비회원, 서울메트로, 기술연구소, 차장
** 비회원, 서울메트로, 통신전자팀, 차장

1. 서론

최근 전력용 반도체 소자의 급속한 발전과 마이크로프로세서의 기술 향상은 고도의 제어 정밀성을 만족시키면서 전력 변환기의 발달을 가속화 시키고 있으며, 전력소자 개발로 소형 전동기에서 대형 전동기에 이르기까지 마이크로프로세서(마이컴)를 활용한 제어방법으로 전동기의 정, 역회전, 제동운전, 펄스폭 변조(PWM)를 이용한 가속과 감속의 속도제어가 가능하게 되었다.

산업기술의 발전과 반도체 제어소자의 개발로 전력용 Power 트랜지스터, MOSFET, GTO, IGBT 등의 전력제어소자가 출현되어 다양한 방법으로 산업기기에 이용되고 있다.

본 논문에서는 직류전원에서 사용하는 직류전압 50[V]이하의 소형 전동기(Motor)를 이용하여 전동기의 동작원리와 모터 드라이브의 전자회로 구성으로 제동과 정·역회전의 회전방향 제어와 마이크로프로세서를 이용한 다양한 전동기(motor) 제어방법을 제시하고자 한다.

2. 본론

2.1 직류 전동기(motor)의 기본 개요

모터(motor)는 회전력을 발생시키는 전동기(電動機)로 전기적 에너지를 역학적 에너지로 바꾸는 장치로 AC Motor나 Servo Motor, Stepping Motor 등 여러 종류가 있지만, 본 원고에서 다루고자하는 것은 전원전압 DC 50[V]이하에서 동작하는 전동기(motor)이다. 고정자인 영구자석과 회전자(전기자)인 코일로 구성된 것으로, 전기자에 흐르는 전류의 방향을 전환함으로써 자력의 반발, 흡인력으로 회전력을 생성시켜 용도에 맞게 사용하면 된다.

□ DC 모터의 특성

- (1) 기동 토크가 크다
- (2) 인가전압에 대하여 회전특성이 직선적으로 비례한다
- (3) 입력전류에 대하여 출력 토크가 직선적으로 비례하고 출력 효율이 양호하다

□ 토크(T)와 전류(I), 회전수(N)의 상호 관계

- (1) 토크(T)와 전류(I) 특성
 흘린 전류에 대해 직선적으로 토크가 비례한다.
 즉, 큰 힘이 필요한 때는 많은 전류가 필요하다.
- (2) 토크(T)와 회전수(N) 특성
 토크에 대하여 회전수는 직선적으로 반비례한다.

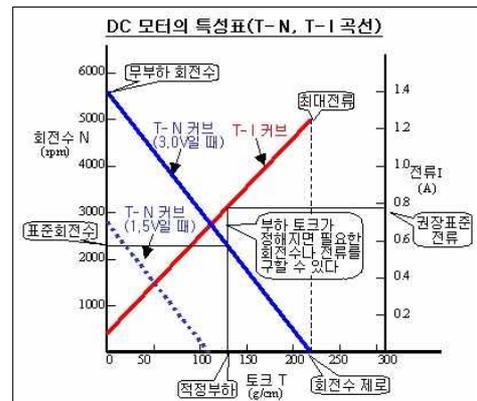


그림1. DC 모터의 특성곡선

이들 2가지 특성은 서로 연동하고 있기 때문에 3가지 요소는 위 그래프에서 상관관계를 볼 수 있다. 즉, 전류를 제어하면 회전수나 토크를 일정하게 제어할 수 있다.

2.2 직류 전동기(motor)의 회전원리와 제어

2.2.1 직류 전동기(motor)의 회전원리

DC 모터의 구동 원리는 자기장 속에서 전류가 흐르면 전류가 흐르는 도선은 힘을 받아 움직인다는 사실을 이용한 것으로 전기자에 전류를 공급함으로써 회전하는 전동기로 자극 N과 S사이에 코일을 두고, 이 코일에 전류를 흘림으로써 생기는 토크에 의해 회전시킨다. 이 코일이 중성 축을 통할 때마다 전류의 방향을 반전시켜 연속적으로 회전시킨다. 자기장의 방향과 전류의 방향에 따라 도선이 받게 되는 힘의 방향의 연관관계를 나타낸 것이 플레밍의 왼손 법칙으로 자계 내에서 직각방향으로 도체에 전류를 흘려주면 힘(F)이 작용하여 전동기(Motor)가 회전하게 된다.

