

건전지와 Super Capacitor를 이용한 소형 및 대형 자동차용 초소형 저가형 Jump Starter 회로

강경수, 오승재, 노정욱
국민대학교 전자공학과

Compact and Low-cost Jump Starter Circuit For Small and Large Automobiles Using Dry Cell and Super Capacitor

Kyung soo Kang, Seong jae Oh, Chung Wook Roh
Dept. of Electronics Engineering, Kookmin Univ.

ABSTRACT

기존 자동차 및 트럭용 Jump Starter의 경우, 일반적인 자동차용 납축전지를 이용하여 사용하기 때문에 부피와 무게가 매우 커 휴대성이 어렵고, 고가의 제품군으로 형성되어 있어 일반 운전자들은 구입 및 사용하기 어려운 문제가 있다. 또한 리튬배터리를 이용한 Jump Starter의 경우, 부피는 줄었지만 원가가 매우 비싸고 주기적으로 충전을 하여 휴대해야 하기 때문에 이용성에 불편함이 있고 실제 트럭이나 버스 같은 대용량 배터리는 Jump Starter가 구동을 하지 못하는 문제점이 있다. 본 논문은 자동차 및 트럭용 Jump Starter의 부피 및 원가를 최소화하면서 일반 운전자들도 휴대 가능한 편리성을 높이며, 대형트럭도 적용 가능한 건전지와 Super Capacitor를 이용한 초소형 저가형 Jump Starter 회로를 제안한다. 기존의 Jump Starter는 납축전지나 리튬전지를 사용하기 때문에, 전체적인 회로의 부피가 크고 무거우며 전체 제품의 원가가 증가하여 제품성이 떨어지는 단점이 있다. 또한 리튬전지를 사용하게 되면 주기적으로 충전을 해야 하기 때문에 소비자가 휴대 및 이용하기에 불편한 문제점도 있다. 반면 제안된 회로는 일반 소모용 건전지로도 Jump Starter 회로 구동이 가능하기 때문에, 운전자의 휴대성이 간편하고 언제 어디서든 소모용 건전지를 구매할 수 있기 때문에 운전자의 휴대성과 이용성이 매우 우수하다. 또한 순간적인 방전이 가능한 Super Capacitor를 이용하여 전체적인 회로의 부피 및 제품의 원가를 최소화 할수 있는 장점을 갖는다. 본 논문에서는 제안된 회로이 이론적인 특성을 분석하고 모의실험을 통해 확인하였으며, 실제 방전된 배터리 및 대형버스에 적용하여 실험을 통해 우수성을 검증하였다.

1. 서론

최근 소비자의 니즈 및 전장제품의 기술개발에 따라 다양한 전장제품 사용이 증가하면서 자동차의 전력사용이 크게 증가하고 있다. 이로 인해 자동차의 배터리 사용이 매우 증가하고 있으며 시동을 켜놓지 않은 상태에서의 전장제품 사용은 배터리 방전 이슈를 불러일으킨다. 수명이 다해 방전된 배터리는 교체를 통해 해결하면 되지만 일반적인 방전된 배터리의 경우에는 외부의 배터리나 Jump Start를 통해 방전된 배터리를 회생시킨다. 일반적으로 보험회사나 다른 자동차 배터리의 도움으로 해결도 가능하지만, 여건상 이렇게 해결이 불가능 한 경우도 있으며, 최근에는 개인적으로 방전된 자동차 배터리를 회생시

킬 수 있는 Jump Starter 에 대한 수요가 매우 크게 증가하고 있다. 일반적인 Jump Starter의 경우에는 자동차용 납축전지를 이용하여 구성되어 있으며 방전된 자동차 배터리를 회생시키고 있다. 하지만 이러한 납축전지를 이용한 Jump Starter는 소형 및 대형 자동차가 사용하는 동일한 납축전지로 구성되어 있기 때문에 아주 무겁고 휴대성이 어려운 문제가 있다. 또한 고가의 제품군으로 형성 되어 있으며, 트럭이나 버스 같은 큰 자동차는 소형자동차용 납축전지로는 회생이 불가능한 문제가 있다. 따라서 일반 운전자가 사용하기보다는 배터리 방전 전문 업체나 보험회사가 주로 사용하고 있다. 리튬배터리를 이용하여 구성된 Jump Starter의 경우에는 제품의 부피는 줄지만, 원가가 매우 비싸고 리튬배터리 특성상 주기적으로 충전하여 휴대해야 하기 때문에 이용성에 불편함이 있고 실제 트럭이나 버스 같은 방전된 배터리는 회생시키지 못하는 문제가 있다.

