

# PWM 구동방식을 적용한 전기 자전거용 DC 모터의 속도 제어에 관한 연구

°김민\*, 윤석암\*, 최장균\*, 임중열\*, 윤형상\*, 차인수\*\*

\* 동신대학교 대학원 전기전자공학과

\*\* 동신대학교 전기전자공학부

## A Study on the DC Motor Speed Control for Electric Bicycle with One-chip Microprocessor PIC using PWM

°Min Kim\*, Suk-Am Yoon\*, Jang-Kyun Choi\*, Jung-Yeol Lim\*,

Hyung-Sang Yoon\*, In-Su Cha\*\*

\* Dept. of Electrical & Electronics Eng. Graduate School of Dongshin Uni.

\*\* Dept. of Electrical & Electronics Eng. Dongshin Uni.

### Abstract

A method to control the speed of DC motor with one-chip microprocessor PIC using PWM is discussed in this paper. This thesis deals with the DC motor speed control for electric bicycles which may be used as an alternative means of transformation in the future. We tried to design a stable system for controlling the speed of DC motor and materialized an electric bicycle loading this system. Now we are on the way to find out the problems this system has and work out the solutions.

### 1. 서론

사회적 문제로 오래전부터 대두되고 있는 자동차의 매연에 의한 대기 오염과 늘어난 자동차로 인한 교통 체증을 감소하고 개인의 건강을 증진하자는 취지에서 세계적인 대체 교통 수단으로 떠오르고 있는 자전거의 이용을 권장하고 있는 실정이다. 자전거의 이용을 장려하기 위해서 기계적인 장치에 전기적인 장치를 추가함으로써 상황에 따라 운전자가 편리하게 이용할 수 있도록 설계된 전기자전거의 보급이 점차 이루어지고 있다.

본 논문에서는 전기자전거용 직류 전동기의 구동회로를 위해 PWM 방식을 사용한 제어 회로를 설계한 후 PIC 원칩 마이컴(16C57)을 사용하여 PWM 발생 회로를 구성하였다[1]-[4].

구성된 회로에 의한 측정 결과, PWM 방식에서의 잡음영향, 직류 전동기의 특성을 고찰함으로써 좀 더 안정되고 소형의 고성능 전기자전거용 직류 전동기의 속도를 제어함으로써 평상시에는 변속기를 이용하여 주행하고 오르막길이나 운전자의 체중에 따라 더 많은 토크가 요구되어질 때는 최대효율을 얻기 위하여 부하감응부가 자동적으로 동작되도록 하는 시스템을 구현하려고 하였다.

### 2. 시스템의 구성

본 시스템에서는 원칩 마이컴인 PIC 16C57, 축전지, TTL IC, DC 모터와 그밖에 신호 측정, 전달등에 필요한 부수 장치로 구성되어 있다. 본 시스템 구성의 블록 다이어그램은 그림 1과 같다.

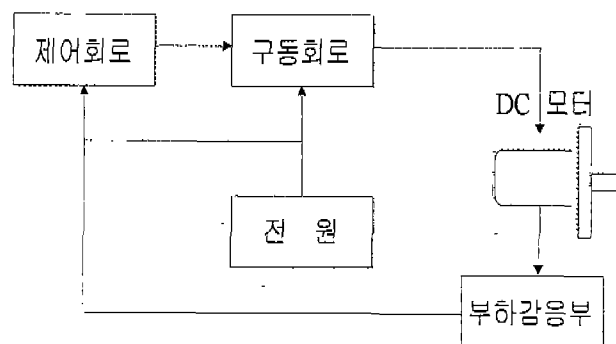


그림 1. 시스템의 블록 다이어그램

### 2.1 모터와 전원부

본 시스템은 직류 전동기(DC 24[V], 7.0[A], 4000[RPM])와 축전지는 ROCKET(ES 7-12 : 12V, 7.0AH)회사의 축전지 2개를 병렬로 연결하여 사용하였다. 본 실험에서 사용된 직류 전동기는 그림 2에 보여진다.

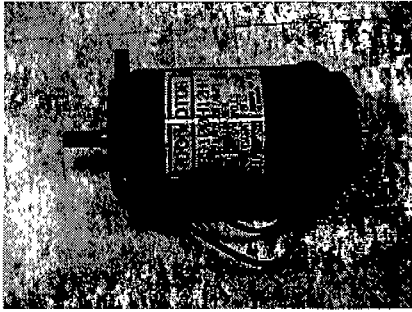


그림 2 직류 전동기의 외형

### 2.2 제어부

원칩 마이크로컴퓨터(PIC 16C57)를 이용하여 PWM 신호를 작성하여 DC 모터를 구동함으로써 모터의 정전의 제어를 임의의 속도로 회전시킬 수 있다. 또한 암호 프로그램을 삽입하여 소유자 이외의 다른 사람들은 사용할 수 없도록 보안성을 두었다. 그리고 모터의 제어 과정의 흐름선도는 그림 3에 나타내었다.

