

# 새로운 방식의 2차전지 방전 시스템에 관한 연구

김동욱, 채수용, 정대택, 구도연, 홍순찬  
 단국대학교 전자전기공학과

## A Study on New Topology of Discharge System for Secondary Battery

Dong Wook Kim, Soo Yong Chae, Dae Taek Chung, Do Yeon Koo, and Soon Chan Hong  
 Dept. of Electronics & Electrical Eng., Dankook University

### ABSTRACT

This paper proposes new topology of discharge system. Proposed system can discharge until battery reaches zero voltage. The validity of proposed discharge system is verified by simulations.

### 1. 서론

오늘날 휴대용 전자기기의 빠른 발전으로 인하여 보다 성능이 우수한 배터리에 대한 요구가 증대되고 있다.<sup>[1]</sup> 배터리의 성능 개선을 위한 노력의 일환으로 개발 단계에서부터 수명 및 신뢰성 확보를 위한 각종 시험을 실시하고 있다. 그 중 하나가 배터리를 영전압까지 방전시키면서 성능을 확인하는 것이다. 이 때 배터리의 전압이 0[V]에 도달할 때까지 방전해야 하지만, 반도체 소자 및 도선에서의 전압 강하 성분들로 인하여 배터리 전압이 낮은 영역에서는 방전을 유지하지 못한다.

본 논문에서는 전압 강하가 발생하더라도 배터리의 영전압 방전을 할 수 있는 회로를 제안하고 해석하며 시뮬레이션을 통해 제안한 회로의 타당성을 검증하고자 한다.

### 2. 제안한 영전압 방전 회로

#### 2.1 회로의 구성

그림 1은 본 논문에서 제안하는 영전압 방전회로이다.

회로는  $N_1$ 측  $V_S$ 와  $N_2$ 측  $V_B$ , 제 1 스위칭소자( $S_1 \sim S_4$ )와 제 2 스위칭소자( $Q_1 \sim Q_4$ ), 제 2 스위칭소자의 On시 단락구간 방지용 소자( $D_1 \sim D_4$ ), 그리고 부스트용 인덕터  $L$ 로 구성된다.

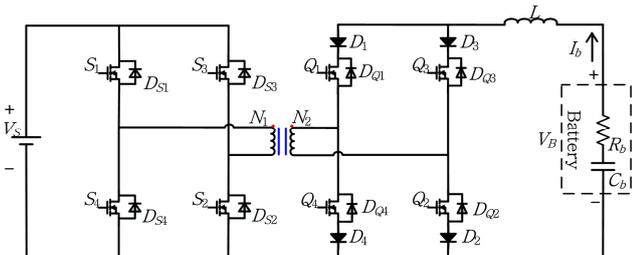


그림 1 제안한 영전압 방전회로  
 Fig. 1 Proposed Zero-Voltage Discharge Circuit

#### 2.2 제안회로의 Mode별 동작

배터리 전압이 낮은 영역, 2.0[V]이하의 영역에서는 방전전류를 일정하게 유지하면서 방전하기 위해서는  $L$ 에 에너지를 저장하는 구간에서  $L$ 에 충분한 전류가 인가되어야 한다. 이를 위해 본 논문에서는 방전시에  $N_1$ 측 스위치  $S_1 \sim S_4$ 를 구동하여 부스트 구간인 Mode 1, Mode 3에서  $L$  양단에 승압에 필요한 충분한 에너지가 공급되도록 그림 2와 같이 스위치를 구동한다. 이 때 제 2 스위칭소자는  $T/2 + DT$ 로 고정 동작하며, 제 1 스위칭소자( $S_1 \sim S_4$ )의  $DT$ 를 가변하여 전류의 크기를 제어한다. 이 때,  $D < 0.5$ 이다. 그에 따른 회로의 동작 순서는 그림 3과 같다.