따라서 본 논문에서는 건전지와 Super capacitor를 이용하여 회로부피와 원가를 최소화하고, 트럭 및 대형 자동차의 특성에도 동작가능한 건전지를 이용해 소비자의 이용접근성을 높이고, Super Capacitor를 이용해 순간 전류 공급으로 방전된 자동차 Starter Motor를 구동시킬 수 있는 건전지와 Super Capacitor를 이용한 소형 및 대형 자동차용 초소형 저가형 Jump Starter 회로를 제안한다.

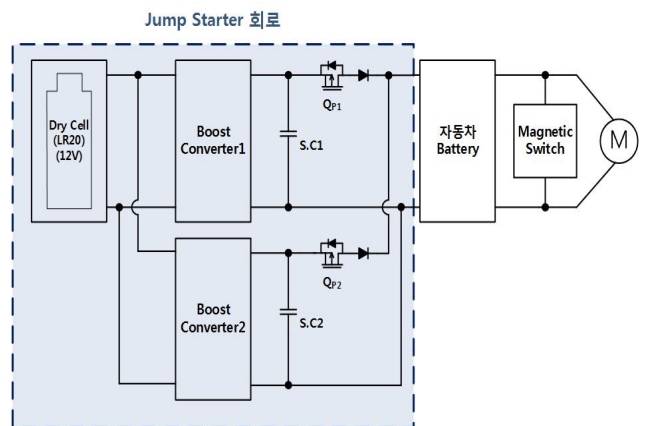


그림 1 제안된 건전지와 Capacitor를 이용한 Jump Starter 회로

Fig. 1 Proposed Jump Starter Circuit Using Dry cell and Capacitor

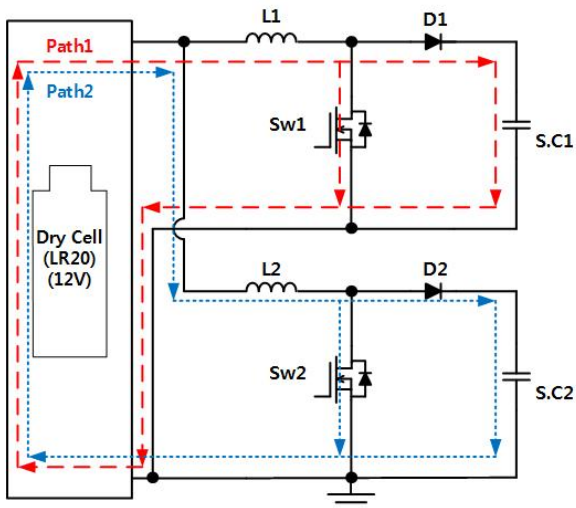


그림 2 Super Capacitor 충전 Mode
Fig. 2 Charge Mode of Super Capacitor

2. 제안된 건전지와 Capacitor를 이용한 Jump Starter 회로

그림 1은 제안된 건전지와 Capacitor를 이용한 Jump Starter 회로이다. 제안된 회로는 소모형 소형 건전지, 2개의 Super Capacitor 충전회로, 대용량 Super Capacitor단(S.C1), 소용량 Super Capacitor단(S.C2), 2개의 Pass Switch단으로 구성되어 있으며 방전된 자동차 배터리, Magnetic Switch단, Starter Motor는 자동차 내부에 별도로 구성되어 있다. 소모형 소형 건전지는 Boost Converter를 통해 Super Capacitor를 충전하여 에너지를 저장한다. Super Capacitor는 2개의 단으로 별도로 구성되어 있으며 S.C1은 Start Motor 보조용, S.C2는 Magnetic Switch 보조용이고 제어전압은 방전된 자동차 Battery 전압보다 높은 28V정도로 제어한다. 아울러 각 Super Capacitor단의 충전 중 에너지 소모를 막기 위해 Pass Switch 기법을 사용하여 Super Capacitor와 Battery를 전기적으로 분리한다.

