

## 휴대폰용 연료전지 배터리 충전기 DC-DC 컨버터 설계

임승률, 김종수, 강현수, 이병국  
성균관대학교 정보통신공학부

### Design of DC-DC Converter for Fuel Battery Charger for Mobile Phone

Seung Ryul Im, Jong-Soo Kim, Hyun-Soo Kang, Byoung-Kuk Lee  
School of Information & Communication Engineering, Sungkyunkwan University

**Abstract** - 본 논문에서는 휴대폰 배터리의 충·방전 특성을 고려하여 연료전지를 이용한 휴대폰 배터리 충전기 용 회로 및 제어 방법을 설계한다. 배터리의 충전 시상수를 저항과 커��시터로 설계하고 시뮬레이터를 구성한다. 또한 배터리의 자연방전에 따른 재충전을 수행하는 보상충전을 위하여 히스테리시스 제어를 적용하였고 시뮬레이션을 통해 충전기 동작을 확인한다.

### 1. 서 론

연료전지는 대체에너지로 각광받고 있는 발전 시스템으로 이중 저온형 연료전지인 고분자 전해질 연료전지(PEMFC)와 직접 메탄을 연료전지(DMFC)가 적용된 휴대용, 가정용, 자동차용 연료전지 시스템에 대한 많은 연구가 진행되고 있다.

이 중 DMFC는 액체형태의 메탄을 수용액을 연료로 사용하여 에너지 저장 밀도가 매우 높고 연료의 운송 및 저장이 용이하다. 또한 연료 자체가 냉각제의 역할을 하므로 냉각시스템(coolant manifold)이 간단해진다. 또한 DMFC는 PEMFC에 비하여 습윤한 상태로 전해질 막이 유지되어 별도의 가습기가 필요 없다. 이러한 특징으로 인해 DMFC는 주변장치(Balance of Plant, BOP) 자체가 매우 단순하고 크기가 작아서 휴대용 전원으로써 가장 적합하다. 이러한 DMFC에 대한 연구는 스팩, BOP, 전력변환시스템(Power Conditioning System, PCS) 등 각 구성요소로 연구 범위가 넓어지고 있다 [1].

현재 무선 데이터 통신 기술 및 전자회로 설계 기술의 급속한 발전에 따라 개인용 휴대 전자기기의 사용이 급속히 증가하고 있다. 반면 배터리의 사용시간은 짧고 그에 따라 충전의 필요성이 점차 증대되어짐으로써 DMFC를 활용한 휴대폰 배터리 충전 전원으로의 활용이 기대를 모으고 있다.

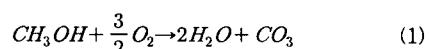
따라서 본 논문에서는 DMFC의 저전압 출력 특성과 배터리 충·방전 특성을 고려한 승압형 DC-DC 컨버터와 히스테리시스 전류제어를 적용한 충·방전 전력변환 시스템을 제안한다.

### 2. 본 론

#### 2.1 배터리 충전 시스템 분석

##### 2.1.1 DMFC 특성

직접메탄을 연료전자는 메탄을 연료와 공기 중의 산소가 직접 반응하여 발전하는 연료전지이기 때문에 연료 개질기가 필요 없으며, 수송운반에 용이하고 연료인 메탄올의 값이 싸다는 장점을 갖는다. DMFC의 전체 반응식은 식(1)과 같다.



출력밀도가 낮아도 높은 에너지 밀도가 요구되는 용용분야에 유효하다.

##### 2.1.2 휴대폰 배터리 충전 특성

휴대폰 배터리는 리튬-이온 배터리가 주로 사용된다. 이 배터리의 최고 충전전압은 4.3V이며, 전류는 배터리 종류에 따라 표 1과 같다 [2].

표 1 배터리 종류에 따른 부하전류 특성

부하저항	부하전류
$27k\Omega$	$450mA \pm 50mA$
$4.7k\Omega$	$750mA \pm 50mA$
$1.5k\Omega$	$900mA \pm 50mA$

#### 2.2 승압형 컨버터 설계

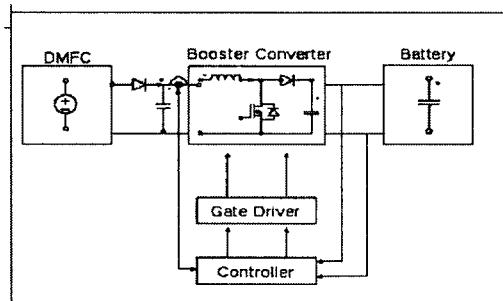


그림 1 배터리 충전시스템 블록 다이어그램

승압형 컨버터로는 구성 및 제어가 간단한 부스터 컨버터를 선정하였다. 출력전압 결정을 위한 시비율은 인덕터의 쇄교자속 밸런스 (Flux-Linkage Balance)에 의해 식(2)와 같이 유도된다.

$$V_o = \frac{V_s}{1 - D} \quad (2)$$

인덕터는 전류연속모드(Current Continuous Mode, CCM)로 동작하기 위하여 최소 전류를 30mA로 설정하여 설계하였다. 인덕턴스는 식(3)과 같이 유도된다.

$$L \geq \frac{V_o D D^{-2} T_s}{2 I_{omin}} \quad (3)$$

출력 커패시터는 출력전압 리플이 출력전압의 1%이내가 되도록 설계하였다. 커패시턴스는 식(4)로 나타낼 수 있다.

$$C \geq \frac{D T_s}{R} \times \frac{V_o}{\Delta V_o} \quad (4)$$

### 2.3 승압형 컨버터 제어

휴대폰 배터리 충전완료 전압은 4.3V이다. 하지만 배터리는 자연방전으로 인한 전압강하가 발생되고 4.07V까지 감압되면 다시 전력을 공급하여 4.3V까지 재충전을 하는 보상충전이 요구된다. 이러한 보상충전을 위해 전압 범위를 설정하고, 설정 범위 내에서 전압이 상승, 하강을 하도록 제어하는 히스테리시스 제어를 적용하였다 [2].