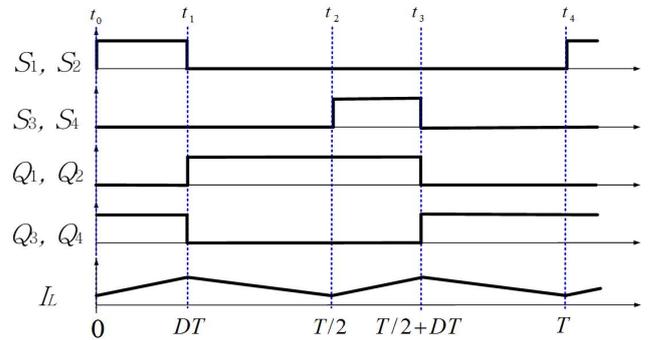


그림 2 게이트 파형  
 Fig. 2 Gate Waveforms

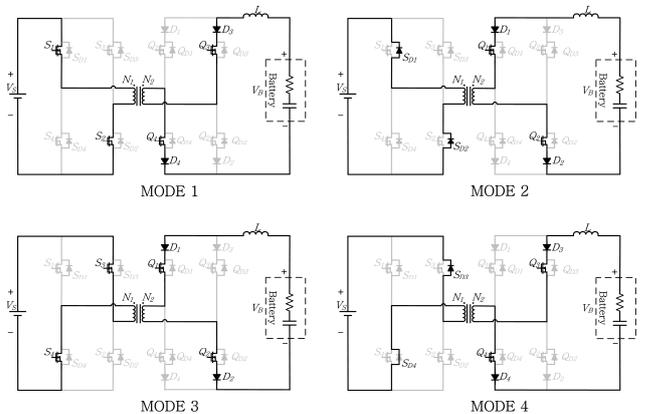


그림 3 회로 동작  
 Fig. 3 Circuit Operation

각 모드에서의 동작은 다음과 같다.

(a) Mode 1 :  $t_0 \leq t < t_1$

스위치  $Q_3, Q_4$ 가 On 되어 있는 상태에서  $S_1, S_2, Q_1, Q_2$ 에 게이트 신호가 인가되지만  $N_2$ 에 전압이 유기되어 있는 상태이므로  $Q_1, Q_2$ 는 On되지 않는다.  $N_1$ 측에는  $V_S - S_1 - N_1 - S_2 - V_S$ 의 경로가 형성되며 이로 인해  $N_2$ 측에는  $N_2 - Q_4 - D_4 - V_B - L - D_3 - Q_3 - N_2$ 의 경로가 형성되어 배터리를 방전시킴과 동시에 그림 2의 과형처럼  $L$ 에 에너지를 저장한다. 이 때  $L$  양단에는  $N_1$ 측 스위치 동작에 의해  $N_2$ 측에 유기된 전압과 배터리 전압이 더해진 전압이 인가된다.

(b) Mode 2 :  $t_1 \leq t < t_2$

Mode 1에서 On된 스위치  $Q_1, Q_2$ 가 On 상태를 유지하고 스위치  $S_1, S_2$ 가 Off 되어 Mode 1 2에서  $L$ 에 저장된 에너지와 배터리의 방전 에너지가  $N_1$ 측으로 회수되는 구간이다.

$N_2$ 측에  $V_B - L - D_1 - Q_1 - N_2 - Q_2 - D_2 - V_B$ 의 경로가 형성되고  $N_1$ 측에  $N_1 - D_{S1} - V_S - D_{S2} - N_1$ 의 경로가 형성되어 방전에너지를  $V_S$ 로 전달한다.

(c) Mode 3 :  $t_2 \leq t < t_3$

스위치  $Q_1, Q_2$ 가 On 되어 있는 상태에서 Mode 1과 같은 이유로  $S_3, S_4$ 만 On되며  $Q_3, Q_4$ 는 On되지 않는다.  $N_1$ 측에  $V_S - S_3 - N_1 - S_4 - V_S$ 의 경로가 형성되며  $N_2$ 측에  $N_2 - Q_2 - D_2 - V_B - L - D_1 - Q_1 - N_2$ 의 경로가 형성되어 배터리를 방전시킴과 동시에  $L$ 에 에너지를 저장한다.

(d) Mode 4 :  $t_3 \leq t < t_4$

스위치  $Q_3, Q_4$ 이 On 상태를 유지하여  $N_2$ 측에  $V_B - L - D_3 - Q_3 - N_2 - Q_4 - D_4 - V_B$ 의 경로가 형성되고  $N_1$ 측에  $N_1 - D_{S3} - V_S - D_{S4} - N_1$ 의 경로가 형성되어 방전에너지를  $V_S$ 로 전달한다.

