

연료전기 발전시스템에 Fly-Wheel 저장 시스템을 적용한 연구

홍현문*, 박가우**, 민준기**, 이진목**, 김수철**
 통일부*, 충북대학교 전기공학부**

A Study of Fuel-Cell Generator System Applying Fly-Wheel Storage System

Hong Hyun-Mun*, Park Ga-Woo**, Min Joonki**, Lee Jin-Mok**, Kim, Soo-Cheol**
 Ministry of Unification*, Dept. of Electrical Eng. Chungbuk National Univ.**

Abstract - 본 논문은 연료전지와 플라이휠 저장 시스템용을 결합한 복합 전원으로 하는 연료전지 발전 시스템의 전력변환장치 연구에 관한 것이다. 이를 위한 전력변환장치는 연료전지로부터 저전압을 상승시키기 고조파 DC-DC 컨버터, 이를 안정된 교류전원으로 변환하기 위한 DC-AC 인버터 및 플라이휠에 에너지 회생과 재생하기 위한 DC-AC 컨버터로 구성된다. 본 연구에서는 기존의 UPS 시스템은 AC 발전기 및 배터리를 백업 전원으로 사용하는데 많은 유해 물질을 발생시키지만, 이 시스템을 사용하면 환경 오염, 높은 효율 및 대용량에 적합하다. 또한, 시뮬레이션을 통하여 연료전지 발전 시스템에 과부하시 안정하게 출력 성능을 가지도록 Fly-Wheel 시스템을 적용한 모의실험 결과를 제시한다.

를 사용하여 스위칭 주파수 성분을 제거하여 정현파의 교류전압으로 변환한다.

셋째, 연료전지의 응답속도는 매우 느리므로 순간적인 부하의 변동에 대하여 즉시 필요한 양의 전력을 공급해 주고 연료전지의 출력이 증가하여 부하전력을 충분히 공급할 수 있으면 잉여전력을 저장할 수 있는 플라이휠 시스템은 에너지를 재회생이 가능하다. DC단에서 잉여전력시에는 DC/AC로 에너지를 저장하고, 반대로 DC단에서 에너지가 부족할시에는 AC/DC로 에너지를 회생하여 공급시킨다.

1. 서 론

최근 화석연료·원자력 에너지는 매장량 한계 및 환경오염에 심각한 영향을 주고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안으로는 태양광, 풍력, 연료전지 등의 신재생 에너지에 관한 연구가 진행되고 있다. 특히, 연료전지는 연소과정 없이 수소와 산소의 반응에 의해 전기 화학적으로 전기를 발생시키는 것으로 타 대체에너지에 비해 효율이 약 40% 정도로 높으며 전기가외에도 물과 열이 부산물로 생성된다. 이렇게 발전과정에서 발생한 열은 급탕과 난방에 사용될 수 있으며, 이 경우 전체효율은 80%를 넘게 된다. 이와 같이 연료전지는 효율이 높고 CO2의 배출을 크게 감소시킬 수 있기 때문에, 최근의 지구 온난화와 세계 에너지의 고갈 문제의 유력한 해결 방안으로 제시되어 선진 각국에서 많은 연구가 진행되고 있다. 또한, 소음이 거의 없고 대기 오염의 원인이 되는 NOx, SOx 및 매연이 매우 작은 장점을 가지고 있어 미래의 새로운 에너지원으로 기대하고 있다.

연료전지 발전시스템을 구성할 때 대개 배터리나 슈퍼캐패시터와 같은 이차적인 저장장치를 연료전지와 함께 사용하였는데 그 이유는 다음과 같다. 첫째, 연료전지는 수십~수백 Watt/분의 매우 낮은 응답속도를 가지므로 부하 증가시 배터리나 슈퍼캐패시터와 같은 별도의 에너지 저장장치로부터 필요한 전류를 공급하지 않으면 출력전압의 조정이 어렵다. 둘째, 연료전지는 에너지의 발생장치로서 에너지 저장능력이 없다. 셋째, 연료전지로부터의 에너지 공급이 일시적으로 중단되더라도 배터리 등으로부터 전원을 공급하여 신뢰성을 향상시킬 수 있다. 넷째, 연료전지의 용량을 부하용량보다 적게 선정하여 배터리 등으로 피크 전력을 공급하고 잉여의 에너지를 저장하는 방식으로 에너지를 경제적으로 사용하는 것과 동시에 전체 시스템의 설치 비용을 절감할 수 있다. 다섯째, 계통연계형 연료전지 시스템의 경우라도 초기 기동시 제어기에 전원공급을 위해 보조전원이 필요하다.

