

무선발열가전의 배터리-슈퍼커패시터 제어 알고리즘 고찰

유재곤*, 김남준*, 홍일성**, 김종수*[†]
 대진대학교 전기전자공학부*, (주)명성**

A Study on Control Algorithm for Battery-Supercapacitor in Wireless Heating Application

Jae-Gon Yoo*, Nam-Jun Kim*, Il-Seong Hong**, Jong-Soo Kim*[†]
 Daejin University*, Myungsung Co.,Ltd.**

ABSTRACT

본 논문에서는 기존 철도, 차량의 급가속 및 언덕주행에서의 배터리의 낮은 전력밀도특성을 극복하기 위한 배터리-슈퍼커패시터 하이브리드 시스템의 연구를 발열 시에 유사한 특성을 가지는 무선발열가전에 적용한다. 또한, 기존의 토폴로지와 제어기법에 대하여 분석하고 무선발열가전에 적합한 제어 알고리즘에 대하여 고찰한다.

1. 서 론

최근 슈퍼커패시터를 통해 배터리의 수명을 연장시키는 것과 동시에 낮은 전력밀도 특성을 보완하는 배터리-슈퍼커패시터의 하이브리드 에너지 저장 시스템(HESS : Hybrid Energy Storage System)에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 그러나 이러한 HESS에 대한 연구의 대부분은 가속 구간에 큰 에너지를 필요로 하는 철도, 자동차분야에서 주로 이루어지는 상태이다.^{[1][2]}

헤어아이론, 발열방석, 헤어드라이기과 같은 무선발열가전 어플리케이션의 경우도 초기에 발열체의 온도를 올리기 위한 예열구간과 온도변화에 따른 온도 상승 구간에 순간적으로 많은 에너지가 필요하기 때문에 HESS의 적용을 통해 전력밀도를 개선하고 배터리의 수명연장이 가능하다. 하지만 무선발열가전의 특성상 Form-factor의 제한과 휴대성을 고려할 때 기존의 연구를 그대로 적용하기에는 여러 가지 제한사항이 발생하게 된다.^[3]

따라서 본 논문에서는 기존의 배터리-슈퍼커패시터의 Topology를 무선발열가전에 슈퍼커패시터를 적용하였을 때 발생하는 문제에 대해서 기술하고 무선발열가전에 적용 가능한 회로의 제안 및 회로를 효율적으로 제어하는 방법 대하여 고찰해 본다.

2. 본 론

2.1 배터리-슈퍼커패시터 하이브리드 시스템 토폴로지

일반적으로 연구되고 있는 HESS의 토폴로지의 경우 배터리-슈퍼커패시터의 정격전압과 시스템의 출력전압을 고려하여 선정된다. 그림 1-(a)의 경우 배터리-슈퍼커패시터가 병렬로 연결된 구조로써 상대적으로 높은 효율을 가지지만 충전과 방전을 제어할 수 없다는 단점을 가지고 있다. 그림 1-(b)의 경

우에는 배터리와 슈퍼커패시터에 각각 dc-dc 컨버터를 사용하는 구조로 배터리와 슈퍼커패시터의 제어 알고리즘에 따라서 충/방전 비율을 결정할 수 있는 장점을 가지지만 2개의 dc-dc 컨버터를 사용하여 제품 단가와 부피가 증가하고 상대적으로 효율이 낮다는 단점을 가진다. 그림 1-(c)의 경우에는 전력반도체와 수동소자를 추가하여 Multi-Input DC-DC 컨버터를 사용하는 방식으로 1-(b)에 비하여 부피를 줄일 수 있지만 마찬가지로 1-(a)에 비하여 제품단가와 부피가 증가하는 단점을 가진다.^[4]

휴대성을 가져야 하는 무선가전의 특성상 상대적으로 제품 단가가 높고 부피가 큰 그림 1-(b)와 1-(c)의 토폴로지는 적합하지 않다. 또한, 무선발열가전은 온도상승에 따라 슈퍼 커패시터가 필요한 구간과 온도의 감소 혹은 동작하지 않아서 슈퍼커패시터가 불필요한 구간이 있기 때문에 슈퍼커패시터의 개별 운용이 불가능한 그림 1-(a)의 형태도 적합하지 않다. 따라서 본 논문에서는 상대적으로 효율이 높은 1-(a)를 변형한 회로를 제안한다.

