

전동보조자전거의 개발

이형기, 최연욱, 박한석, 안영주, 신봉철
 부경대학교 전기·제어계측공학부

Development of Electromotion Auxiliary Bicycle

Lee Hyung-Ki, Choe Yeon-wook, Park Han-Seok, An Young-Joo, Shin Bong-Chul
 Dept. of Control & Instrumentation Engineering, Pukyong National University

Abstract - 본 연구는 기존의 자전거에 전기 구동장치를 장착시켜서 자전거의 페달링에 의하여 검출된 압력을 이용한 보조 동력 구동장치에 대한 개발이다. 압력의 검출은 불시의치차를 이용한 동력 전달장치를 이용하였다. 이 장치의 입력기어에서 출력기어로 동력을 전달하는 아이들 피니언 기어와 결합된 캐리어를 동력 전달시 발생하는 반력에 의한 각도를 이용하여 토크량을 측정하였다. 동력전달을 할 경우 발생하는 반력에 의한 회전각을 자기센서를 이용하여 압력을 측정하였다. 이 압력을 구동회로에 인가하여 보조동력을 자전거에 인가함에 따라 주행을 쾌적하게 하도록 개발하였으며 실험을 통하여 실용성을 고찰하였다.

된다. 인터럽트가 인가될 경우에만 프로그램에 의하여 압력이 컴퓨터에서 연산된다. 속도센서는 Hall스위치에 의하여 검출되며 회전속도량은 전동기의 회전축에 4개의 자석에 의하여 컴퓨터의 타이머 인터럽트에 연결되어 속도를 연산하도록 되어 있다. 연산된 보조동력량은 8Bit 1Chip Micro-Computer에서 연산되고, 이 량은 D/A변환기를 통하여 PWM구동회로의 조절량으로 인가된다.

PWM구동회로에서 duty cycle을 변화시킴에 따라 전동기의 동력을 조절하도록 설계하였다.

1. 서 론

본 연구는 기존의 자전거에 보조동력 구동장치를 장착시켜서 인간의 운동에너지에 보조동력을 인가함에 따라 쉽게 언덕길과 같은 오르막길이나, 주행 중 힘이 들 경우 쉽게 운동을 할 수 있도록 하는 하나의 운송수단을 개발한 것이다. 이와 같은 보조동력을 이용한 전기자전거 시스템은 일본을 비롯한 구미 각 국에서 활발히 연구되고 있다. 이와 같은 보조동력 전기자전거의 동력 전달장치와 기계적 동력 전달장치에서 검출된 토크에 비례하는 변위를 이용하여 검출하는 부분으로 구성되어 있다. 검출된 토크와 속도를 제어장치에 인가하여 직류전동기를 구동시켜 보조동력을 전달하도록 구성되어 있다. 제작된 보조동력 구동형 전기자전거를 제작하여 실험을 통하여 실용성을 고찰하였다.

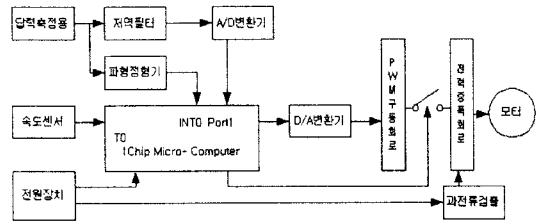


그림 2.2 제어장치의 구성도

2. 보조 동력 구동 제어장치

그림 2.1에 개발된 보조동력 구동장치의 구성도를 나타낸 것이다. 페달링에 의하여 발생하는 압력을 연산하고 모터의 속도를 검출하여 압력과 속도의 량으로 제어기의 조작량을 연산한다. 따라서 하이브리드유닛에서 압력에 의한 부족한 구동력을 전동기의 동력으로 보조가 되도록 구동장치를 설계하였다.

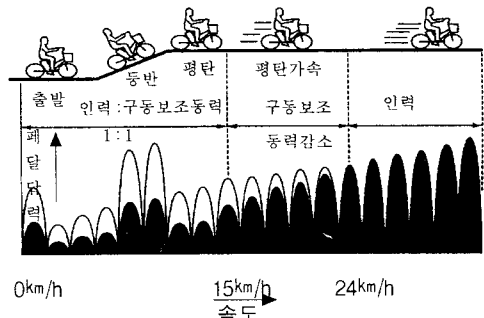


그림 2.3 페달압력과 속도와의 관계

그림 2.3은 페달압력과 속도와의 관계를 나타낸 것이다. 그림에서 등판능력은 승차자의 조건에 따라 차이가 있다. 출발시점에서 15km/h까지는 압력에 따라 속도가 비례하지만 15km/h넘어서면 압력에 의해 전달되는 힘이 전동자전거의 속도 때문에 나오는 힘만큼 영향을 주지 못하여 점차 구동 보조 동력이 속도에 따라 비율적으로 절감하게 된다. 24km/h가 되면 전동기의 최대속도를 초과하여 보조동력은 거의 영이 된다.

