

휴먼파워 제너레이터에 관한 출력 개선

한 석 우
국제대학교

Output improvement on human power generator

Seok-Woo Han
Kookje College

ABSTRACT

Human power is not dependent on other energy sources, but rather is a source of power for ourselves. Human power, the cleanest energy in the world, can be our future. Therefore, we should be interested in sustainable alternative energy.

This paper solves the uneven power generation by utilizing the energy storage capability of the flywheel. Therefore, it improved the efficiency by 5% compared to the existing generation method.

DC generators produce power at variable speed operation. The constant voltage was generated from the DC DC converter to the duty ratio control. Therefore, the charging efficiency is improved by 5% by the constant voltage charging of the battery.

And it can suppress the decrease of the output due to the circulation current due to the deviation of the output voltage in parallel operation of the pedal generator.

1. 서 론

폴 세퍼트에 따르면 인간은 하루에 40km 정도를 걸을 수 있다고 한다. 이 발로 페달을 밟아 전력생산 시 97%의 에너지 효율로 화석연료 일부를 대체할 수 있을 것이다.

이것은 인간을 동력원으로 전기를 발생시켜 인간의 잠재적인 에너지를 최대한 활용할 수 있음을 의미한다. 일반적으로 에너지 생산자와 소비자는 일치하지 않지만 인간동력은 일치 될 수 있다. 인간동력(human power)은 다른 에너지원에 의존하지 않고 우리 스스로가 동력원이 되는 것을 말한다. 사람들은 건강을 지키기 위해 헬스클럽 러닝머신을 이용한다. 이때 이 동력원으로 전력을 생산하여 이용한다면 세상에서 가장 깨끗한 에너지가 될 것이다. 페달 발전기로 350W 정도의 전력을 생산할 수 있어 보통 20W 정도인 가전제품 15개를 동시에 동작시킬 수 있을 정도로 발전하고 있다.

국내 몇몇 중소기업들이 인간동력 발전시스템을 개발 중에 있다. 발전기가 부착된 자전거 헬스기구로 성인 남성의 경우 80~120W 정도의 전기를 생산할 수 있다[4]. 특허청에 따르면 지난 20여 년간 인간동력 관련 특허출원 건수는 240개 정도로 계속 늘어나는 추세이다. 인간동력을 이용한 발전장치는 신 에너지 개발뿐만 아니라 버려지는 주변의 에너지에 관심을 모으는

데도 큰 의미를 부여할 수 있다.

본 논문은 페달 발전기의 필요성을 제시하고, 문제점을 개선하여 출력을 개선하고자 시뮬레이션을 통하여 효과를 제시한다.

2. 휴먼파워 제너레이터

2.1 플라이휠 부착 발전기

페달 발전기는 그림 1과 같이 주로 직류발전기를 이용하여 전력을 생산한다. 이 발전기는 회전속도가 제한적으로 속도 초과시 정류자 과열 및 브러시의 수명 단축을 가져온다. 그리고 출력 증대시 구조적으로 크기와 중량을 증가시키는 문제점을 가지고 있다.

페달 발전은 회전력의 불균일로 발전전력을 저장하는데도 문제점이 있다. 석기시대 유적에서 플라이휠 효과를 이용한 것으로 보이는 구멍 뚫는 기구, 불 피우는 기구가 발견되고 있다. 이처럼 플라이휠은 잘 알려진 에너지 저장방법이다.

페달 발전에 플라이휠을 적용하여 불균일한 회전력을 안정화시키고, 약한 회전력에서 효율 개선을 제한한다. 플라이휠의 에너지 저장능력은 플라이휠의 질량과 회전속도의 제곱에 비례한다. 따라서 소형 플라이휠을 사용하여 많은 에너지를 저장하기 위해서는 빠른 회전속도가 요구된다. 반경과 원주 방향의 응력도 회전수의 제곱에 비례한다[3].

