

무선 전력 전송을 활용한 배터리 모듈 밸런싱 기법

김기범*, 김위민*, 박영빈**, 강민석*, 이상원*, 조영균**
 공주대학교* 충남대학교**

Battery Module Balancing Using Wireless Power Transfer

Gi-Beom Kim*, Wi-Min Kim*, Yeong-Bin Park**, Min-Seok Kang*, Sang-Won Lee*,
 Young-Kyun Cho**
 Kongju National University*, Chungnam National University**

ABSTRACT

본 연구에서는 무선 전력 전송 기술을 활용하여 셀 밸런싱 기법을 연구하였다. 다중 부하에 전력 전송하기 위해 Single Input Multi Output (SIMO) 구조를 채택하였으며, 양방향 스위치를 이용한 선택적 전력 전송과 송수신 코일에 Rectangular to Rectangular 코일을 적용하여 전자기 간섭을 최소화하였다. 시뮬레이션을 통하여 셀 밸런싱 알고리즘의 성능을 평가하고 결과를 도출하였다.

1. 서론

최근 안전성 및 공간적 제한 문제를 해소하고 다수의 부하에 전력을 전달하기 위한 무선 전력 전송 시스템에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 배터리 충전 분야 또한 팩 내의 공간적 제한 문제를 해소하고 전력 불균형을 해결하기 위하여 무선 전력 전송

을 활용한 셀 밸런싱 연구가 활발히 진행되고 있다[1]. 이 과정에서 다수의 부하를 충전하기 위해 SIMO 및 Multi Input Multi Output (MIMO) 방법을 채택할 수 있으며, 이 중 배터리 팩 내에서 상대적으로 낮은 가격과 부피로 시스템을 구현할 수 있는 SIMO 구조가 해당 어플리케이션에 적합하다. SIMO 구조가 적용된 무선 전력 전송 시스템으로 다수의 부하를 충전할 경우, 전력 불균등 분배와 부하 간의 전자기 간섭으로 인하여 원하지 않는 전력이 전송될 우려가 존재하며[2], 이를 셀 밸런싱 기법에 적용할 경우, 불필요한 에너지의 흐름을 최소화하고 정확하게 에너지를 전달하는 것이 중요하다.

이에 해당 연구에서는 각 수신 코일의 인덕턴스를 다르게 설정하여 균등 전력을 확보하였으며, 부하 간의 전자기 간섭을 최소화하기 위해 Rectangular 코일 다섯 개를 동일한 평면에 위치시켰다. 또한 양방향 스위치를 적용하여, 최종적으로 모듈에 선택적으로 밸런싱 에너지를 전달할 수 있는 SIMO 무선 전력 전송 밸런싱 시스템에 관하여 제안을 하였다. 해당 시스템은 고속의 밸런싱을 수행하기 위하여, SOC 기반의 알고리즘을 탑재하여, 다수의 배터리에 동일한 에너지가 전달이 되도록 하였다.

2. 본론

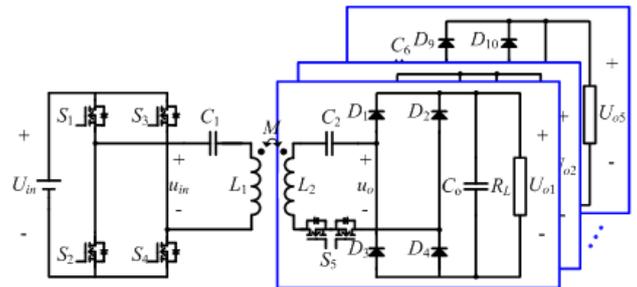


그림 1 제안하는 SIMO 구조가 적용된 회로.
 Fig.1 Circuit with proposed SIMO structure

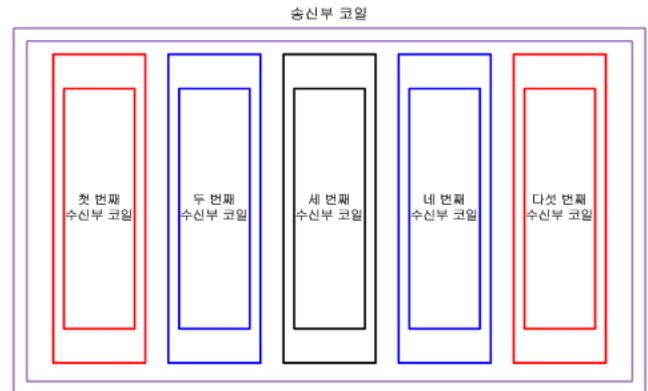


그림 2 Rectangular to Rectangular 코일의 형태.
 Fig.2 Rectangular to Rectangular coil of structure..

2.1 제안하는 무선 전력 전송 시스템

그림 1은 제안하는 SIMO 구조가 적용된 무선 전력 전송의 회로를 나타내며, 송신측 입력전압 U_{in} , 풀 브릿지 인버터 (S_{1-4}), 보상 커패시터 (C_1), 공진 인덕터 (L_1), 수신측 출력 전압 U_o , 공진 인덕터 (L_{2-6}), 보상 커패시터 (C_{2-6}), 양방향 스위치 (S_{5-9}), 정류기 (D_{1-20})으로 구성 되어있다. 그림 2는 제안하는 시스템에 적용한 송수신 코일의 형태로 수직 형성 flux가 강한 Rectangular to Rectangular 코일을 채택하여, 적용하였으며, 부하 간의 전자기 간섭을 최소화시켰다.