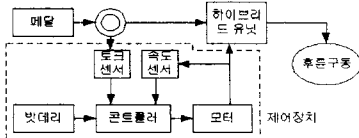


그림 2.1 보조동력 구동제어 장치의 구성도

2.1 제어장치의 구성도

그림 2.2는 제어장치의 구성도를 나타낸 것이다. Hall 소자에서 검출된 압력은 필터를 거쳐 A/D변환기에서 디지털량으로 변환된다. 또한 검출된 압력은 과형정형회로에서 구형파로 변환되며 컴퓨터의 인터럽트 단자에 연결

2.2 불사의치사를 이용한 토크 감지형 전동자전거 합력 시스템

전기동력 보조자전거에 있어서 페달링의 토크를 감지하고 감지된 토크 값이 일정 값 이상일 경우 전동기를 작동시켜 입력된 페달링 동력과 전동기 동력을 합하여 동력을 전달하도록 한다. 본 연구에서는 불사의치차를 이용한 토크 감지형 전동자전거 합력 시스템을 적용하였

다. 불사의치차란 잇수가 서로 다른 두개의 기어를 한 기어와 동시에 맞물리는 것으로서 잇수가 서로 다른 두개의 기어와 두 기어와 동시에 맞물려있는 아이들피니언 기어, 상기 아이들피니언기어를 고정하는 아이들피니언 캐리어와, 상기 아이들피니언 캐리어의 회전을 지지하는 탄성부재로 구성된다.

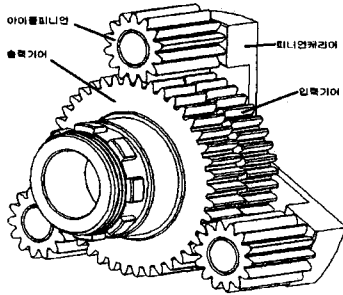


그림 2.4 불사의치차를 이용한 구동부

이 장치에서 하나의 기어에 동력이 입력되고 아이들피니언에 의해 잇수가 다른 기어에 동력이 전달된다. 이때에 앞의 입력기어와 출력기어의 잇수가 다름으로 인해 발생하는 토크가 상기 아이들피니언 캐리어에 작용하게 되고, 상기 아이들피니언 캐리어에 작용된 힘이 탄성부재를 변형시켜 전달된 동력에 비례하는 변위가 발생한다. 이때 발생한 변위를 센서로 감지하여 토크 값을 검출하고 검출된 토크 값이 기준 토크 값보다 클 경우 상기 출력기어에 전동기 동력을 가함으로서 사람의 페달링 힘과 전동기의 동력을 합하는 것을 특징으로 한다. 불사의치차를 이용하여 기어에 전달되는 페달링 토크를 감지하고 감지된 토크 값이 일정 값 이상일 경우 전동기를 작동시켜 입력된 페달링 동력과 전동기 동력을 합하는 장치이다. 그림 2.5는 전기동력 보조자전거의 구동부를 나타낸 것이다.

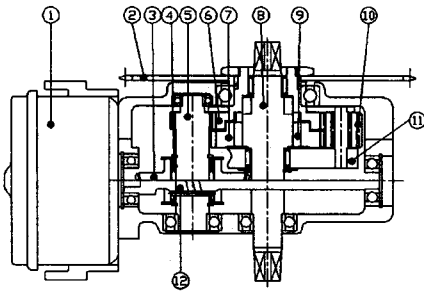


그림 2.5 전기 동력 보조자전거 구동부

① 전동기	④ 원웨이클러치베어링	⑦ 입력기어	⑩ 아이들피니언
② 앞 스프로킷	⑤ 카운터 샤프트	⑧ 크랭크 샤프트	⑪ 아이들피니언캐리어
③ 워휠	⑥ 출력기어 (42T)	⑨ 원웨이클러치	⑫ 워샤프트

2.3 답력검출부

답력검출은 홀소자를 이용하여 답력에 의한 자석의 위치 변위를 검출하는 방식을 채택하였다. 그림 2.6는 답력검출부의 블록선도를 나타내었다. 그림 2.6의 답력검출부는 답력검출기부, 저역필터, 증폭부, 전원부 및 오프셋 조절회로로 구성되어 있다. 그림 2.6에서 홀소자는 Allegro 제품의 3515 Ratiometric, Linear Hall-Effect Sensors를

사용하였다. 이 센서의 감도는 2.5 [mV/G]이다.