불보 자동차가 연비를 최고 25%까지 개선시킬 수 있었던 것은 플라이휠 효과 덕분이다. 자동차 제동시 발생한 제동 에너지가 플라이휠을 최고 6만 rpm까지 계속 회전시켜 유지한다. 이 저장된 운동에너지가 사용되는 시기는 차량이 재출발 할 때 사용된다. 차량이 주행하기 시작하면 플라이휠의 회전력이 변속기에 전달되어 차동기어를 통해 후륜에 전달된다.

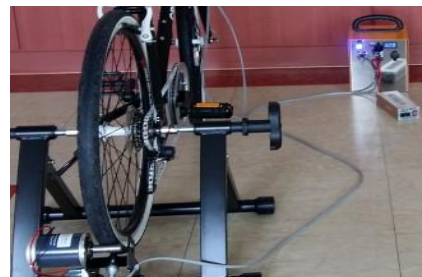


그림 1. 페달 발전기

2.2 페달 발전시스템 구성

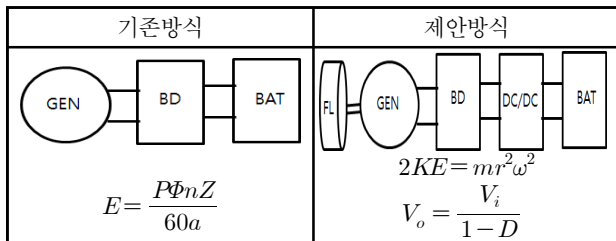
기계적 토크는 표 1과 같이 직류발전기를 회전시켜 직류전압을 출력한다. 직류전압은 브리지 정류기와 승합형 컨버터를 거쳐 직류단 커패시터에 저장된다. 그리고 저장된 직류는 배터리를 충전시킨다. 직류 발전기는 저속 및 고속 운전에서 발생된 정류전압을 DC DC 컨버터에서 듀티비(duty ratio) 제어로 일정 전압을 발생시킨다. 일정 출력을 배터리에 충전함으로써 넓은 속도 영역에서 에너지 저장 능력을 가지므로 기존 방식보다 높은 효율성을 갖게 된다.

페달 발전기의 병렬운시 출력전압의 편차로 인한 순환전류 발생으로 출력을 감소시킬 수 있다. 병렬 운전시 직류링크에 커패시터가 사용되어 직류전압의 임피던스가 작아져 작은 전압차에 의한 두 시스템 사이에 큰 돌입전류를 발생시켜 제어진동을 발생시킬 수 있다.

병렬운전 시 master 시스템의 용량은 slave 시스템에 비하여 커야 된다. 그리고 master 시스템의 제어 응답은 slave 시스템의 제어 응답보다 빠르게 제어되어야 시스템의 진동을 억제할 수 있다[2]. 직류시스템 병렬운전은 교류시스템에 비하여 역률, 효율, 에너지관리 등에서 장점이 있으나 신뢰성 및 복잡성 측면에서는 단점을 갖는다.

역충전에 의한 직류 발전기의 모터링 현상을 방지하기 위하여 블러킹 기능을 할 수 있도록 브리지 다이오드를 설치하였다. 또한 페달을 거꾸로 돌리더라도 충전이 가능하게 된다. 출력단의 콘덴서는 충전보다는 배터리를 분리시켜 가전기기를 동작시 전원노이즈를 최소화하기 위해 설치하였다.

표 1. 페달 발전시스템의 비교



2.3 발전전력 저장

배터리 용량은 사용할 기기의 소비전력과 사용시간에 따라 적절히 선정하여야 한다. 예를 들어 12V 60AH 용량은 전력량으로 환산하면 720Wh로 350W짜리 기기를 2시간 사용할 수 있는 정도이다. 그리고 배터리 용량은 충전된 배터리 단자전압이 10.5V 이하로 감소하지 않고 20시간 동안 방전할 수 있는 크기를 말한다.

정전압 충전은 페달 발전기의 출력전압을 일정하게 유지시켜 충전하는 방식으로 충전이 진행됨에 따라 배터리 전류는 점차 감소한다. 이 방식은 배터리의 과충전을 방지하며 충전 시간이나 전류에 대한 관리가 없이도 충전할 수 있는 장점이 있다.