전동기에 작용하는 힘(F)은 $F = IB \sin\theta$ [N]

여기서, I : 도체의 전류[A], B: 자속밀도[wb/m²], l : 도체의 길이[m], θ : I와 B의 각[°]

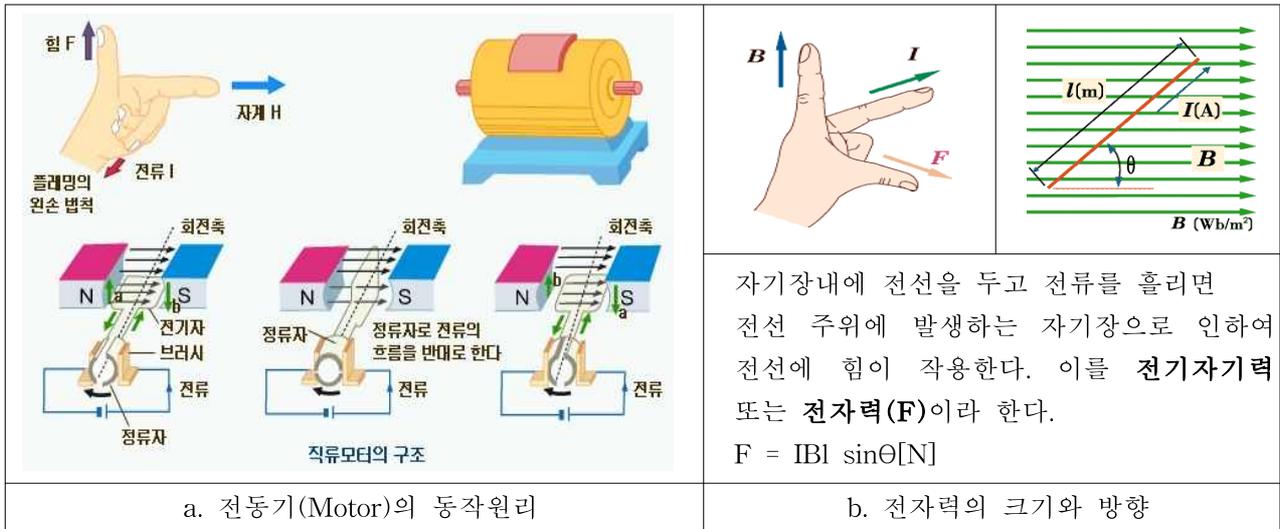


그림2. 전동기(motor)의 동작원리

2.2.2 직류 전동기 기동방법

$$I = \frac{V-E}{R_a} \quad [A] \quad \text{회전수(N)} = k \frac{V-I_a R_a}{\phi} \quad [rpm] \quad k = \frac{60a}{PZ}$$

전동기가 기동하는 순간 $E = 0$ 이므로 매우 큰 전류가 흐르므로 전기자에 직렬로 저항을 연결하여 전류를 제한(정격전류의 약1.5배)하고 토크(Torque : 회전력)는 증대한다.

2.2.3 직류 전동기 제어방법

전동기 속도제어는 계자제어, 저항제어, 전압제어, 직병렬 제어가 있으나 본 회로에서는 제어특성이 좋은 전압제어방법을 사용하여 전동기 회전속도(N)를 제어하도록 한다. 회전속도(N[rpm])제어 방법은 펄스폭 변조(PWM)로 전동기(motor) 전원공급원의 전압을 가감하여 속도를 제어한다. 제동제어 방법에는 역상제동(Plugging)으로 전기자의 결선을 바꾸어 역기전력에 의해 급제동하는 방법으로 단락제동이라 말하기도 한다. 전동기의 회전방향 제어는 전동기 드라이브 회로인 H형 Full Bridge 회로에서 제어신호에 의해 정(CW)회전, 역(CCW)회전으로 전동기가 회전하게 된다.