연료전지 발전시스템에 적용하는 플라이휠 에너지 저장시스템은 전기에너지를 전동/발전기를 통해 휠을 가속시킴으로써 기계적 회전 운동에너지로 변환하였다가 부하에서 전력을 필요로 할 때, 전동/발전기의 회생동작을 휠을 감속시킴으로써 휠에 저장된 기계적 에너지를 다시 전기에너지로 재생하여 사용하는 시스템이다. 이와같은 에너지 저장 시스템을 반복하여 사용하는 경우에도 반영구적으로 사용할 수 있고, 오염물질을 발생하지 않아 환경 친화적이며, 배터리나 연축전지와 비하여 단위 무게당 저장에너지가 많고 순시 고효율을 얻을 수 있는 등의 장점을 가지고 있다. 이와 같은 시스템은 아직 상용에 적용하기에는 경제적이지만, 향후 신재생에너지 연구로서는 가치 있는 연구가 될 것으로 전망된다.

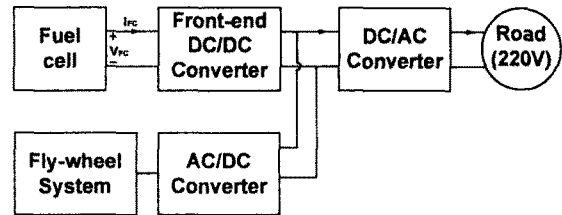
그리고, 연료전지 발전시스템에 플라이휠 시스템을 적용하여 모의실험으로 고찰하였다.

2. 시스템 구성

그림 1은 플라이휠 복합발전을 위해 제안하는 전력변환 및 저장시스템의 구성도를 나타내고 있다. 이는 연료전지의 낮은 전압을 승압시키기 위해 Front-end DC/DC 컨버터, 교류전압으로 변환시키기 위한 컨버터, DC단에 재·회생 에너지를 공급하기 위해서 AC/DC 컨버터 및 플라이휠 시스템으로 크게 세부부분으로 나눌 수 있다.

첫째, Front-end DC/DC 컨버터는 연료전지로부터의 저전압을 승압시켜주는 것과 동시에 입력전류 제어와 출력 DC단 전압제어를 통해 과도상태 동안의 시스템의 안정성을 향상 시켜준다. 이때, 고조파 변압기는 전기적인 아이솔레이션과 연료전지의 저전압을 승압시켜주는 역할을 한다.

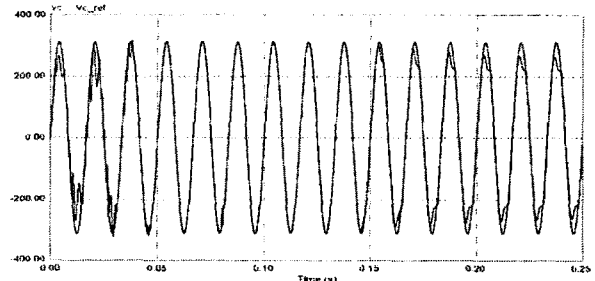
둘째, 앞단의 Front-end DC/DC 컨버터에 의해서 얻어진 DC단 전압으로부터 부하에 요구되는 교류전압을 만들어 주는 인버터는 출력전압을 필드



