

수퍼커패시터를 이용한 연료전지시스템용 승압형 양방향 DC-DC 컨버터

최원목, 곽군평, 안호균
창원대학교 전기공학과

A study on the boost type bi-directional DC-DC converters for fuel cell system using supercapacitors

Wonmook Choi, Gounpung Kwak, Hokyun Ahn,
Changwon National Univ.

Abstract - 친환경에너지원인 연료전지시스템에서 구조상 발생하는 문제점인 발전기와 같은 동작 특성과 느린 동특성으로 에너지를 저장할 수 있는 능력이 없다. 이를 보완하고자 400V급 승압형 풀브릿지 컨버터와 수퍼커패시터를 이용한 양방향 하프브릿지 컨버터를 적용하여 부하에 따른 낮은 출력전압을 승압하고 연료전지시스템 특성상 느린 동특성과 부하에 따른 출력변동을 슈퍼 커패시터를 이용하여 빠르게 충·방전함으로써 연료전지시스템으로도 상용전원과 같은 시스템에 적용 가능함을 시뮬레이션을 통하여 검증하였다.

터에 에너지를 충전하는 충전모드와 급작스러운 부하의 증가에 따른 방전모드로 나누어 제어하게 된다.

1. 서 론

친환경에너지원인 연료전지도 상용전원 시스템에 적용할 경우 몇 가지 문제점을 가지고 있다. 연료전지는 일종의 발전기와 같은 동작을 하기 때문에 구조상 발생된 에너지를 저장하는 능력이 없다. 화학반응으로 에너지를 생성해내기 때문에 느린 동특성을 가지고 있고, 큰 부하에 따른 출력전압의 강하가 발생하게 된다. 또한 순간적인 부하증가 시 배터리나 수퍼커패시터와 같은 별도의 에너지 저장장치가 없으면 출력전압의 조정이 어렵다. 본 논문에서는 연료전지의 운전특성으로 인한 단점을 보완 할 수 있는 절연형 승압형 DC-DC컨버터와 비절연형 양방향 DC-DC 하프 브릿지 컨버터를 구성하고, 수퍼커패시터 모델을 적용하여 상용전원에 적합한 시스템을 설계하여, 연료전지 시스템의 성능을 향상 시키고 상용전원으로서의 역할 가능성을 시뮬레이션을 통하여 검증하였다.

2. 본 론

2.1 수퍼커패시터

전기화학(Electrochemical)커패시터 = 수퍼커패시터(Supercapacitor) = 울트라커패시터(Ultra Capacitor)라고 한다. 활성탄소재료를 이용한 전기이중층 커패시터(ELDC: Electrical Double Layer Capacitor)가 상용화되었다. EDLC는 전지와 콘덴서의 중간특성을 갖고있으며, 충전용량은 작지만 충·방전 특성이 우수하다.

충방전 과전압이 없기 때문에 전기회로가 간단하고 저렴하며, 잔존용량을 알기 쉽고, 사용 온도범위가 넓다(+90~-30℃) 구성 재료가 무공해성이다. 화학반응을 이용하지 않으므로 전극 및 전해액의 재료는 변화하지 않으며 충방전을 반복해도 열화가 작다.

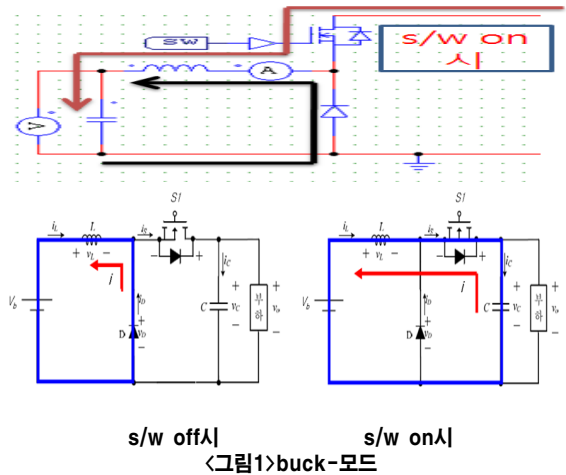
2.2 연료전지

연료의 산화(酸化)에 의해서 생기는 화학에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 전지로 일종의 발전장치라고 할 수 있으며 산화·환원 반응을 이용한 점 등 기본적으로는 보통의 화학전지와 같지만, 닫힌 계내(系内)에서 전지반응(電池反應)을 하는 화학전지와 달라서 반응물이 외부에서 연속적으로 공급되어, 반응생성물이 연속적으로 계외(系外)로 제거된다. 가장 전형적인 것에 수소-산소 연료전지가 있고, 수소 외에 메탄과 천연가스 등의 화석연료(化石燃料)를 사용하는 기체연료와, 메탄올(메틸알코올) 및 히드라진과 같은 액체연료를 사용하는 것 등 여러 가지의 연료전지가 나왔으며 이 중에서, 작동온도가 300℃ 정도 이하의 것을 저온형, 그 이상의 것을 고온형이라고 한다. 또, 발전효율의 향상을 꾀한 것이나, 귀금속 촉매를 사용하지 않는 고온형의 용융탄산염 연료전지를 제2세대, 보다 높은 효율로 발전을 하는 고체 전해질 연료전지를 제3세대의 연료전지라고 한다.