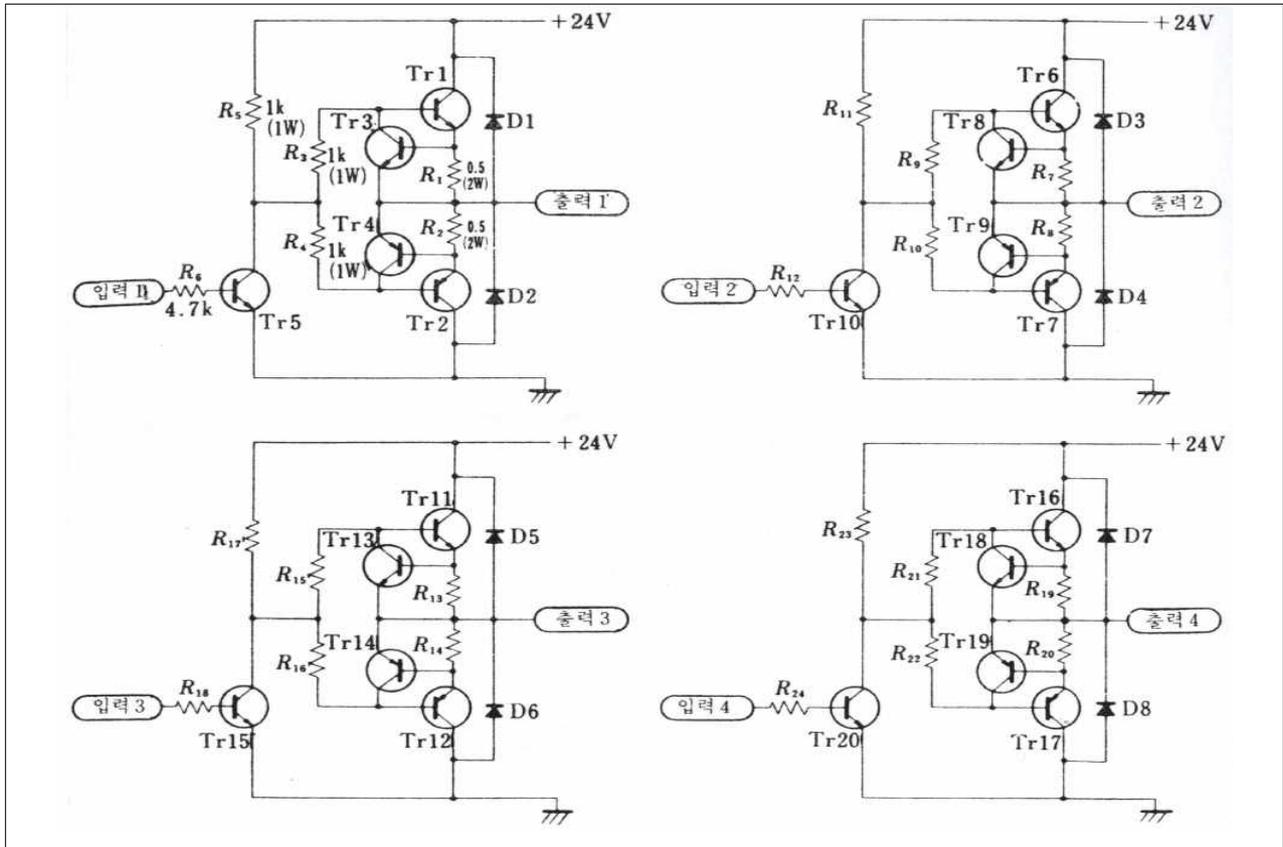
2.3 소형 전동기(motor) 구동 드라이브의 회로

2.3.1 Bipolar의 H형 Full-Bridge 회로

전력증폭회로에 사용되는 반도체 소자로는 트랜지스터, Power MOSFET, GTO, IGBT 등이 있어 사용목적에 따라 소자를 선택하여 사용한다. 대전력의 모터를 제어하고자 할 때는 주로 IGBT 전력소자를 사용하지만, 필자가 소개하는 전자회로에서는 직류 50[V]미만의 소형 모터를 사용하므로 전력 트랜지스터와 Power MOSFET의 전력증폭 반도체 드라이버 소자를 사용 하도록 한다.