그림 2.6의 홀소자의 출력전압 및 증폭기의 출력전압 파형을 그림 2.7에 나타내었다.

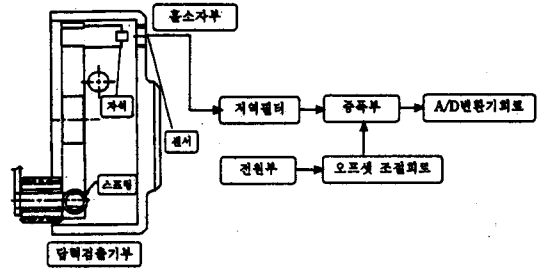


그림 2.6 답력검출부의 블록선도

그림 2.7은 페달에 인가되는 답력에 대한 홀소자의 출력과 증폭기의 출력전압을 나타내었다. 센서의 전원전압은 DC 8[V]로 하고 답력이 없을 경우 증폭기의 출력전압은 +4[V]의 전압이 출력되도록 설계하였다. 따라서 답력이 없을 경우 증폭기에 오프셋 조절회로를 사용하여 출력전압을 0[V]가 되도록 설계하였다. 이 출력전압은 A/D변환기의 입력단자에 인가되어 디지털신호로 변환된다. 또한 이 신호는 원칩 마이크로컴퓨터의 답력신호로 인가된다. 홀소자에 외부의 자계 영향에 의하여 잡음이 발생할 수 있기 때문에 저역필터(LPF)를 사용하여 신호를 필터링 하였다.

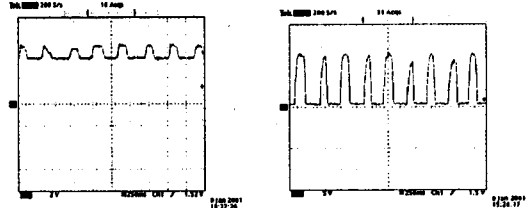


그림 2.7 홀소자의 출력전압 및 증폭기의 출력전압 파형

2.4 속도검출부

속도검출부는 구동용 전동기의 회전수를 직접 검출하도록 구성하였다. 속도검출기는 3515 홀스위치를 이용하였고 전동기 회전축에 직결된 회전원판에 4개의 영구자석을 장착시키고 홀스위치를 인접된 위치에 고정시켜 전동기의 회전속도를 측정하도록 설계하였다. 그림 2.8에 속도검출부의 외관을 나타내었다.

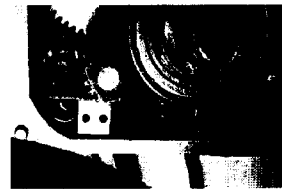


그림 2.8 속도검출부의 외관

2.5 콘트롤러의 구성

그림 2.9는 본 연구에서 개발된 기어크랭크 구동형 전기자전거 콘트롤러의 구성도이다. 콘트롤러의 구성도는 답력검출부, A/D변환부, 속도검출부, One-Chip Micro Computer(연산부), D/A변환부, PWM발생회로, 과전류 검출회로 및 전력증폭부로 구성되어 있다. 콘트롤러에

사용된 A/D변환기는 8bit 범용 A/D변환기인 ADC0804이며 변환시간은 100 μ s이다.

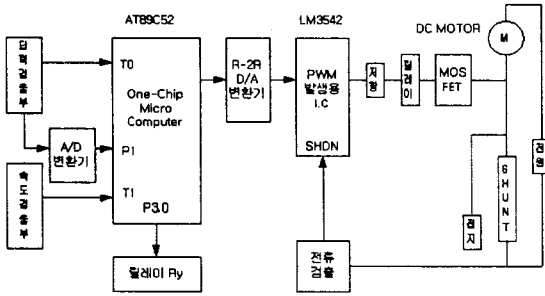


그림 2.9 기어크랭크 구동형 전기자전거 컨트롤러의 구성도

입력전압은 0~+5[V]이다. D/A변환기는 단일전압의 출력을 필요로 하기 때문에 워칩으로 구성된 D/A변환기를 사용하지 않고 R-2R RADDER형의 D/A변환기를 사용하였다. D/A변환기는 구조가 간단하고 제작하기가 쉽고 가격면에서 유리하다는 장점이 있다.

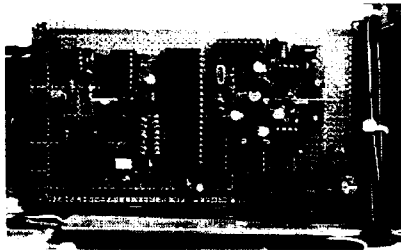


그림 2.10 전동보조자전거 컨트롤러 외관

그림 2.10은 시제품으로 제작한 전기자전거용 컨트롤러 외관 사진이다.