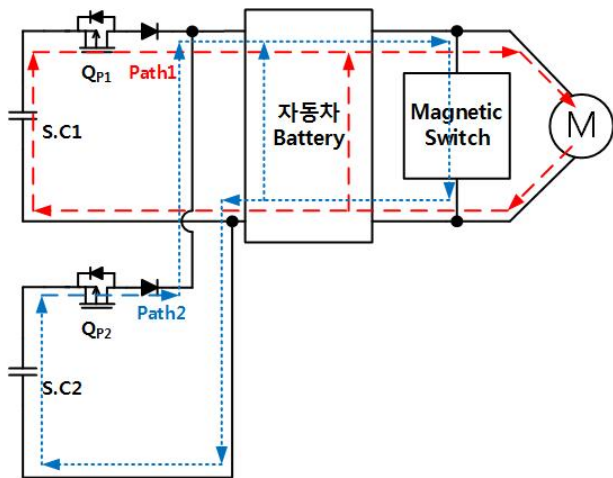


그림 3 부하에 따른 Super Capacitor 방전 Mode
Fig. 3 Discharge Mode according to Load of Super Capacitor

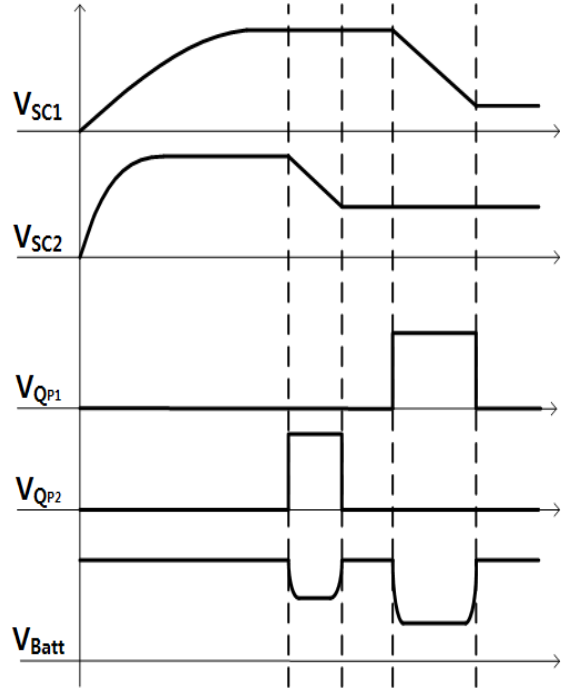


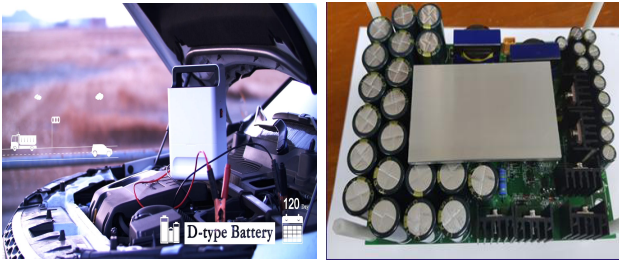
그림 4 부하에 따른 Battery 및 Super Cap. 전압 파형
Fig. 4 Voltage Waveform according to Load of Battery and Super Cap.

이를 통해 제안된 회로는 소모형 건전지를 통해 Super Capacitor를 충전하고, 부하조건에 맞게 Super Capacitor를 순간 방전시켜 배터리의 부족한 전류를 보충할 수 있기 때문에 소형의 제품의 소형화 및 저가형 구현에 매우 유리한 장점이 있다.