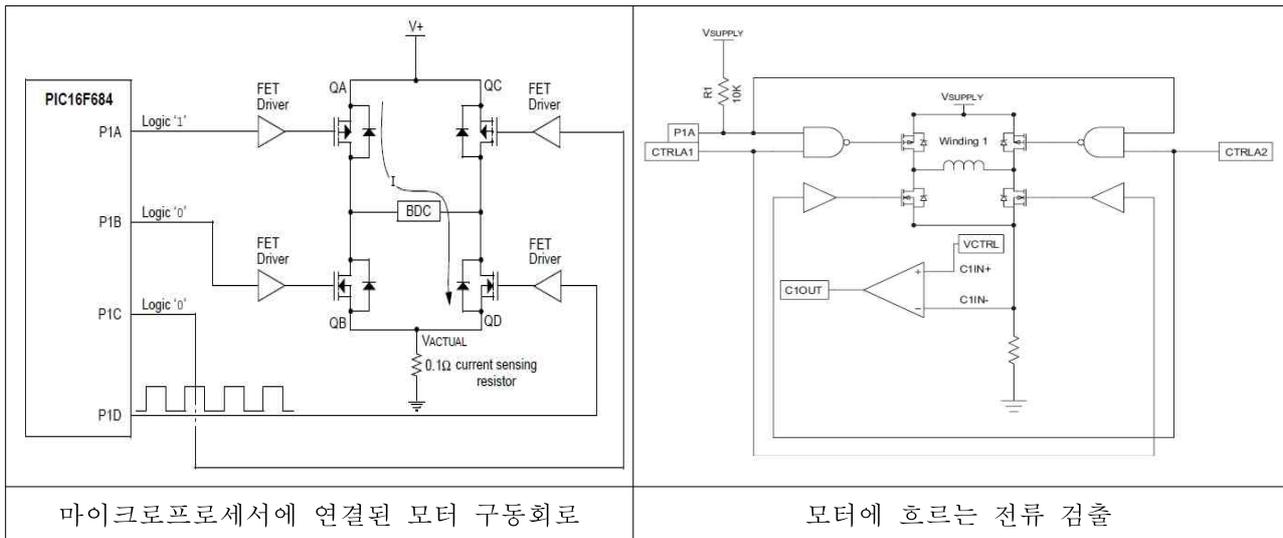
제어방법은 대형, 소형 전동기 구분 없이 동일하게 같은 방법으로 모터제어를 한다. 다시 말해서 정·역회전의 회전방향을 제어하기 위해서 스위치(sw1, sw2, sw3, sw4) 역할을 하는 전력소자인 트랜지스터나 MOSFET의 Q1, Q2, Q3, Q4로 전원 공급전압을 On, Off 스위칭함에 따라 전동기의 회전방향이 정해진다. 전동기(motor) 구동회로를 비교적 용이하게 실현할 수 있는 PNP형과 NPN형 트랜지스터를 사용한 이미터 폴로워 회로를 사용하여 전동기 회전방향 제어와 단락제동 제어를 하였다.

과전류 보호회로의 동작원리는 트랜지스터의 이미터전류를 검출하여, 정격전류를 오버하여 전류가 흐르도록 하면 그 트랜지스터의 베이스 전류를 제어하는 방식이다. 여기에 나타낸 모터 드라이브 회로에서는 전류검출용 저항으로 0.5 [Ω]의 저항기가 트랜지스터의 이미터에 직렬로 접속하여 과전류로부터 모터를 보호하게 회로를 구성하였다.



H형 Full-Bridge Driver 회로 (과전류 보호회로 포함)