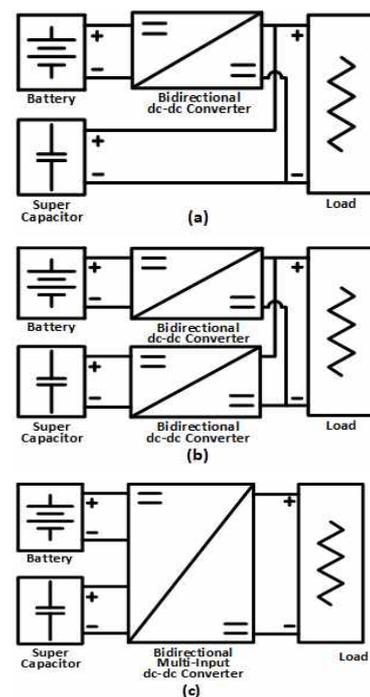


그림 1 배터리-슈퍼커패시터 하이브리드 시스템 토폴로지
 Fig. 1 Battery-Supercapacitor Hybrid System Topology

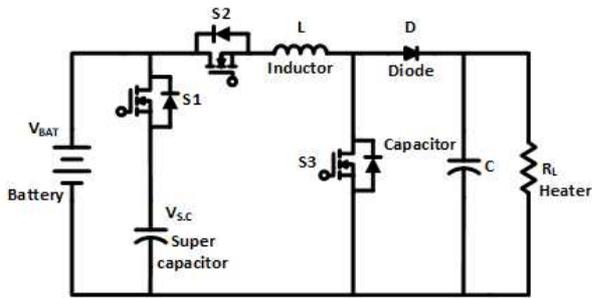


그림 2 제안하는 DC-DC Converter 회로
Fig. 2 The proposed DC-DC converter circuit

2.2 제안하는 배터리-슈퍼커패시터 토폴로지

앞 절에서 분석한 기존의 토폴로지들의 경우 전기자동차나 철도의 모터부하로부터 회생되는 에너지를 이용하여 배터리와 슈퍼커패시터를 충전하기 때문에 전력변환기의 양방향 동작이 필요했지만 헤어아이론이나 헤어드라이기와 같은 무선발열가전의 경우에는 발열부하에서 회생되는 에너지가 없기 때문에 양방향 동작이 필요하지 않다. 또한, 그림 1-(a) 토폴로지는 슈퍼커패시터가 부하와 바로 연결된 구조로 충전 시 전력변환기의 손실로 인하여 충전효율이 낮아지게 된다. 그리고 부하와의 분리가 불가능하여 대기상태에서도 슈퍼커패시터의 방전으로 발열이 발생하는 단점을 가진다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 제안하는 토폴로지에서는 슈퍼 커패시터를 입력과 연결하고 S2 스위치를 추가하여 전원단과 부하의 분리가 가능하게 한다. 그리고 S1 스위치를 추가하여 그림 1-(a) 토폴로지에서는 불가능한 배터리-슈퍼커패시터의 개별 동작도 가능하게 한다. 또한, 그림 1-(b)와 1-(c)보다 적은 소자 추가로 부피를 줄일 수 있고 낮은 제품단가로 구현이 가능한 장점을 가진다.

2.3 제안하는 배터리-슈퍼커패시터 제어 알고리즘

앞 절에서 제안한 토폴로지의 경우 무선발열가전의 동작구간은 2가지로 구분할 수 있고 슈퍼 커패시터가 필요한 구간은 온도상승 구간이다. 이 구간과 충전구간을 제외하면 슈퍼커패시터의 분리가 필요하다.

