

디자인 코너

전력 관리

리튬이온 배터리 장수 비결은 올바른 충방전에

By Fran Hoffart
Applications Engineer
Linear Technology Corp.

보다 긴 배터리 수명과 늘어난 충전 사이클 횟수가 때로는 배터리 용량 못지않게 중요하다. 따라서 리튬이온 배터리의 수명을 늘리기 위한 충방전 방법을 살펴보자.

배터리의 기초

리튬은 가장 가벼우면서 반응성이 높은 금속 가운데 하나로서, 전기화학적 전위가 가장 높아 배터리에 이상적인 소재이다. 리튬이온 배터리에 사용되는 리튬 이온은 충방전시에 배터리의 음극과 양극 간을 오간다.

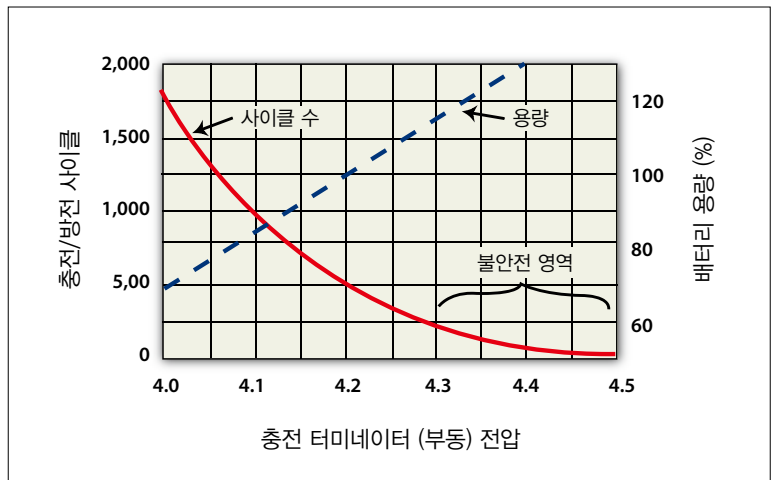
배터리 제조업체들은 대개 배터리 용량이 정격 용량의 80퍼센트로 떨어지게 되면 수명이 다 된 것으로 본다. 그러나 배터리는 충전 용량의 80퍼센트를 밑돌게 되더라도 여전히 사용 가능한 전력을 제공할 수 있다. 비록 사용시간은 짧아지지만 말이다. 배터리 수명을 언급할 때는 대개 충방전 사이클 횟수를 사용한다. 충방전은 궁극적으로 배터리의 활성 소재를 감소시켜 다른 화학적 변화를 야기함으로써 내부 저항을 증가시키고 영구적인 용량손실을 초래한다.

용량 손실

완전충전 후에 리튬이온 배터리는 대개 처음 24시간 동안에 5퍼센트 정도의 용량을 잃게 되며, 이후에 자체방전으로 인해 매일 3퍼센트 정도씩 잃게 된다. 배터리 팩에 팩 보호 회로가 있을 경우에는 매일 3퍼센트를 추가로 더 잃게 된다. 이 정도의 자체방전 손실은 배터리가 20°C 정도를 유지할 경우의 얘기이고, 실제로는 온도가 높아질수록 그리고 배터리가 오래 될수록 손실 정도는 더욱 커진다. 이러한 용량 손실은 배터리를 재충전함으로써 복구시킬 수 있다.

영구적인 용량 손실은 충전으로 복구할 수 없는 손실을 뜻한다. 이는 주로 완전 충/방전 사이클의 회수, 배터리 전압 및 배터리 온도로 인한 것이다. 배터리가 4.2V(LiFePO4의 경우에는 3.6V)나 혹은 백 퍼센트의 충전 레벨을 오래 유지할수록 용량손실은 더 빨리 일어난다. 이는 배터리가 충전 중이든 혹은 단지 4.2V

가까운 전압으로 완전충전 상태에 있든 간에 마찬가지이다. 리튬이온 배터리를 완전충전 상태로 유지하게 되면 수명이 짧아지는 것이다. 배터리의 수명을 단축시키는 화학적 변화들은 제조 시점부터 시작되며, 높은 부동 전압과 고온은 이러한 변화들을 가속시킨다. 영구적인 용량 손실을 피할 수는 없지만, 이를 최소화 시킬 방법은 있다.



셀 용량과 사이클 수명 간의 절충관계를 보여주는 곡선.

사이클 수명의 확장

사이클 수명을 늘리기 위한 지침 몇 가지를 들어보면 다음과 같다:

1. 배터리 수명의 20~30퍼센트를 사용한 뒤에는 재충전한다. 가능하면 완전방전 사이클은 피해야 한다.
2. 용량의 백퍼센트까지 충전하지 않도록 한다.
3. 올바른 충전 종료 방법을 선택한다.
4. 배터리 온도가 극단적이 되지 않도록 한다. 특히 0°C 미만에서 충전하지 않도록 한다.
5. 높은 충방전 전류는 배터리에 극도의 스트레스를 가하므로 피하도록 한다.
6. 2V나 2.5V 미만에서의 심한 과방전을 피하도록 한다. 이 경우 리튬이온 배터리가 급속히 영구적 손상을 입게 되기 때문이다.

충전 방법

리튬이온 배터리에 권장되는 충전 방법은 배터리가 완전 충전 될 때까지 ± 1 퍼센트의 전압으로 제한된 일정 전류를 제공하다가 정지하는 것이다. 배터리가 언제 완전 충전 되었는지 알아내는 데 사용하는 방법들 가운데는 총 충전 시간의 타이밍을 재는 방법, 충전 전류를 모니터링 하는 방법 혹은 이 두 가지 방법의 조합이 있다.