2.1 제안된 건전지와 Capacitor를 이용한 Jump Starter 회로의 동작 원리

그림 2는 Super Capacitor S.C1과 S.C2의 충전 Mode이며 각 충전 도통 경로를 보이고 있다. S.C1은 Start Motor Assist 용이며, S.C2는 Magnetic Switch Assist용이다. 따라서 S.C2의 용량이 S.C1보다 작기 때문에 S.C2의 충전이 완료 되면 전압 제어를 통해 유지하며 S.C1은 계속 충전하게 된다. 이후 S.C1도 충전이 완료 되면 전압 제어를 통해 대기한다. 그림 3은 충전된 Super Capacitor의 부하에 따른 방전 Mode이며 각 방전 도통 경로를 보이고 있다. 먼저 Magnetic Switch를 연결하면 낮은 부하가 연결되기 때문에 방전된 자동차 Battery와 S.C2에 저장된 에너지가 Magnetic Switch를 동작시킨다. S.C2는 Pass Switch QP2를 통해 전달된다. 이후 Start Motor 동작을 시작하면 높은 부하가 연결되기 방전된 자동차 Battery와 S.C1에 저장된 에너지가 Start Motor를 동작시킨다. S.C1은 Pass Switch QP1을 통해 전달된다.

그림 4는 각 동작에 따른 배터리 전압 및 Super Cap. 전압 변화 파형이고 이것은 Jump Start의 동작 시퀀스이다. 초기에는 Super Cap. 1, 2가 모두 충전되며 이때는 오로지 충전만 하는 구간이다. 이후 자동차의 시동키를 돌리면 Magnetic Switch가 동작하는데, 이때 배터리의 전압이 떨어지면 Pass



(a) 제안 회로의 시작품 (b) 제안 회로의 PBA
 그림 5 제안 회로의 시작품 및 제안 회로 PBA
 Fig. 5 Proposed Circuit Prototype PBA

Switch Q_{P2} 가 도통하여 Super Cap.2를 방전시켜 배터리의 부족한 전류를 순간 공급한다. Magnetic Switch 동작이후 자동차의 배터리는 다시 전압이 복구된다. 이후 자동차 시동키를 한번더 돌리면 Start Motor가 동작하는데, 이때 배터리의 전압은 더욱더 크게 떨어지고 Pass Switch Q_{P1} 이 도통하여 Super Cap.1을 방전시켜 배터리의 부족한 전류를 순간 공급한다. 마찬가지로 Start Motor 초기 동작이후 자동차의 배터리는 전압이 복구된다.

2.2 제안된 건전지와 Capacitor를 이용한 Jump Starter 회로의 실험결과

제안된 건전지와 Capacitor를 이용한 Jump Starter 회로의 타당성 및 우수성을 확인하기 위해 Proto type을 제작하여 다음과 같은 실험 결과를 제시한다. 또한 실제 방전된 대형 자동차와의 연동실험을 통한 실험 결과도 제시한다. 제안 회로의 입출력 사양 및 실험에 사용된 주요 파라미터는 다음과 같다.

- 입력 전압 : 12V_{DC}
- Dry Cell : LR20*8ea (1.5V/Duracell社)
- 출력 전압 : 28V_{DC}
- Super Cap.1 : 50F*22ea (2.7V/Vitzrocell社)
- Super Cap.2 : 10F*11ea (2.7V/Vitzrocell社)
- Battery : GB200L(Rocket)

그림 5는 제안회로인 건전지와 Capacitor를 이용한 Jump Starter의 시제품 및 회로 PBA이다. 제안 회로의 시제품을 제작하여 Volvo 대형 트럭과 연동하여 Jump Starter 실험을 진행하였다. 실험결과 대형 트럭용 방전 배터리에서도 Start motor가 동작 되어 시동이 걸리는 것을 확인하였다. 그림 6은 제안 회로의 주요 실험 파형이다. Super Capacitor 1,2가 충전된 상태에서 Magnetic Switch가 On 되면 차량 배터리의 전압이 떨어지게 되고 이때 Super Capacitor2가 방전되어

Magnetic Switch는 정상 동작한다. Start Motor가 On 되면 차량 배터리의 전압이 더 크게 떨어지게 되고 이때 Super Capacitor1이 방전되어 Start Motor는 정상 동작한다. 이러한 실험 결과를 통해 제안된 회로는 방전된 자동차 배터리를 이용한 Jump Start가 가능함을 확인하였다. 이러한 기술은 Super Capacitor의 Assist 능력을 활용할 수 다양한 분야에 적용이 가능할 것으로 예상된다.