그림6. 전동기(motor)의 드라이브 보호회로



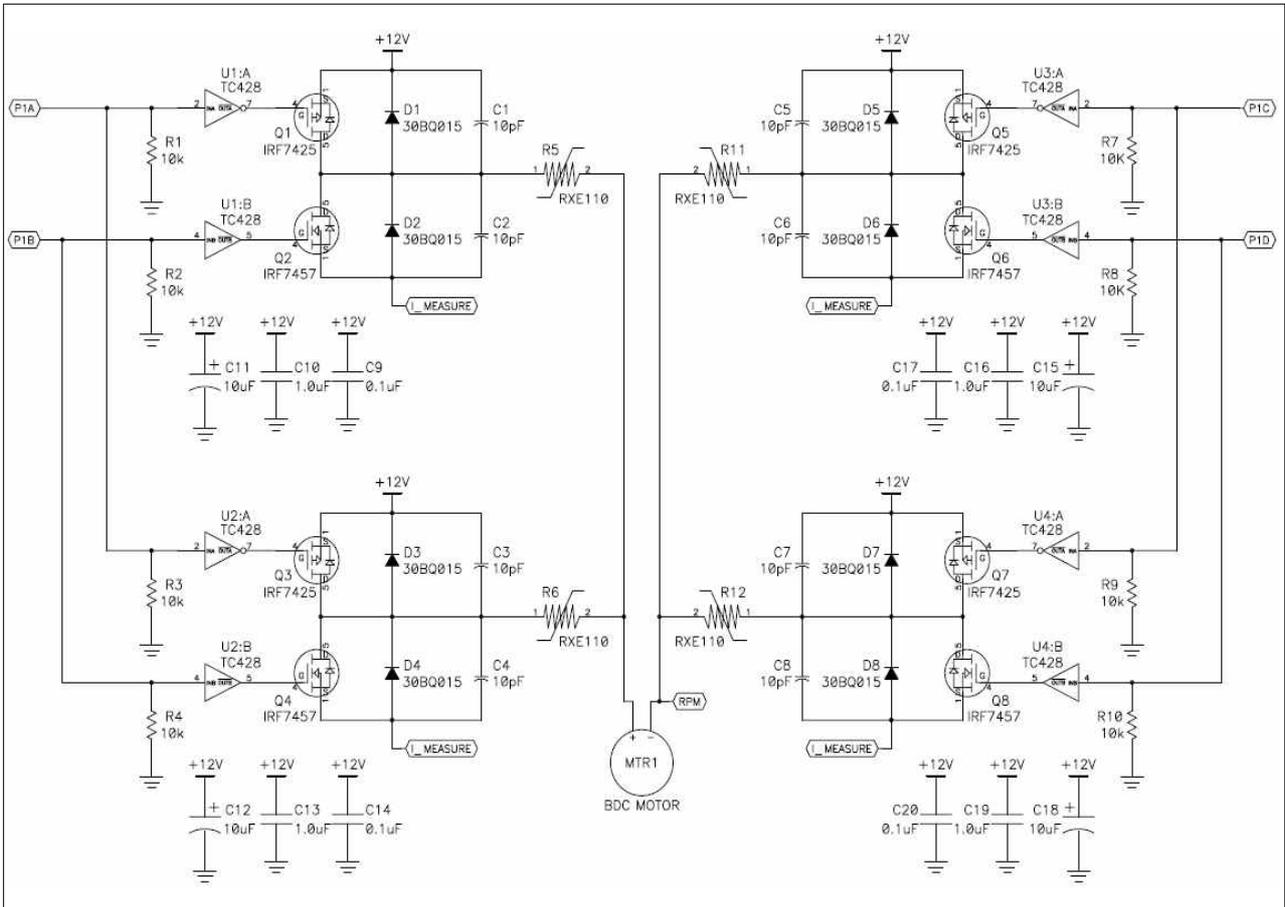
마이크로프로세서에 연결된 모터 구동회로

모터에 흐르는 전류 검출

그림7. 마이크로프로세서에 의한 전동기 제어

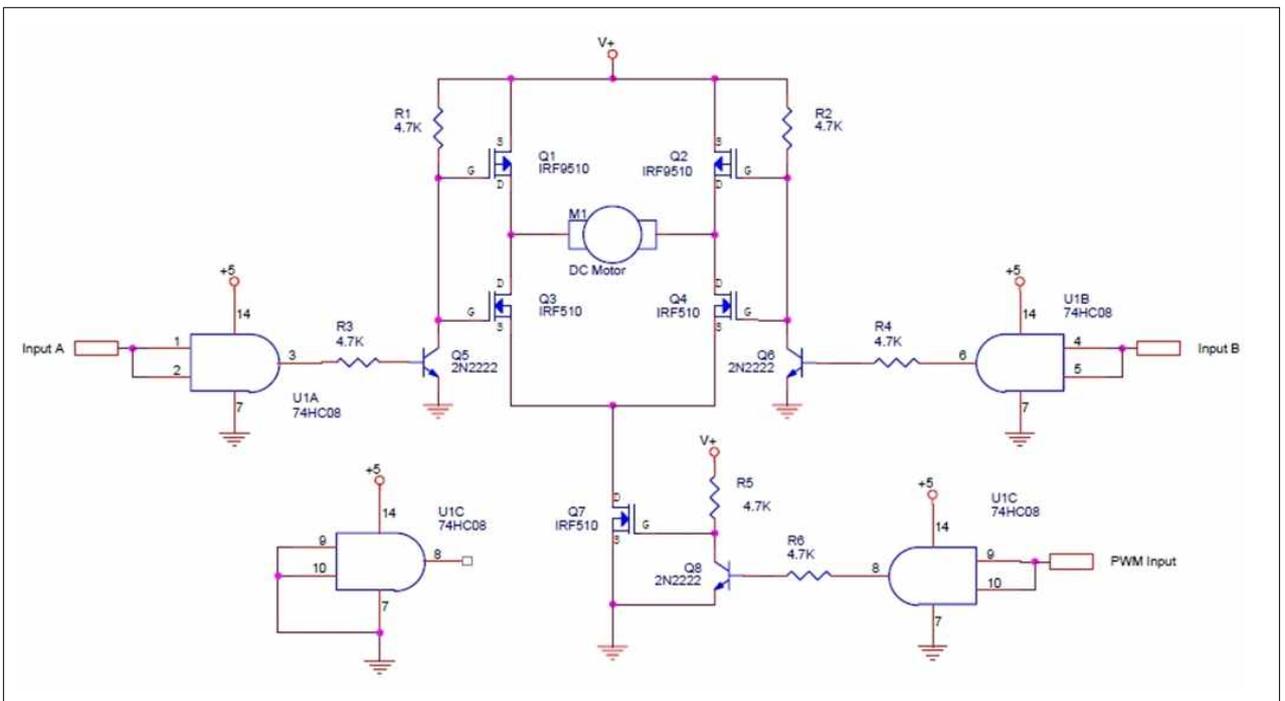
위 회로도면은 마이크로칩사의 PIC16F684 8bit Risk 마이크로프로세서가 부착된 전자제어보드로 모터를 제어하는 Full-Bridge H형 Driver 전자회로이다. 마이크로프로세서 입출력 포트인 P1의 포트 P1A, P1B, P1C, P1D에 FET motor Driver 게이트를 연결하여 모터 정·역 제어, 단락제동의 스위칭에 따라 프로그램에 의한 모터제어를 하고 있다.

