2차전지보호회로의 신뢰성평가

한국전기전자시험연구원 임 홍 우
031)428-5625 dyamond@keeti.re.kr

1. 서론

리튬이온(Li-ion) 전지의 과 충· 방전 또는 순간적인 과전류가 흐르게 되면 부반응이 일어나 온도 상승 및 수소가스가 발생하게 된다. 만약 고온 상태로 수소 가스가 대기 중에 노출되면 폭발이 일어날 수 있으므로 충전기 불량 등으로 인한 과충전에 대비한 배터리 팩 보호 회로를 구성하여야 하며 이렇게 구성된 회로를 2차전지보호회로라 한다.

리튬금속 고유의 불안정성으로 인해 리튬 전지는 충전 시 온도의 상승에 주의해야 한다는 치명적인 결점이 발견되었고 이후 Li-Ion Cobalt Dioxide (LiCoO2)같은 화학물질에서 나온 리튬을 쓰는 비금속 리튬 전지로 연구의 형태가 전환되었다. 비금속 리튬은 리튬 금속보다 에너지 밀도에서는 약간 낮으나 안전하고 충전/방전 시 확실한 예방조치를 취할 수 있었다. 그러나 근본적인 리튬이온 전지의 안정성 확보 및 성능향상을 위한 2차전지보호회로는 리튬이온전지의 폭발가능성을 제어하고 성능을 향상시키는 핵심부품으로 자리 매김하고 있다.

2차전지보호회로는 충· 방전시에 각 셀의 피크 전류량의 크기를 항상 제한하고 방전시 전압이 낮게 떨어지는 것을 보호하며, 내부 각 셀의 온도를 체크하여 보호조치를 취해서 과충전 시 리튬전지의 폭발 가능성을 크게 줄이는 기능을 하고 있다.

본 고에서는 이러한 2차전지인 리튬이온전지를 보호하는 2차전지보호회로의 기술적 동향에 대하여 기술하고 신뢰성평가 및 고장분석에 대한 모드를 예시하여 품질평가기준 및 신뢰성평가의 필요성을 기술하였다.

2. 2차전지보호회로

2.1 2차전지보호회로 기능

리튬이온전지는 LiCoO2의 물질로 이루어진 양극, 흑연 등의 탄소재질의 음극과 전해질, 분리막 등으로 구성되며, 전극 물질은 이온상태의 리튬(Li+, Li-ion)이 내부에 가역적으로 삽입되었다가 빠져 나올 수 있는 구조이다. LiCoO2의 내부에 위치하는 리튬이 빠져 나와 전해질을 따라 이동해 탄소 내부로 들어가는 현상이 충전상태이며, 반대로 이동하는 것이 방전상태이다. 리튬이 탄소 내부로 들어가거나 빠져 나올 때 정도의 차이는 있으나 부피의 팽창, 수축이 동반되며 이로 인한 전극의 열화는 전지 수명에 영향을 주게된다. 그림 1은 2차전지보호회로의 충방전시의 현상 및 보호기능을 도식화한 것이다.

리튬이온전지는 충전시 충전기준전압을 넘어서면 전지 내부의 전해액이 분해되어 가스를 형성하게 되고 형성된 가스가 전지 내부 압력을 증가시켜 내부압력이 안전판에 가해질 경우 전해액이 누출될 우려가 있으므로 2차전지 팩 제조시에 이러한 2차전지보호회로를 부착한다.

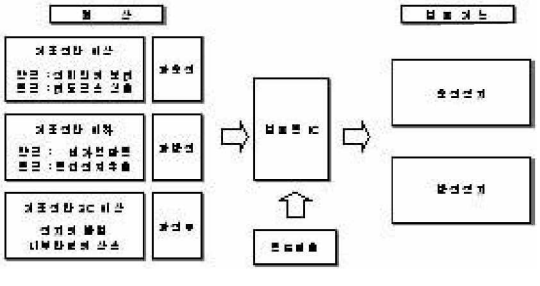

그림 1. 2차전지보호회로 현상 및 보호기능

표 1은 모 업체에서 생산된 2차전지 보호회로의 기능 및 기준값을 예시한 것이다.