3. 결론

기존 납축전지용 Jump Starter의 경우, 일반적인 자동차에서 사용하는 납축전지 배터리를 사용하기 때문에 부피 및 무게가 매우 커 이용자의 편리성 및 휴대성이 떨어진다. 또한 리튬전지를 이용한 Jump Starter의 경우, 부피는 감소하여 휴대성은 높아지지만 제품의 원가가 매우 비싸고, 주기적으로 충전을 하여 휴대해야하기 때문에 이용성에 불편함이 있다. 특히 일정 이상의 리튬전지를 사용한 제품은 항공기로 운송이 불가하여 제품의 상업성도 떨어진다. 이러한 이유로 기존 납축전지용 및 리튬전지용 Jump Starter를 사용할 경우에는, 휴대성 및 이용성이 떨어지고 제품의 원가가 매우 높기 때문에 일반 운전자들이 구매하고 휴대, 사용하기에는 어려운 문제가 있다. 따라서 본 논문에서는 소모형 건전지를 통해 Jump Starter 구동시키기 때문에 소비자의 이용성을 높이고, Super Capacitor를 이용해 방전된 배터리의 부족한 전류를 순간적으로 공급하여 Magnetic Switch 및 Start Motor 구동이 가능한 건전지와 Super Capacitor를 이용한 소형 및 대형 자동차용 초소형 저가형 Jump Starter 회로를 제안하였다. 이론적 분석과 모의실험을 통해 제안회로의 타당성을 검증하였으며, 제안회로가 적용된 소형 및 대형 자동차용 Jump Starter 시작품을 제작하여 실제 방전된 배터리와 Start Motor와의 연동실험을 수행하였다. 실험결과 제안된 건전지와 Super Capacitor를 이용한 Jump Starter는 소모형 건전지(Dry Cell)를 통해 Super Cap.을 안정적으로 충전하였으며, 소형 및 대형 트럭의 방전된 배터리에서 Magnetic Switch 및 Start Motor 동작이 가능함을 확인하였다. 또한 작은 개수의 Super Cap.으로도 순간 방전을 통해 방전된 자동차 배터리의 부족한 전류를 공급함으로써 제품의 원가 및 부피 최소화 가능함을 확인하였다. 현재 광고 영상을 제작하여 해외 크라우드 펀딩이 진행 중일 정도로 상품성이 뛰어나다. 최종적으로 제안된 회로는 소모형 건전지와 Super Capacitor를 사용하여 제품성이 우수하고 소형화 및 저가형 구현이 가능한 Jump starter를 구현할 수 있을 뿐만 아니라, Super Capacitor를 이용하여 Assist가 필요한 에너지 분야, Energy Storage System(ESS) 분야, 전기자동차 등 다양한 분야에서 적용이 가능할 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] S. J. Kong, T.C. Yang, K. S. Kang, and C. W. Roh, "Capacitor Bank Assisted Battery Fed Boost Converter for Self electricity generated Transportation Cart System", The Transactions of Korean Institute of Power Electronics, 23(1) pp1 8.
- [2] S. W. Choe, W. W. Seon "Trends and prospects of automobile electric field technology" Korea Automotive Research Institute.

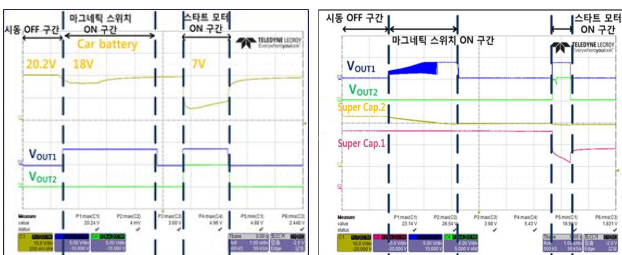


그림 6 제안 회로의 주요 실험 파형
 Fig. 6 Proposed Circuit Main waveforms