2.3 양방향dc-dc컨버터 동작회로

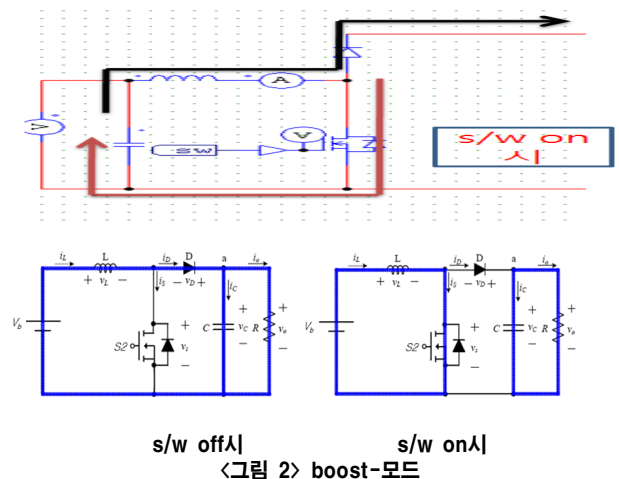
안정된 부하에 따라 연료전지의 자체운전이 가능할 경우 수퍼커패시

2.3.1 충전모드의 회로동작(buck-모드)



<그림 1> buck-모드

2.3.2 방전모드의 회로 동작(boost-모드)



<그림 2> boost-모드

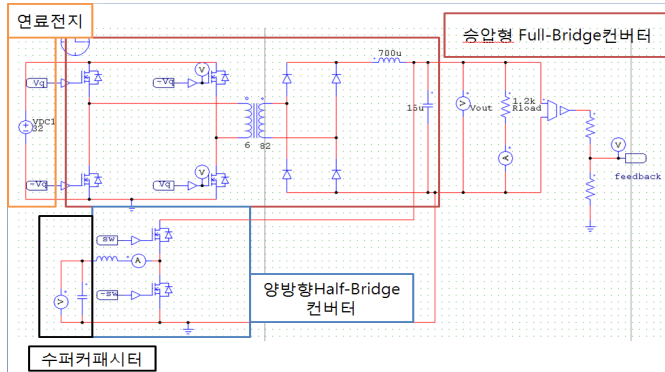
2.4 연구시스템 구성 및 시뮬레이션과정

2.4.1 시스템의 구성

본 연구에서 수퍼커패시터를 이용한 연료전지시스템용 승압형 양방향 DC-DC 컨버터를 상용전원으로서의 시험 가능성의 평가를 위하여 시뮬레이션을 구성하였다. 그림3은 전체 시스템의 구성을 나타내고 있고, 그림4는 풀브릿지 컨버터와 하프브릿지 컨버터의 제어를 나타

내고 있다.

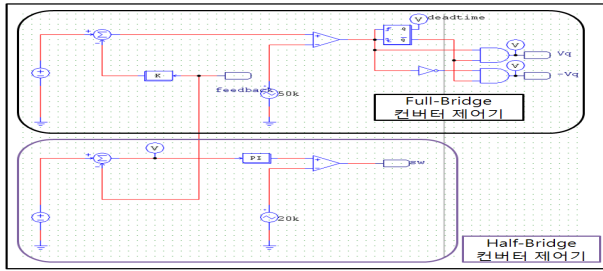
수퍼커패시터와 연료전지시스템의 병렬 운전을 위하여 하프-브릿지 형태의 양방향 직류-직류 컨버터를 설계하고 병렬로 연료전지시스템에 연결하였으며, 시스템의 부하시험 및 특성 평가를 위하여 부하의 양을 늘려가면서 시뮬레이션을 진행하였다.



〈그림 3〉 전체 시스템의 구성

2.4.1 시스템의 제어

출력전압을 피드백 받아서 full-bridge 컨버터의 전압을 400Vdc로 맞출 다음 전압이 안정되게 되면 충전모드로 들어가게 된다. 부하의 변동으로 전압값이 낮아지고 전류값이 높아지는 경우, 수퍼커패시터의 half-bridge 컨버터부는 방전 모드로 들어가 400Vdc의 안정된 전압과 부하에 해당하는 전류값을 방전하여 안정된 출력전압과 전류를 얻을 수 있다.