배터리가 완전 충전 된 후에도 지속적으로 전압을 인가하는 것은 권장되지 않는다. 그렇게 되면 영구적인 용량 손실이 가속화 될 수 있으며, 내부의 리튬 금속 도금에 단락이 일어나 과열이 발생하고 배터리가 열적으로 불안정해질 수 있기 때문이다.

일부 리튬이온 배터리 충전기는 서미스터를 사용하여 배터리 온도를 모니터링 할 수 있도록 해준다. 그 주된 목적은 배터리 온도가 권장 범위인 $0^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ 를 넘어설 경우 더 이상의 충전을 막는 것이다. 니카드나 니켈수소 배터리와는 달리, 리튬이온 셀의 온도는 충전시에도 아주 약간만 상승할 뿐이다.

문자 "C"는 배터리 제조업체가 배터리 방전 용량을 지정하였음을 나타내기 위해 사용되는 배터리 용어로서, 밀리암페어시 (mAh) 단위로 측정된다. 예를 들어, 정격용량 2000 mAh의 배터리는 2000mA의 전류를 한 시간 동안 공급하고 나면 셀 전압이 영 볼트로 떨어진다. 동일한 배터리를 C/2의 속도로 충전한다는 것은 1000mA (1A)로 충전함을 뜻한다. 문자 "C"가 배터리 충전기에서 중요해지는 이유는 이것이 필요한 적정 충전 전류와 배터리를 완전 충전하는 데 필요한 시간을 알려주기 때문이다. 최소 충전전류 터미네이션 방법들을 고려할 경우, C/10 터미네이션을 이용하는 2000 mAh의 배터리는 충전 전류가 200mA 아래로 떨어지면 충전 사이클을 종료하게 된다.

부동 전압 요소

주된 결정 요소는 배터리 음극에 사용되는 활성 소재의 전기화학적 전위로서, 리튬의 경우에는 4V 정도이다. 다른 화합물을 추가하면 이 전압이 높아지거나 낮아진다. 두 번째 요소는 셀 용량과 사이클 수명, 배터리 수명 및 안전성 간의 절충이다. 그림 1의 곡선은 셀 용량과 사이클 수명 간의 관계를 보여준다.

대부분의 리튬이온 제조업체들은 4.2V의 부동전압을 용량과 사이클 수명 간의 최상의 균형치로 잡고 있다. 4.2V를 정전압 한계(부동 전압)로 사용함으로써 배터리는 용량이 80퍼센트로 떨어질 때까지 대개 500회 정도의 충방전 사이클을 제공할 수 있다. 일회의 충전 사이클은 한 번의 완전충전으로부터 한 번의 완전방전까지이다. 얇은 방전의 경우에는 여러 번을 한 번의 완전 충전 사이클과 합한다.

감소된 부동 전압이나 최소 충전 전류 터미네이션을 이용하여 백 퍼센트 미만의 용량으로 충전하게 되면 초기의 배터리 용량이 줄어들게 된다. 그러나 사이클 횟수가 500 회 이상으로 늘어남에 따라 부동 전압이 보다 낮은 배터리의 용량은 부동 전압이 보다 높은 경우보다 늘어날 수 있다. 그림 2는 권장 부동 전압과 감소된 부동 전압이 용량과 충전 사이클의 횟수 면에서 나타내는 차이를 보여준다.

그러나 리튬이온 배터리의 화합물들이 상이하고 기타 조건들이 배터리 수명에 영향을 미칠 수 있기 때문에, 이 곡선들은 충전 사이클의 횟수와 배터리 수명 수준에 대한 추정치일 뿐이다.

충전기의 선택

배터리 충전기는 배터리의 충전 수준, 방전 전류 및 배터리 온도를 제어할 수 없지만, 충전기의 부동 전압과 충전 터미네이션 방법에 따라서는 배터리 수명을 늘릴 수 있다.

Linear Technology 사의 많은 충전기들이 4.2V ± 1 퍼센트(또는 그 이하)의 고정된 부동전압을 갖고 있지만, 4.1V와 4.0V의 제품들은 물론 조정 가능한 부동전압의 제품들도 있다.

최소 충전전류 터미네이션 방법들(C/10이나 C/x)을 제공하는 충전기들은 충전 사이클을 종료 시키기에 적합한 충전전류 수준을 선택함으로써 배터리 수명을 보다 길게 연장시킬 수 있다.

C/10 터미네이션 수준은 배터리를 92퍼센트 정도의 용량까지만 충전하지만, 사이클 수명이 늘어나게 된다. C/5 터미네이션 수준은 사이클 수명을 배가시킬 수 있지만, 배터리 충전 용량은 더욱 낮아져 85퍼센트 정도가 된다.

현재의 배터리 기술로는 사용 시간과 배터리 수명을 둘 다 늘릴 수 없다. 한 가지 해결책은 보다 낮은 부동 전압을 선택하는 것으로서, 이는 배터리가 백 퍼센트 충전 상태를 달성하지 못하도록 막는다. 그러기 위해서는 동일한 사용 시간을 제공하기 위해 용량이 보다 큰 배터리가 필요하지만 말이다.

또한 C/10이나 C/x의 최소 충전전류 터미네이션 방법을 사용하면 보다 낮은 부동 전압을 사용하는 것과 동일한 배터리 수명 연장 효과를 얻을 수 있다. 부동 전압을 100mV 줄이면 용량이 15퍼센트 정도 줄어들지만 사이클 수명은 배가시킬 수 있다. 마찬가지로, 충전 전류가 20퍼센트(C/5)로 떨어졌을 때 충전 사이클을 종료 시켜도 용량이 15퍼센트 줄어들며, 사이클 수명도 똑같이 배가된다.