

플라이휠 에너지 저장장치가 적용된 자전거용 휴대기기의 자가발전 전력 공급 시스템 개발

Development of Self Generation System for Bicycle Portable Equipments using FESS

*임재문¹, #신광복², 최진¹

*J. M. Im¹, #K. B. Shin(Shin955@hanbat.ac.kr)², J. Choi¹

¹한밭대학교 기계설계공학과, ²한밭대학교 기계공학과

Key words : Flywheel Energy Storage System, RFPM Generator, Portable Flywheel

1. 서론

최근 이산화탄소 배출량 증가로 지구 온난화가 문제가 되어 세계 여러 국가들은 교토의정서에 의해 온실가스 배출량을 규제받고 있다. 이에 기존의 화석연료 에너지원에서 친환경 신재생 에너지원의 개발이 활성화됨에 따라, 생산된 에너지원의 저장시스템의 중요성이 대두되어 다양한 종류의 에너지 저장시스템이 개발되고 있다.

에너지 저장시스템 중 플라이휠 에너지 저장시스템(FESS : Flywheel Energy Storage System)은 잉여에너지를 회전운동에너지의 형태로 변환하여 저장, 필요시 전기에너지로 출력하는 시스템으로 반영구적 수명, 높은 효율, 그리고 친환경적 특성을 장점으로 갖는다[1,2].

그러나 플라이휠 에너지 저장장치의 경우 높은 제작 단가로 인하여 발전설비와 같은 대형화 산업에만 국한적으로 이용되고 있다. 따라서, 플라이휠 에너지 저장장치를 소형화 할 경우, 최근 레저산업의 활성화와 다양한 소형 휴대 기기의 보급에 따른 소형 에너지 저장장치의 수요를 충족할 수 있을 것으로 판단된다[3].

이에, 본 논문에서는 플라이휠 에너지 저장시스템의 소형화를 통해 자전거용 휴대기기 전력 공급장치로 활용될 수 있는 포터블 형태의 소형 플라이휠 에너지 저장시스템을 개발하고자 한다. 이때, 페달에서 발생하는 운동에너지를 동력원으로 에너지를 저장할 수 있도록 설계하였으며, 다양한 휴대기기(GPS, 휴대폰, 그리고 라이트 등)를 동시에 충전할 수 있도록 병렬분배 전력공급방식으로 설계되었다.

2. 플라이휠 에너지 저장장치의 개요

본 연구에서 개발하고자 하는 플라이휠 에너지 저장장치가 적용된 자전거용 자가발전 전력 공급 시스템은 자전거 페달 구동시 체인에서 발생하는 동력을 초기동력원으로 사용하여 페달구동 시에는 발전기 형태로 에너지를 생산 및 저장하게 된다. 또한, 페달 구동이 없을 때에도 플라이휠에 저장된 관성력을 이용하여 지속적인 전기에너지를 발생시킬 수 있도록 하는 시스템이다. 이때, 페달의 구동이 없을 경우에도 플라이휠의 회전력이 유지될 수 있게 하기 위하여 입력축의 스프로킷에 일방향 베어링을 설치하였다. Fig. 1은 체인동력에 따른 FESS의 전력생산 체계를 나타내고 있다.

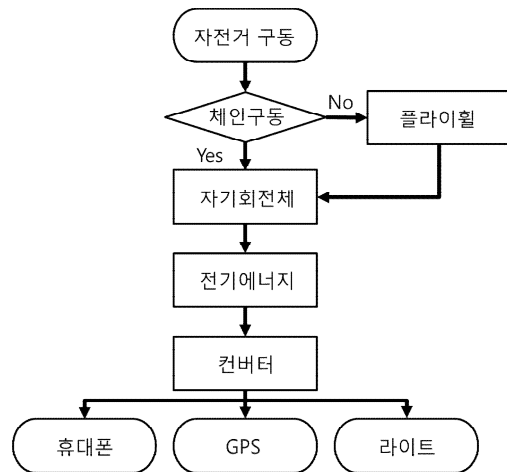


Fig. 1 Development process of FESS for bicycle

3. 설계사양 선정 및 시스템 구성

3.1 자가발전 전력 공급 시스템의 설계

플라이휠 에너지 저장장치에 저장되는 에너지

는 식(1)과 같다.

$$E = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{2} m_r r_r^2 + \frac{1}{2} m_f (r_f^2 + r_r^2) \right] \quad (1)$$

여기서 E는 플라이휠 저장에너지, m_r 은 로터질량, m_f 는 플라이휠 질량, r_r 은 로터 반지름, r_f 는 플라이휠 반지름이다.