표 1. 2차전지보호회로 동작예시

보호기능	기준값	동작기능
과충전 방지 기능	4.3±0.05[V](25C)이상	충전방지
과충전 방지 해제기능	4.0±0.15[V](25C) 이하	재충전
과방전 방지 기능	2.3±0.15[V](25C)	이하방전방지
과방전 방지 해제기능	2.3±0.15[V](25C)	재방전
과전류 방전 방지 기능	과전류 전류 3C이상	방전방지
과전류 방전 방지 해제기능	부하가 제거	재충· 방전

2.2 2차전지보호회로 종류

2차전지보호회로는 크게 PCM (Protect Circuit Module)과 SCM (Smart Circuit Module)로 구분된다.

외부충전기, Loader 등의 충/방전 전류로부터 리튬이온 2차 전지의 내부화학물질을 안정화시키기 위하여 배터리의 전압, 전류 제한용 전자부품 등으로 구성된 모듈로 리튬이온을 최대 사용하기 위한 전압 및 전류를 차단하는 기능만을 수행하는 회로 및 모듈을 PCM (Protect circuit module)이라 한다.

반면, 베터리의 전압, 전류용량, 충· 방전 상태, 베터리 내부의 온도감지, 화학적특성, 제조년월일, 제조사, 충방전회수 등을 기기에 제공함으로써 사용자가 기기의 사용 시간 또는 그래프를 통해 사용자에게 편리성 및 정

확성을 갖도록 하는 회로 및 모듈을 SCM (Smart Circuit Module)이라 한다.

그림 2는 2차전지 종류 및 용도를 도식화 한 것이다.

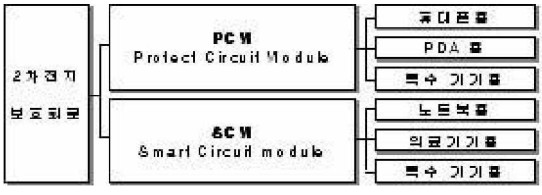

그림 2. 2차전지보호회로 종류

2.3 2차전지보호회로의 시장성

현재 국내 휴대단말기 완성품업체의 2차전지보호회로 연간 수요량은 11,000단개 ~12,000단개로 이중 국내업체가 85%, 일본업체가 약 15%를 공급하고 있으며 2차전지 산업규모는 지난해 8000억원대에서 100%로 급신장한 1조5000억원대에 육박 할 전망이다. 이러한 현상은 모바일기기의 판대급증에 따라 2차전지의 수요가 폭발적으로 늘어나는 발맞추어 2차전지보호회로의 생산도 급증하리라 예상된다. 표 2는 2차전지보호회로의 시장규모를 나타낸 것이다.

국내시장(억원)			세계시장(백만$)	
국내사공급	수입액	총국내시장	수출액	총세계시장
327	58	385	68	557

표 2. 2차전지보호회로 시장규모

3. 2차전지보호회로의 신뢰성평가

3.1 2차전지보호회로의 신뢰성평가 필요성

2차전지보호회로가 본격적인 성장궤도에 진입하게 됨에 따라 큰 폭의 실적개선이 기대되고 있으며, 특히 업체별 매출의 성장이 118%까지 가능한 품목으로 전망된다. 또한 휴대전화는 세계시장의 20%를 점유하고 있으며 PDA, 노트북, 무전기 등의 시장 확대에 편승하여 2차 전지시장도 함께 증가하고 있어 PCM의 시장은 폭발적으로 증가하고 있다. 또한 노트북용 SCM의 국산화에 성공으로 국제경쟁력을 확보하게 되어 시장 확대를 위해 빠르게 움직이고 있다.

단말기제조 강국인 우리나라가 세계시장의 선두주자가 될 수 있는 기반이 되어있어 2차전지보호회로에 대한 기술력을 축적하고 신뢰성을 확보하면 시장 규모가 가장 큰 세계시장의 우위를 점유할 수 있을 것으로 예측된다.