그림 2처럼  $Q_1, Q_2$ 와  $Q_3, Q_4$ 는  $T/2$ 의 듀티비로 상보동작하나,  $L$ 에 흐르는 전류의 연속성을 위하여  $Q_1, Q_2$ 와  $Q_3, Q_4$ 의 게이트 신호를 중첩한다.

### 3. 시뮬레이션

제안 회로를 시뮬레이션하기 위해서 주요 파라미터는 표 1과 같다. 배터리  $V_b$ 는 커패시터  $C_b$ 와 내부 등가저항  $R_b$ 로 구성한다<sup>[2,3]</sup>. 시뮬레이션의 빠른 결과 작성을 위하여  $C_b$ 의 용량은 작게 선정하였다.

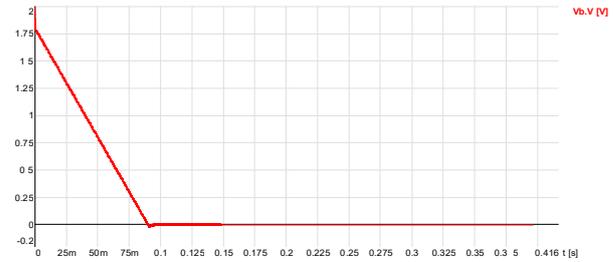
표 1 시뮬레이션 파라미터  
Table 1 Simulation Parameters

$V_S$	350[Vdc]	$L$	20[uH]
$N_1 : N_2$	16 : 1	배터리 $C_b$	10[F]
스위칭 주파수	50[kHz]	배터리 $R_b$	1[mΩ]

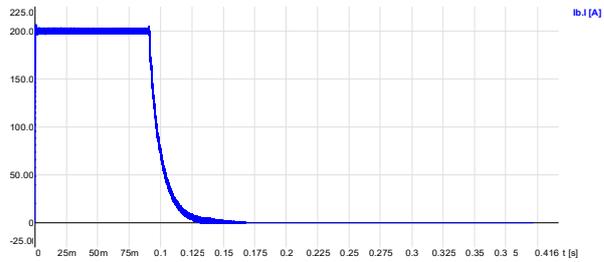
정전류모드로 시작되어 0.09[ms] 후 배터리 전압  $V_b$ 는 0[V]에 도달하고 그와 동시에 정전압모드로 방전을 계속한다.

정전류방전 시간은 배터리의 용량과 설정 전압에 따라 달라진다. 본 시뮬레이션의 모델은 5[V] 200[A]의 배터리팩을 기준으로 하였으며 배터리의 전압이 2.0[V]까지 방전된 이후를 가정하였다.

시뮬레이션 결과는 그림 4와 같다. 그림 4(a)는 배터리의 양단 전압이며, 그림 4(b)는 배터리 방전전류 과형이다. 그림에서 알 수 있듯이 배터리의 전압이 2.0[V]이하에서도 방전을 유지하는 것을 확인할 수 있다.



(a) 배터리 양단 전압



(b) 배터리 방전 전류

그림 4 시뮬레이션 결과

Fig. 4 Result of Simulation

### 4. 결론

본 논문에서 제안한 영전압 방전 시스템은 제 1 스위칭 소자를 구동하여 배터리 전압이 0[V]에 도달할 때까지 방전할 수 있다. 이 때 시스템은 정전류모드를 사용하여 방전하며 0[V]도 달성시킬 수 있다. 이 시스템을 이용하여 배터리의 전압을 영전압까지 방전하는 신뢰성 시험을 실시 할 수 있는 것을 시뮬레이션을 통하여 확인하였다.

### 참고 문헌

- [1] 홍승표, 이선미, 정해식, 김경미, 오정은, [IITA] 정보통신연구진흥원 학술정보 IT 수출입동향 News Letter 1권 7호, pp.47~60. 2003.
- [2] Sang Hwa Jung, Young Jin Woo, Nam In Kim, and Gyu Hyeong Cho, "Analog Digital Switching Mixed Mode Low Ripple High Efficiency Li Ion Battery Charger", IEEE ISIE Proceedings, pp.2473~2480, 2001.
- [3] H. L. Chan, D. Sutanto, "A New Battery Model for use with Battery Energy Storage Systems and Electric Vehicles Power Systems", IEEE Power Engineering Society Winter Meeting, pp.470~475, 2000.