## 3. 시뮬레이션

### 3.1 초기 충전 전압의 특성

휴대폰 배터리의 초기 충전은 배터리의 부하 시상수 때문에 과방전 상태인 2.5V에서 4.3V까지 지수 적으로 증가하는 특성을 보인다. 따라서 본 시뮬레이션에서는 배터리를 저항과 커패시터로 모델링하였다. 식 (5)는 충전시간을 결정하고 수동소자로 배터리를 모델링하기 위한 방정식을 나타낸다. 충전시간은 시뮬레이션의 유효성을 고려하여 1초로 스케일링 하였다.

$$V(t) = V(0)e^{-\frac{t}{RC}} \quad (5)$$

### 3.2 배터리 충전 특성

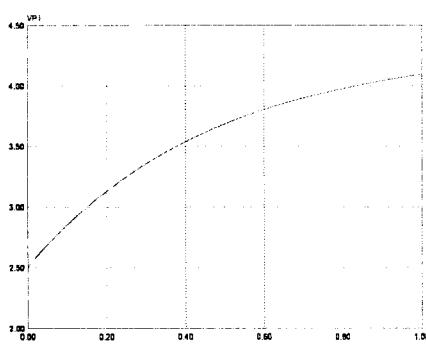


그림 2 배터리 충전 곡선

그림 2는 2.5V로 방전된 배터리의 충전 곡선을 나타낸다. 배터리 전압이 1초 동안 2.5V에서 4.3V로 지수 적으로 증가하는 것을 볼 수 있다. 배터리는 저항과 커패시터로 구성하였다.  $4.7k\Omega$ 의 부하저항을 갖는 배터리의 경우, 750mA 정도의 초기 충전 전류가 공급되고 배터리의 전압상승에 따라 전류의 크기도 상대적으로 감쇠되어 완충 전 약 10~100mA의 전류가 공급된다.

### 3.3 배터리 보상충전 특성

배터리의 보상충전을 위해 히스테리시스 제어를 적용하였다. 히스테리시스는 입력 크기와 입력 변화의 정도에 의존하여 센서가 이전 상태의 영향을 받고 있는 것을 나타내는 일종의 기억효과이다. 또한 전압과 전류가 상승하고 하강하는 최대 및 최소의 제한 값이 존재 한다.

따라서 배터리 충전 시스템에서는 충전 및 방전 전압과 전류가 설정된 최대 (Upper Limiter) 또는 최소 (Lower Limiter) 제한 값을 반복 적으로 상승, 하강 하도록 제어하는 것을 히스테리시스 제어라고 한다 [3].

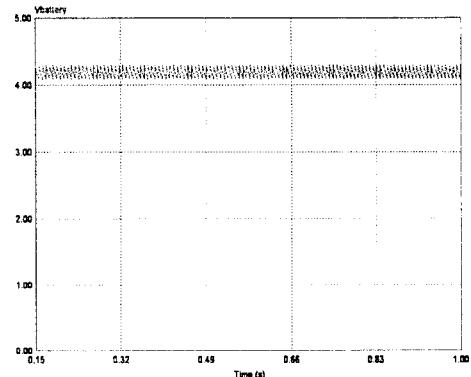


그림 3 보상충전 모드

그림 3은 계속적인 충전을 통하여 배터리의 전압이 최대 충전전압인 4.3V에 도달하게 되면 충전이 종료되는 과정을 나타낸다. 전력전달이 종료 된 후 배터리의 자연방전이 발생되면서 전압이 감소되기 시작한다. 4.07V까지 전압이 감소되면 보상충전모드가 시작되고 이를 통하여 4.3V까지 전압이 상승하는 것을 확인 할 수 있다. 히스테리시스 제어를 통하여 충전과 방전을 반복하여 배터리의 전압이 일정한 범위에서 유지되는 것을 확인 할 수 있다.

## 4. 결 론

본 논문에서는 DMFC가 적용된 휴대폰 배터리 충전 시스템을 구성하였다. 전력변환기로 사용된 승압형 부스트 컨버터의 전압 및 전류제어와 배터리의 수동 소자 모델링을 통하여 초기 충전특성을 확인하였다. 또한 히스테리시스 제어를 통하여 보상충전 모드를 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 결과는 연료전지 휴대폰 배터리 충전 시스템의 이해에 도움을 줄 것으로 기대된다.

## [참 고 문 헌]

- [1] 조한의, “직접 메탄을 연료전지를 이용한 휴머노이드 로봇의 전원시스템 개발”, 주제학술대회논문집, PP332~335, 2007
- [2] 기술표준고시원, “전기용품안전기준(K10001)”, 2004.9.30
- [3] M. Brown, “Power supply cookbook 2<sup>nd</sup> ed.”, NEWNES