3.2 2차전지보호회로의 고장모드 및 신뢰성시험

2차전지보호회로의 가장 중요한 고장모드는 2차공정인 장착과정에서 발생하는 PCB 패턴단선, 부품탈락, 회로단선, 칩 몰딩파손 등과 열 변화에 따른 반도체의 파손과 수명감소이며 이들 특성의 가장 큰 스트레스 요

인은 열 충격 및 온도(과입력/과출력에 의한 스위칭 회로의 온도상승)와 물리적인 충격(휨, 비틀림, 구부림, 진동, 충격 등)으로 알려져 있다.

신뢰성시험은 온도를 계층별로 구분한 층별 시험을 입출력의 주기적인 Loading동작 상태로 시험하여 얻은 고장 데이터를 이용하여 수명분포와 수명과 스트레스간의 관계식을 검정하고 추정된 수명과 스트레스 간의 관계식에서 수명특성과 가속계수 산출할 수 있다.

2차전지보호회로의 신뢰성기준은 아직 마련되어있지 않으나 업체에서는 내습성시험, 열충격시험, PCT(Press Cooker Tester) 등으로 업체마다의 제 규격에 의해 시험을 행하고 있다. 일례로 내습성시험은 온도 85°C, 습도 85%에서 160시간 방치후 테스트를 행하고 열충격시험은 일반적으로 그림 3과 같은 열사이클에 의해 시험을 행하며 PCT 시험은 121°C 압력 2atm, 습도 100%에서 160 시간 방치 후 시험을 행한다.

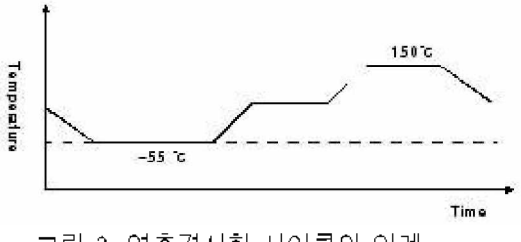

그림 3. 열충격시험 사이클의 일례

4. 결론

리튬이온전지는 용량이 커 충전 후 오래 사용할 수 있고 가볍다는 장점과, 다른 전지와 달리 안전성 문제로 인하여 고 전류를 흘릴 수 있는 고 출력전지를 만들기 힘들다는 단점이 있다. 이러한 안전성 문제를 보완하고 전지의 성능을 유지하기 위해 여타 다른 전지에서는 사용하지 않는 보호회로를 사용하며, 많은 종류의 휴대기기에 2차전지 보호회로와 더불어 리튬이온 전지를 사용하고 있다. 리튬이온 2차 전지는 과충전 상태일 경우 전지의 누액, 발열, 폭과 등의 위험한 상황이 발생할 수 있으며, 과방전이 될 경우 배터리 충전효율과 배터리의 수명이 급격히 감소하여 전지에 심각한 피해를 입을 수 있다.

2차전지보호회로의 사용은 예상치 못한 외부 환경으로부터 전지를 안정화하고 보호함으로써 전지 성능과 수명을 보장하고, 폭발 위험으로부터 사용자를 보호하기 위함이며, 이에 대한 신뢰성에 대한 평가는 필수사항으로 대두되고 있는 반면, 각 업체별로 각자의 신뢰성기준을 마련하여 사용하고 있어 장비 부족 및 평가기술 및 분석기술의 미흡으로 신뢰성 수준이 낮은 실정이다. 따라서, 통일된 품질평가기준 및 신뢰성평가기준 마련이 시급하고 신뢰성이 확보된 제품생산으로 시장 확보의 기틀을 마련하게 하여 새롭게 개발되고 있는 리튬이온전지를 비롯한 스마트

형 2차전지보호회로의 개발에 적용하여 국가 경쟁력확보에 밑거름이 될 수 있게 하여야 할 것이다.

참고문헌

[1] 한국기술거래소," 유망산업기술 시장정보"

[2] 한국전자통신연구원," 35대 품목 시장동향 보고서"

[3] 산업자원부," 2차전지산업 발전전략 보고서"

[4] 장영일," 리튬 2차 전지의 기술현황과 전망"

[5] 김경연," 리튬이온 2차 전지 시장경쟁구도 개편"

[6] 디지털타임스, 에넬리스트 리포트 등 다수