〈그림 4〉 제어기의 구성

2.4.2 각부 설계사항

〈표1-1〉 Half-bridge

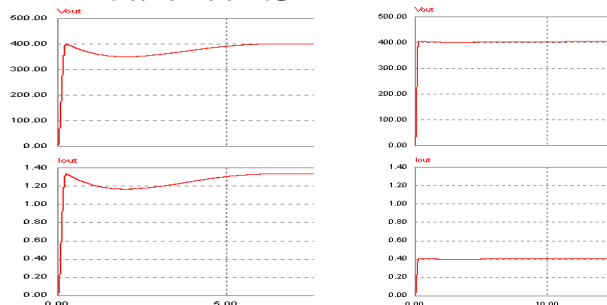
입력전압	200v
출력전압	400v
스위칭 주파수	20Khz
커패시터용량	20F
입력 L	1mH

〈표1-2〉 Full-bridge

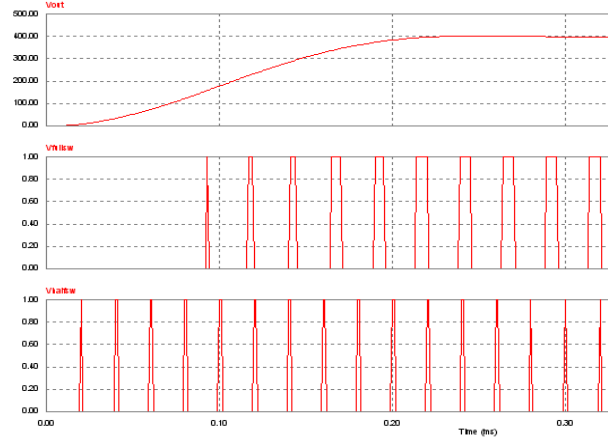
입력전압	28~32VDC
출력전압	400V
스위칭주파수	50Khz
출력 인덕터	16uH
출력 커패시터	700uF

표1-1은 수퍼커패시터의 양방향 half-bridge 컨버터의 설계사항을 나타내었으며, 표1-2은 연료전지시스템의 full-bridge 컨버터의 설계사항을 나타내었다.

2.4.3 결과 및 시뮬레이션파형



〈그림 5〉부하에 따른 출력전압, 전류파형



〈그림 6〉 전압에따른 스위칭 파형

그림5에서는 1.2k의 부하에서의 출력전압, 전류파형과 100의 저항부하에서의 전압, 전류파형을 나타내었다.

1.2k의 부하에서 안정된 전압과 전류 파형이 나타났으며 부하를 100로 바꾸었을 시에 저하되는 출력전압을 400Vdc로 보상해줌과 동시에 전류가 0.4A에서 1.4A로 상승하였음을 알 수 있다.

그림6에서는 전압의 상승에 따른 스위칭 파형으로 두 번째 그림은 풀-브릿지에서의 스위칭파형, 세 번째 그림에서는 하프-브릿지에서의 스위칭파형을 나타내었다.

3. 결 론

본 연구에서는 연료전지시스템을 상용 전원으로 사용하기 위하여 연료전지시스템의 느린 동특성을 보상해 줌과 동시에 안정적인 전압을 출력하는 것을 연구하였다. 수퍼커패시터를 이용한 그림3과 같은 시스템에 제어기로 전류를 보상해줌으로 부하의 변동에도 안정된 전압이 출력될 수 있음을 제안하였다. 시뮬레이션의 검증은 통하여 상용전압의 부하를 검증할 수 있는 시스템을 시험제작하여 실험을 할 예정이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국과학기술정보연구원, “수퍼커패시터”, 한국과학기술정보연구원 테크니컬리포트, 2007
- [2] 유창규, 이우철, Yoo. Chang-Gyu, “방향 절환이 자유로운 양방향 DC/DC 컨버터 개발” 전기학회논문지. The transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers. B, 전기기기 및 에너지 변환시스템부문, v.55 no.4, pp.224-230, 2006
- [3] 김인주, 이성세, 문건우, 2004, “42V 차량용 에너지 관리 장치를 위한 양방향 DC/DC 컨버터의 개발” 2004년도 전력전자학술대회 논문집(1), 2004 July, pp.446-450
- [4] 정상민, 조진상, 최세완, 한수빈, “하이브리드 에너지 시스템에서 양방향 DC-DC컨버터에 의한 배터리 제어 기법”, 전력전자학회 학회논문집, pp. 359-363. 2004
- [5] 최세완, “연료전지 발전 시스템에서의 전력전자 기술”, 전력전자학회지 Vol.8, pp.30-35, 2003