또한 무선발열가전의 경우 사용자의 조작에 따라서 대기상태에서는 전원부와 전력변환 회로가 분리되어야 하며 사용자가 원하는 온도에 따라서 동작 중에도 온도의 상승 혹은 감소가 일어난다. 이러한 각 상태를 구분하고 배터리와 슈퍼커패시터가 알맞은 동작이 가능하도록 그림 3과 같은 알고리즘을 제안한다.

제안하는 알고리즘의 경우 먼저 충전기의 연결 상태를 판단한다. 휴대성을 가져야하는 무선가전의 특성상 배터리와 슈퍼커패시터를 동시에 충전할 수 있는 순간은 충전기를 연결한 상태로 이때는 슈퍼 커패시터를 연결하여 충전한다. 이후에는 S2를 통해 전력변환기와 연결 유무를 파악한다. S2는 전원상태에 따라 동작하는 스위치로 무선발열가전의 동작여부를 판단한다. S2가 켜졌을 때는 동작구간으로 배터리와 슈퍼커패시터의 전압을 비교하고 온도 상승구간과 온도유지 및 감소 구간을 판단하여 슈퍼커패시터의 연결을 결정한다. S2가 꺼진 상태는 대기상태로 배터리와 슈퍼커패시터의 전압을 비교하여 슈퍼커패시터 연결을 결정한다. 본 논문에서는 출력온도가 5%의 변화율을 가정하고 온도 상승, 유지, 감소 여부를 판단한다.

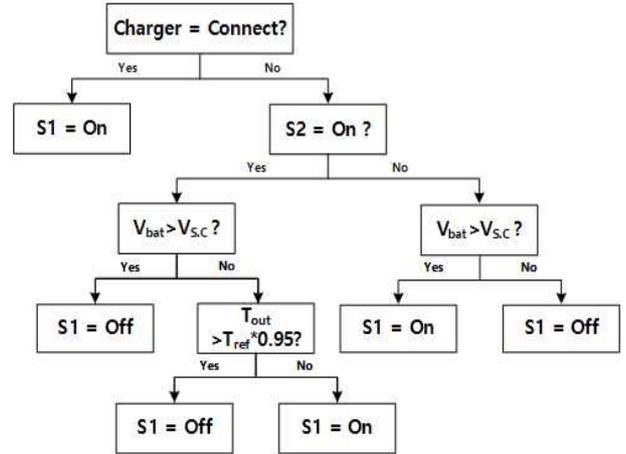


그림 3 제안하는 제어 알고리즘
Fig. 3 Proposed control algorithm

3. 결론

본 논문에서는 기존의 차량, 철도 분야에서 사용되는 HESS의 토폴로지를 비교 분석하였으며, 분석한 내용을 바탕으로 무선발열가전에 적용할 때 발생하는 문제점을 파악하고 기술하였다. 기술한 내용을 바탕으로 문제점을 해결하기 위한 토폴로지를 제안하였으며 제안한 토폴로지를 상황에 맞게 제어하기 위한 제어 알고리즘을 고찰하였다.

이 논문은 대구광역시 차세대 선도 기술 개발사업의 지원에 의하여 연구되었음

참고 문헌

- [1] V. V. Joshi, N. Mishra and D. Malviya, "A Vector Control Based Supercapacitor Current Control Algorithm for Fuel Cell and Battery - Supercapacitor Integrated Electric Vehicles," 2018 IEEE 8th Power India International Conference (PIICON), Kurukshetra, India, 2018, pp. 1-6. 2018
- [2] R. Carter, A.Cruden, "Strategies for control of a batter/supercapacitor system in an electric vehicle", IEEE, International Symposium on Power Electronics, pp. 272-273, 2008
- [3] Yu Zhang, Zhenhua Jiang, Cunwei Yu, "Control Strategies for Battery/Supercapacitor Hybrid Energy Storage Systems", IEEE, IEEE Energy2030, nov. 2008
- [4] K. A. Kanhav and M. A. Chaudhari, "A bidirectional multiport dc-dc converter topology for hybrid energy system," 2017 International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (ICECDS), Chennai, 2017, pp. 3427-3432.