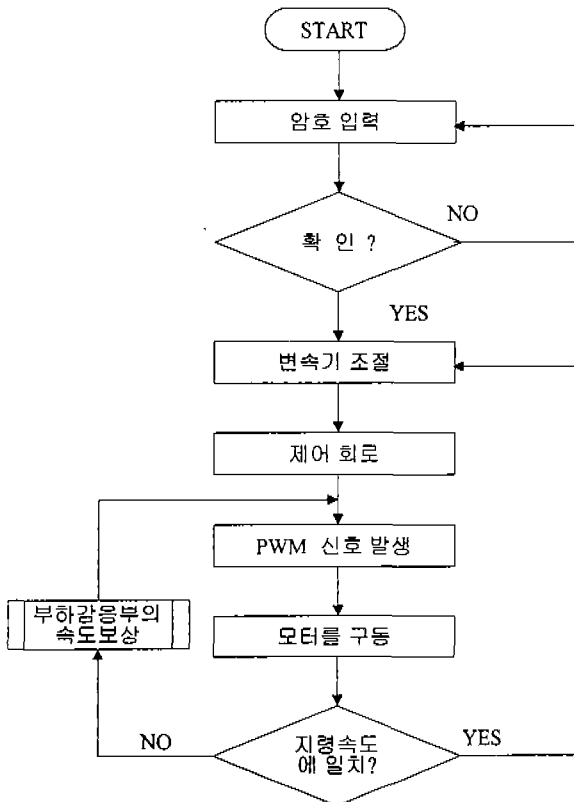


그림 3 제어부 처리 과정의 흐름선도

### 2.3 부하감응부

부하감응부의 기능은 속도 지령에 따라서 모터의 회전 속도를 제어 가능하도록 한 것이다. 속도 지령이 가해지면 속도 지령 전압과 모터의 속도 정보 전압의 차(이것이 속도 오차 전압이 된다)를 검출하고, 이 전압을 증폭해서 속도 지령과 실제의 회전 속도가 일치하도록 모터를 구동시키고 있다. 모터가 지령된 속도로 운전 중에 부하가 증대되어, 회전수가 저하되면 부하감응부의 속도 정보 전압도 저하하게 된다. 이 결과 속도 오차 전압은 커지고 모터를 별도로 가속하는 것처럼 모터에 가해지는 전압은 증대된다. 이와 같은 일련의 동작에 의해서 모터의 회전 속도는 일정하게 자동 조절된다.

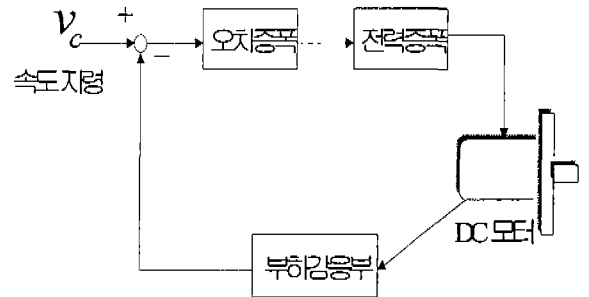


그림 4 부하 감응부

### 2.4 PWM 제어

본 논문은 PWM 제어를 디지털 방식으로 PIC에 프로그래밍하여 주파수의 변화에 따라 펄스 폭을 변조하여 적용하였다.

## 3. 실험 및 분석

본 연구에서는 위의 시스템 구조에 따라 회로를 구성하였고, 자전거에 이 시스템을 설치하고 실제 주행하면서 성능을 테스트해 보았다. 제작한 모델과 PWM 운전에서 있어서 모터 단자 전압 및 전류 파형을 분석하였다.

그림 5는 실제 측정에 이용한 전기 자전거의 외형을 나타내고 있다.