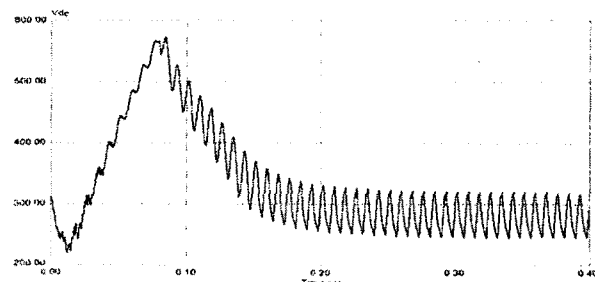
<그림 1> Fly-Wheel를 적용한 연료전지 전력변환장치 구성도

3. 모의실험 결과

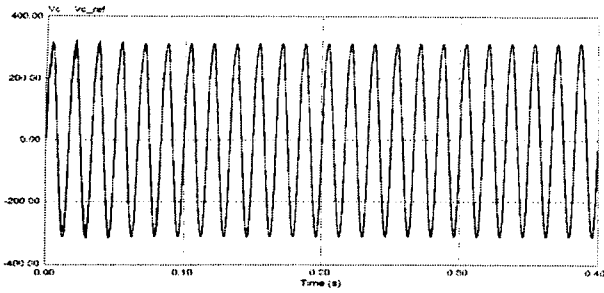
본 논문에서는 3kW급으로 부하에서 220V 정전압을 유지하도록 설계하였고, Psim 6.0을 사용하여 모의실험 하였다. 그림2은 정상부하에서 200% 부하가 증가시 그림3에서처럼 DC 링크단에서 전압이 급격히 감소하여 부하단에서 왜곡된 전압 파형이 발생하게 된다. 이런 경우, 연료전지 발전시스템 DC 링크단에 Fly-Wheel 에너지 저장시스템을 적용하게 되면 그림5에서 처럼 DC 링크단에 전압을 보상함으로써 그림4과 같이 부하단에 왜곡되지 않은 정전압을 공급하게 되는 것이다. 모의실험을 통하여 제안된 시스템을 고찰하였다.



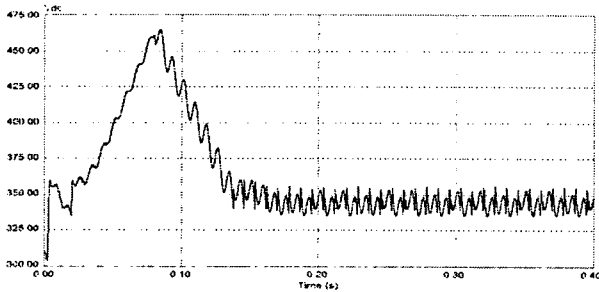
<그림2> 200% 과 부하시 보상전



<그림 3> 200% 과 부하시 전압



〈그림 4〉 200% 과부하시 보상후



〈실험 5〉 200% 과부하시 보상후

4. 결 론

본 논문은 연료전지와 플라이휠 저장 시스템을 결합한 복합 전원으로 하는 연료전지 발전 시스템의 전력변환장치 연구에 관한 것이다. 이를 위한 전력변환장치는 연료전지로부터 저전압을 상승시키기 고조파 DC-DC 컨버터, 이를 안정된 교류전원으로 변환하기 위한 DC-AC 인버터 및 플라이휠에 에너지 회생과 재생하기 위한 DC-AC 컨버터로 구성된다. 본 연구에서는 기존의 UPS 시스템은 AC 발전기 및 배터리를 백업 전원으로 사용하는 데 많은 유해 물질을 발생시키지만, 이 시스템을 사용하면 환경오염, 높은 효율 및 대용량에 적합하다. 또한, 시뮬레이션을 통하여 시스템 과부하시 안정하게 출력 성능을 가짐을 확인하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이원용, "가정용 연료전지 코제너레이션 시스템", 전력전자학회 특집, '01. 4월호, pp. 11~20, 2001
- [2] 최세완, "연료전지 발전시스템에서의 전력전자기술", 전력전자학회 특집, '03.8월호, pp. 29~35, 2003
- [3] DOE NETL, "Fuel Cell Handbook 6th Ed.", 2002
- [4] E. Santi ets., "A Fuel Cell Based Domestic Uninterruptible Power Supply", IEEE APEC Conference, pp. 605~613, 2002