소오스에 부착된 1W/0.1Ω 저항에 의해 모터에 흐르는 전류가 감지되고 $V = IR$ 에 의해 레퍼런스의 기준전압과 모터에 흐르는 전류로 비교기가 동작하여 PIC16F684 마이크로프로세서에서 모터에 흐르는 전원 공급전압을 중단하여 전동기(motor)를 보호하게 된다.



FET 전력소자를 사용한 Full-Bridge Driver 회로 (과전류 보호회로 포함)

그림8. 마이크로프로세서 제어에 의한 전동기의 동작



FET 전력소자를 사용한 Full-Bridge Driver 회로

그림9. 마이크로프로세서의 PWM 신호에 의한 전동기 속도제어 회로

전동기(motor) 속도제어는 마이크로프로세서의 출력포트에서 출력되는 펄스폭 변조(PWM) 제어신호를 전동기 전원공급 전력용 반도체 소자에 전압을 인가하여 직류전원의 평균전압을 제어함으로 전동기가 · 감속과 등속으로 모터 회전속도를 제어한다.

다시 말하면, 마이크로프로세서의 PWM신호로 직류전압을 조절함으로 모터에 공급전원 드라이브 전력소자에 신호를 인가함에 따라 모터의 회전속도 제어가 가능하다. 마이크로프로세서의 제어프로그램으로 처리된 신호로 출력포트에 전달되어 펄스폭의 조절에 의해 인가되는 PWM 신호는 공급된 전원의 직류 평균전압으로 전동기에 공급된다.

3. 결론

전력용 트랜지스터, MOSFET, GTO, IGBT 등의 전력용 반도체 소자를 사용하여 소(小)전력 제어에서 대(大)전력 제어에 이르기까지 다양한 전동기 제어가 어떻게 이루어지는지 회로도면을 통해 살펴보았다. 전동기(motor) 제어를 효율적으로 제어하기 위해서는 반드시 마이크로프로세서(마이컴)를 전자회로에 부가하여 모터를 제어하도록 한다. 정확한 전력소자의 스위칭으로 가 · 감속의 모터 회전속도와 기동과 단락제동의 제어를 위해 마이크로프로세서의 제어프로그램이 필수적으로 필요하다.

마이크로프로세서를 주요항목으로 구성되는 전자회로 설계와 크로스컴파일 컴퓨터 프로그램을 이용한 마이크로프로세서의 제어프로그램으로 마이크로프로세서 입출력포트를 통한 신호로 전동기(motor)를 구동한다.

이와 같이, 거듭되는 전력소자의 기술발전으로 직류 모터제어, 스텝핑 모터제어 등 산업기기 및 일상생활에 사용되는 모든 전동기(motor)는 마이크로프로세서에 의존하여 제어됨을 알 수 있듯이, 마이크로프로세서와 주변회로의 제어를 위해 전자회로에 대한 지속적인 관심을 가지고 끊임없는 연구와 노력, 전문서적 탐독, 폭넓은 식견으로 제어요소인 사물에 대해 진지하게 접근하고 향후에는 좀더 심도 있는 연구를 진행하고자 한다.

참고문헌

1. 소형모터제어(출판사: 성안당, 1991년 1월)
2. PIC 마이크로프로세서 길잡이(출판사: 세화, 2002년 2월)