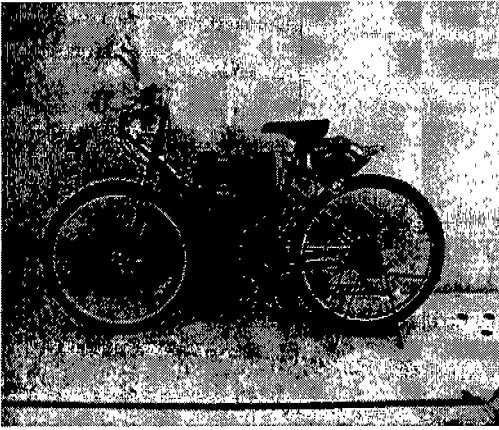


그림 5 전기자전거의 외형

19-Jun-99  
16:43:14

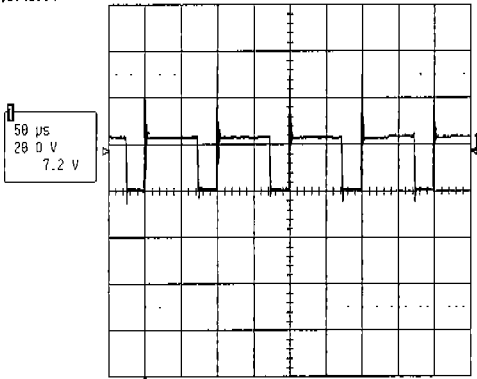
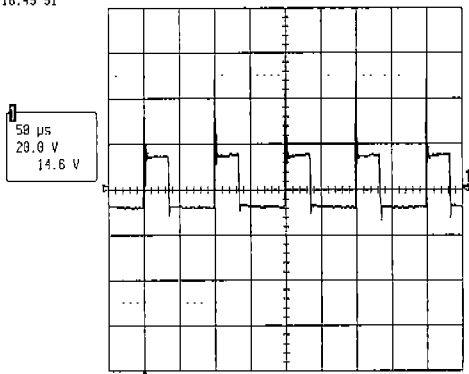


그림 6 Start시 모터 단자 전압

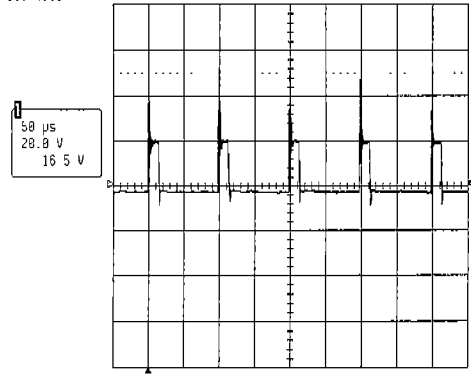
그림 6은 전기자전거의 주행시 DC모터의 단자전압을 측정된 것이다. 그림 7 (a)는 중간속도로 주행시 DC모터의 단자 전압을 나타내는 것이고 그림 7(b)는 최대속도로 주행시 DC모터 단자 전압을 나타내고 있다.

19-Jun-99  
16:45:51



(a) 중간속도로 주행시 모터 단자전압

19-Jun-99  
16:44:06



(b) 최대속도로 주행시 모터 단자전압

그림 7. 전기자전거의 주행시 DC모터의 단자 전압

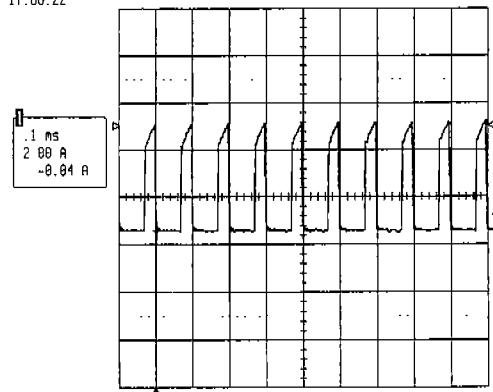
PWM 방식의 운전중의 평균 출력 전압은 다음의 식에 따라 결정된다.

$$V_0 = \frac{T_{ON} - T_{OFF}}{T_{ON} + T_{OFF}} \cdot V_S \quad (1)$$

여기서  $V_S$ 는 공급 전압이다. 이 실험에서 전압은  $V_S = 24 [V]$ 이다.

그림 8은 구동시 모터의 단자전류를 측정된 것이다. 그림 8 (a)는 전기자전거의 구동시 DC모터의 무부하일 때 단자전류를 나타내고 있고 그림 8 (b)는 전기자전거의 구동시 DC모터의 부하를 가했을 때 단자전류를 나타내고 있다.

19-Jun-99  
17:08:22



(a) 무 부하일 때 단자 전류

#### 4. 결론

본 실험에서 원칩 마이컴(PIC 16C57)을 이용하여 PWM 방식으로 DC 모터의 속도가 제어되는 것을 살펴보았다.