일반적으로 자전거에 사용되고 있는 레저용 휴대 기기는 시간당 약 6~10W의 소비전력을 요구하고 있다. 이에 본 연구에서는 요구 전력을 충당할 수 있는 소비 전력을 기준으로 목표로 잡은 에너지 저장량은 최대 1,000rpm 구동시 1J이 저장될 수 있도록 회전체 질량을 1kg, 반지름 40mm으로 설계하였다. 이때 회전수 1,000rpm은 사용자가 페달 1회 회전시 1:10의 비율로 플라이휠이 구동될 수 있도록 스프로킷의 기어비를 조절하였다.

또한 발전기는 큰 출력을 얻을 수 있는 RFPM(Radial Flux Permanent Magnet)방식의 발전기로서 회전자는 2개 층으로 구성되어 있으며 8개의 슬롯에 네오뎀 자석을 삽입 하였고, 고정자는 18개 슬롯에 0.3mm 에나멜선을 50회 감은 코일을 권선하였다[4].

3.2 시스템 구성

축 회전간 발생하는 자이로스코프 현상을 억제시키기 위해 케이스의 양 끝에 볼 베어링을 사용하였으며, 체인동력을 입력받는 스프로킷에 일방향 베어링을 사용하여 체인의 구동이 정지된 상태에서도 플라이휠의 회전이 지속적으로 발생할 수 있도록 하였다. 또한, 장치의 장착부가 자전거 후륜축에 고정되는 형태이기 때문에 사용자의 기어변속에 따라 스프로킷이 동일하게 이동될 수 있도록 일방향 베어링과 축간의 이동범위를 설정하였다. Fig. 2는 탈부착형 FESS의 부품 구성도를 나타내고

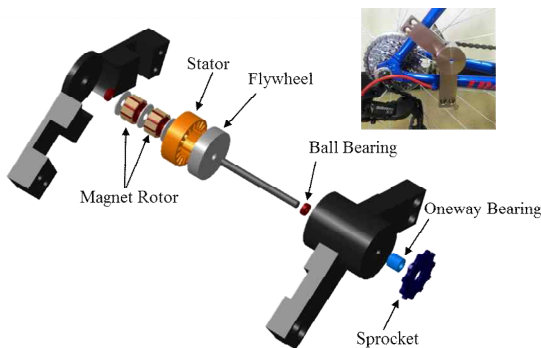


Fig. 2 Manufacturing concept of FESS for bicycle

있다.

발전된 전력은 컨버터를 통해 직류 5V(일반 충전식 전자제품의 충전전압)로 변압되어 병렬형태로 분배, 여러 휴대 기기에 전력을 공급할 수 있는 형태로 구성하였다.

4. 결론

본 논문에서는 플라이휠 에너지 저장장치가 적용된 자전거용 휴대기기의 자가발전 전력 공급 시스템 개발을 제시하였다.

- (1) 자전거 사용자에게 방해가 되지 않게 하기 위해 후륜축에 장착할 수 있도록 설계되었으며, 사용자의 요구에 따라 탈부착이 가능한 포터블 형태로 제작하였다.
- (2) FESS의 발전기는 제품의 소형화를 극대화시키기 위해 높은 출력을 얻을 수 있는 RFPM방식을 적용하였으며, 자력이 높은 네오뎀 자석을 사용하였다.
- (3) 자전거에 사용되는 휴대 기기의 소비전력을 기준으로 최대 구동시 초당 1J의 전기에너지가 발생할 수 있는 설계사양을 선정하였다.
- (4) FESS를 통해 저장된 운동에너지는 컨버터를 통해 사용되는 수개의 휴대 기기를 동시에 충전하도록 병렬분배형태로 제작하였다.

후기

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 지원으로 한국과학창의재단(학부생 연구프로그램 사업)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

1. N. Koshizuka, et al., "Present status of R&D on superconducting magnetic bearing technologies for flywheel energy storage system," *Physica C*, **378-381**, 11-17, 2002.
2. D. Dunn-Rankin, et al., "Personal Power System," *Progress in Energy and Combustion Science* **Vol. 31, Issues 5-6**, pp. 422-465, 2005.
3. 이학인, 외., "초소형 플라이휠 에너지 저장 장치의 설계," 대한기계학회 춘계학술대회 논문집, pp. 82-85, 2008
4. Björn Bolund, et al., "Flywheel energy and power storage system," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **11**, 235-258, 2007.