2.5 보조동력 구동 프로그램의 플로우차트

그림 2.11은 보조동력 구동장치의 제어용 프로그램의 플로우차트로 나타낸 것이다.

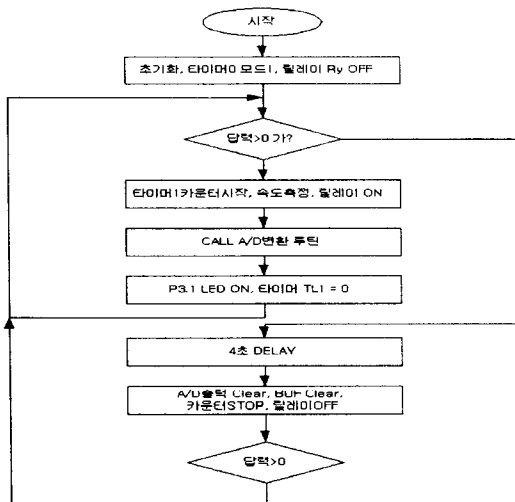


그림 2.11 보조동력 구동장치의 프로그램 플로우차트

그림 2.11에서 프로그램의 시작은 D/A출력 BUFFER

클리어, 타이머0 model 세트, 각 출력포트 설정, 릴레이 Ry OFF 처리루틴을 수행한다. 다음은 입력이 주어졌는지를 판단하여 만약 입력이 0보다 크면 타이머1 카운터 시작(속도측정), 릴레이를 동작시켜 보조동력을 구동시킨다. A/D변환 루틴에서 입력과 속도를 측정하고 입력과 속도를 가산하여 보조동력 구동량을 연산한다. 속도 버퍼를 클리어 시키고 처음 루틴으로 이동한다. 만약 입력이 주어지지 않으면 4초 지연을 한 후 A/D출력 버퍼를 클리어, 카운터 정지 및 릴레이 Ry를 OFF시킨다.

다음은 입력이 주어질 때까지 대기하며, 입력이 주어지면 처음 루틴으로 되돌아간다.

3. 결 론

본 연구를 통해서 안전을 고려한 급발진 방지장치를 전기적 회로에서 뿐만 아니라 기구학적으로도 근본적으로 차단되도록 설계되었다는 점이 장점이며, 불사의치차를 이용하면 사람이 페달을 회전시키는 토크의 1/15만이 피니언캐리어에 작용하게 된다. 이로 인하여 더욱 단순한 구동부 설계가 가능해졌다.

본 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 전동보조자전거용 구동부 개발
 - 불사의치차를 이용하여 토크를 검출함으로써 다음과 같은 장점을 얻을 수 있다.
 - ① 토크검출을 회전부가 아닌 고정부에서 얻을 수 있으므로 구조 및 제작이 간단해진다.
 - ② 토크검출을 위한 탄성지지물(스프링)에 작용하는 힘이 매우 작으므로 작은 스프링으로도 검출을 할 수 있다.
- (2) 0~15km/h에서는 입력 비례 제어를 할 수 있었으며, 15~24km/h에서는 비율 걸감제어를 행할 수 있었다. 이상과 같은 결론을 통하여 제어기법 등에 대한 연구가 계속 진행되고 있다.

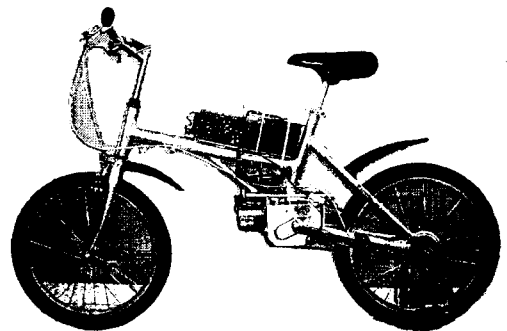


그림 3.1 제작된 보조동력 구동형 전기자전거

[참 고 문 헌]

- [1] 工業調査會, "センサ活用技術," 1984.
- [2] Pergamon Press, "DC-motor Speed Control Servo System."
- [3] Interpress Cycles Press, "電動アシスト自轉車のすべて," 1997.
- [4] Interpress Cycles Press, "일본과 기계의 전동자전거잡지," 1998.
- [5] Interpress Cycles Press, "シリーズ 日本と世界自轉車 Part.III," 1999.
- [6] Pergamon Press, "DC-motor Speed Control Servo System."