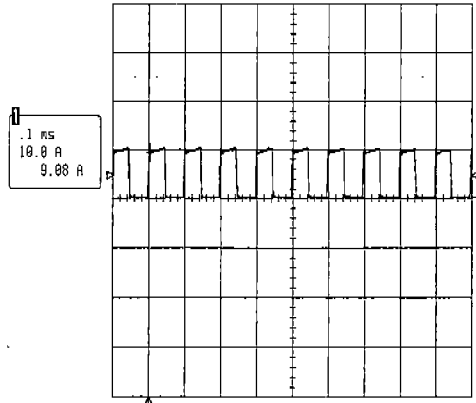
또한 원칩 마이컴(PIC 16C57)의 프로그램에 의해서 제어가 수행되므로 전동기의 특성에 따라 약간의 수치조정을 통하여 정확히 제어 할 수 있을 거라 생각한다. 설계된 전기자전거는 한 번의 밋데리에 풀충전으로 시속 약 20[km/h]까지 주행함을 살펴보았다.

시험 운전중 발견된 문제사항으로는 오르막길이나 운전자의 체중에 의한 과부하가 발생했을 시 모터의 최대효율을 전달장치에 충분히 전송하지 못하여 정속도 운전을 하는데 약간의 문제점이 발생하였다. 이러한 문제점을 보완하기 위해서 차후에는 부하감응부에 대한 연구와 보완이 요구된다.

#### 참고 문헌

- [1] J.P.Cambronne, B. Semail, and C.Rombaut, "Vector Control of a PWM Current Source Inverter-Fed Induction Motor", EPE proc., pp. 2-177~2-181, 1991
- [2] B. H. Kwan and B. D. Min, "A Fully Software-Controlled PWM Rectifier with Current Links.", IEEE Trans. on Ind. Elec., pp. 355-363, 1993.
- [3] R.Wu, S.B.Dewan and G.R.Slemon, "Anlysis of an AC to DC voltage source converter using PWM with Phase and amplitude control
- [4] S. Fukuda, Y. Iwaji, and M. S. Ko, "Modeling and control of sinusodial PWM rectifiers." EPE, pp. 115-120, 1993.
- [5] D. I. Kim, I. J. Ha, and M. S. Ko, "Control of induction motor via feedback linearization with input-output decoupling.", Int. J. of Control, vol. 4, no. 4, pp. 863-886, Mar. 1990.
- [6] P. Rioual, H. Pouliguen, and J. P. Louis, " Nonlinear control of PWM rectifier by feedback linearization and exact PWM control." in proc. of IEEE PESC, pp. 1095-1102, 1994

19-Jun-99  
17:12:44

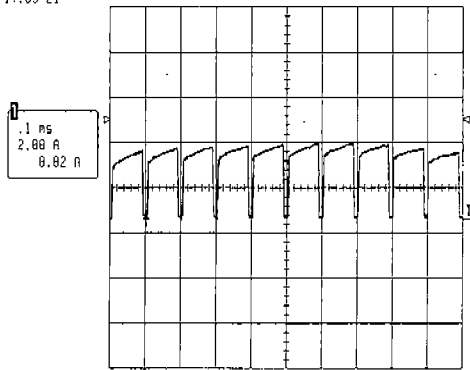


(b) 부하를 가했을 때 단자전류

그림 8 구동시 모터 단자 전류

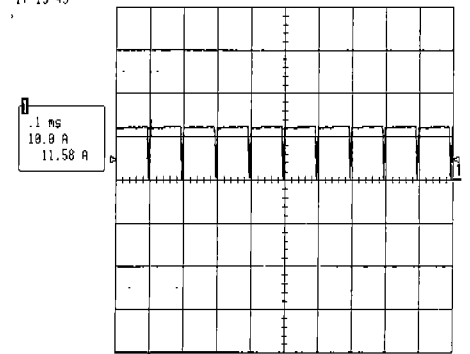
그림 9는 전기자전거가 최고 속도를 낼 때 즉 최대속도의 DC모터 단자 전류를 측정하였는데 그림 9 (a)는 무부하일 때, 그림 9 (b)는 부하를 가했을 때의 단자 전류를 나타내고 있다.

19-Jun-99  
17:09:21



(a) 무부하일 때 모터 단자 전류

19-Jun-99  
17:13:45



(b)부하를 가해올 때의 단자 전류

그림 8 최대속도시 DC모터 단자 전류