정전류 정전압 충전 방식은 배터리를 안정적으로 충전하기 위하여 주로 사용된다. 일정 구간까지는 정전류로 배터리를 충전하다가 정전압 모드로 변경하여 충전하는 방식이다[1]. Ni cd 및 Ni MH 배터리는 사용했던 용량을 기억하여 배터리 수명을 단축시키는 특성을 가지며, 이를 memory effect라고 한다. 이것은 배터리의 100% 용량 중 10%만 자주 충전할 경우 배터리가 자기 용량을 10%로만 기억하게 됨을 말한다. 이것을 해결하기 위해서는 일정 주기로 완전방전을 시켜주어야 한다.

2.4 제안시스템 시뮬레이션

표 2와 같은 페달 발전은 회전력의 가변으로 인한 불균일로 발전전력을 저장하는데 효율이 저하되는 문제점이 있다. 따라서 플라이휠을 설치하여 불균일한 회전력을 안정화시키고, 약한 회전력에서 효율 개선을 하였다.

표 2. 페달 발전기 규격

품명	규격
직류발전기	12V, 40W, 400RPM
배터리	12V 12AH/20HR
자전거바퀴 직경	26 inch
발전기 축 직경	1 inch

직류 발전기는 가변속 운전으로 발생된 정류전압을 승압용 DC DC 컨버터에서 듀티비(duty ratio)에 따른 일정 전압을 그림 2와 같이 발생시킨다. 제어된 일정 전압으로 배터리를 충전함으로써 인간동력의 넓은 영역에서 에너지 저장 능력을 시뮬레이션 하였다.

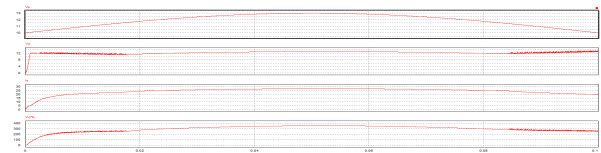


그림 2. 시스템 파형(출력전압, 충전전압, 충전전류, 전력저장)

3. 결론

불균일한 발전력을 플라이휠의 에너지 저장능력을 활용하여 기존 발전방식보다 5% 효율을 향상 시켰다. 직류 발전기는 가변속 운전으로 발생된 정류전압을 DC DC 컨버터에서 듀티비(duty ratio) 제어로 일정 전압을 발생시켰다. 따라서 배터리를 정전압 충전으로 충전효율을 5% 개선 시켰다. 그리고 페달 발전기의 병렬운시 출력전압의 편차로 인한 순환전류 발생에 따른 충전능력 감소를 억제할 수 있게 된다. 끝으로 인간동력은 다른 에너지원에 의존하지 않고 우리 스스로가 동력원이 될 수 있다. 세상에서 가장 깨끗한 에너지인 인간동력이 우리의 미래 에너지가 될 수 있으며, 지속가능한 대체에너지로서 관심을 가져야 한다. 인간동력을 이용한 발전장치는 신 에너지 개발뿐 아니라 버려지는 주변의 에너지에 관한 관심을 모으는데도 큰 계기가 되기를 기대한다.

참고 문헌

- [1] 이교범외 2, “태양광 배터리 충전기를 위한 개선된 충전 알고리즘”, 전력전자학회논문지, Vol 18, No 6, 507-514, Dec. 2013.
- [2] 원충연외 4, “DC 배전용 3상 AC/DC PWM 컨버터의 새로운 3차방정식 Droop 제어를 적용한 병렬운전 기법”, Vol 19, No 3, Jun. 2014.
- [3] 한동철외 2, “하이브리드 자동차를 위한 플라이 휠 에너지 저장 기술”, 한국신재생에너지학회 2005 춘계학술대회 논문집, pp 366-369.
- [4] 전규엽외 3, “건물에서 인간동력의 에너지화에 관한 기초 연구”, 대한건축학회학술대회논문집 제30권 제1호 2010. 10