그림 3은 제안된 무선 전력 전송 시스템이 적용된 셀 밸런싱 시뮬레이션 회로이며, 실제 실험과 동일하게 표1의 파라미터 값을 적용시켰다.

2.2 무선 전력 전송 밸런싱 시뮬레이션 구성 및 결과

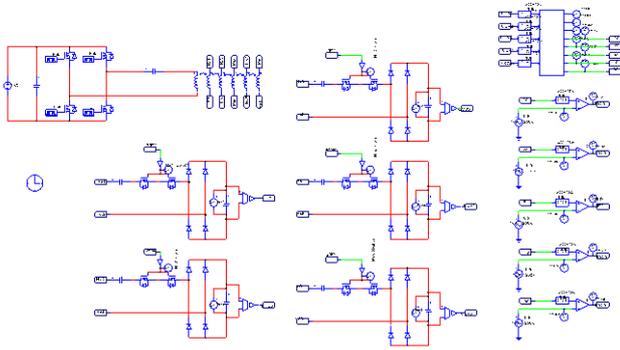


그림 3 무선 전력 전송을 이용한 밸런싱 회로.
Fig.3 Balancing circuit using WPT

표 1 실험 파라미터 값.

Table 1 Parameter values of experiment.

U_m	250 V	$L_{2,6}$	185 μ H
U_o	42 ~ 56 V	$L_{3,5}$	300 μ H
Switching frequency	85 kHz	L_4	360 μ H
L_1	1.2 mH	$C_{2,6}$	18.66 nF
C_1	2.92 nF	$C_{3,5}$	11.52 nF
M	65.9 μ H	C_4	9.69 nF
R_L	4.66 ~ 6.25	-	-

그림 3은 제안하는 배터리 모듈 밸런싱 기법의 시뮬레이션 구성이다. 해당 시뮬레이션에서는 C 블록을 활용하였으며, 블록 내 State of Charge (SOC) 기준의 밸런싱 알고리즘을 탑재하였다. 밸런싱 알고리즘은 가장 먼저, 다섯 개의 SOC값 (SOC_k)를 평가하고, 평균 SOC값인 (SOC_{avg})를 계산한다. 그 후, 셀 별로 $SOC_{dev,k} = SOC_{avg} - SOC_k$ 를 계산하며, $SOC_{dev,k} > SOC_{th}$ 경우 밸런싱을 수행 및 반복한다. 최종적으로 해당 밸런싱 알고리즘은 $SOC_{dev,k} \leq SOC_{th}$ 이 될 때 까지 반복 수행이 된다.

그림 4 시뮬레이션 내에서, 다섯 개의 배터리 모듈이 SOC 오차를 가지도록 $R_{x1} = 50$ V, $R_{x2} = 49.5$ V, $R_{x3-5} = 48.5$ V로 설정하였다. 알고리즘 구동 결과를 통하여 $SOC_{dev,k} \leq SOC_{th}$ 를 만족하면 밸런싱이 종료되는 것을 확인할 수 있다.

3. 결론

본 논문은 SIMO 구조의 무선 전력 전송 시스템에 양방향 스위치 및 Rectangular to Rectangular 코일을 적용시켜 전자기 간섭 최소화하고 선택적 전력 전송을 가능하게 하였다. 제안된 시스템을 이용하여 SOC 기반의 고속 밸런싱 알고리즘을 적용하였으며, 시뮬레이션을 통하여 결과를 확인하였다.

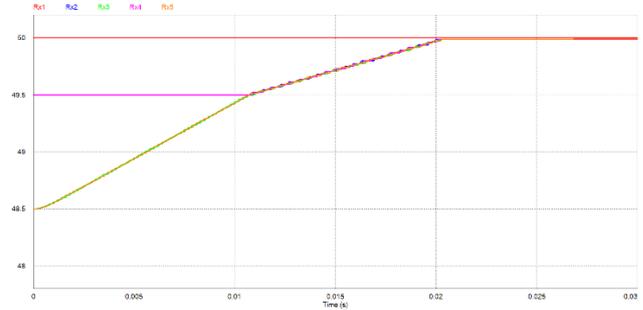


그림 4 시뮬레이션 밸런싱 전압.
Fig.4 Simulation balancing voltage

이 논문은 한국전력공사의 사외공모 기초연구 (개별)에 의해 지원되었음 (과제번호:R22XO02-09)

참고 문헌

- [1] 엄태윤, 오창섭, 박석준. (2015). 무선전력전송에 대한 기술 개발 동향. 에너지공학, 24(2), 174-178.
- [2] W. Liu, K. T. Chau, C. H. T. Lee, C. Jiang and W. Han, "A Switched-Capacitorless Energy-Encrypted Transmitter for Roadway-Charging Electric Vehicles," in *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 54, no. 11, pp. 1-6, Nov. 2018.