

## BMS의 핵심 기능

### **BMS의 4가지 주요 기능**

BMS의 기능 중에서 가장 중요한 셀 전압의 정밀한 측정, 배터리 상태의 정확한 예측, 배터리 균일성 및 동등화 방법, 배터리 결함 진단에 대해 기술한다.

### **BMS의 배터리 셀 전압 측정기능**

배터리 팩은 수백 개의 셀이 직렬로 연결되어 있기 때문에 전압측정 방법에 따라 누적 전압이 달라질 수 있으므로 이를 제거하거나 또는 보상하는 것이 거의 불가능하고 회로 측정 설계가 대단히 어렵다.

### **BMS의 배터리 상태 예측 방법**

배터리 상태는 SOC, SOH 및 SOF와 이들 사이의 상관관계를 의미하며, SOH는 예상 사용 수명과 결함 진단결과의 출력에 의해 결정된다. SOF는 시효 효과의 영향, SOC의 범위, 온도범위 및 결함 수준을 고려하여 결정된다.

### **SOC예측 알고리즘**

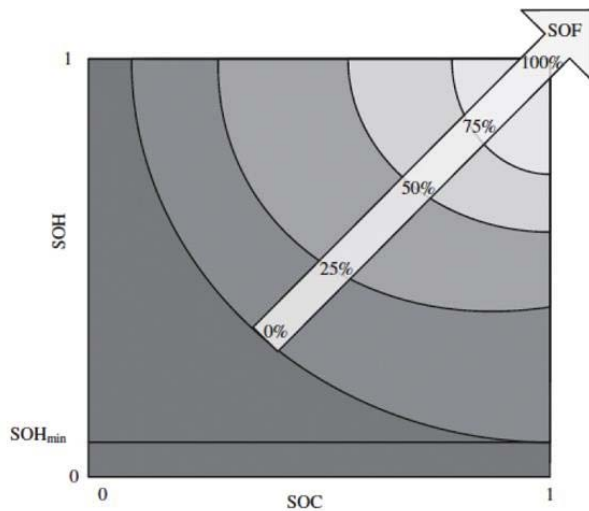
SOC는 표준상태에서 충전할 경우 총 충전량 대비 배터리에 남아있는 충전량의 비율을 의미한다. SOC는 보통 %로 표시하며, 100%는 최대 충전 상태이고 0%는 최대 방전 상태이다. 한 개의 배터리 셀에 대해서는 이 정의대로 명확하지만, 배터리 모듈이나 배터리 팩의 경우에는 다소 복잡해진다. 여러 개의 셀을 병렬로 연결한 경우에는 하나의 큰 용량 셀로 간주하면 되는데, 직렬로 연결한 경우에는 각 셀의 상태와 용량을 균일하게 유지해주는 평형장치를 추가로 고려하여야 한다.

배터리의 SOC를 예측하는 실제적인 몇 가지 방법을 아래에 설명한다.

- **방전시험 방법:** 지정된 방전율과 주위 온도 조건 등 제한된 조건으로 실제 방전 시험을 실시하는 가장 신뢰성 있는 방법으로서 배터리 잔류 충전량을 정확히 알 수 있으나 시간이 오래 걸린다.
- **암페어-시간 적분 법:** 암페어와 시간을 적분하는 단순하고 일반적인 방법으로서 초기 SOC값이 정확하다면 이 방법에 의한 최종 결과는 적당한 시간 내에 만족할 만큼 정확한 결과를 얻을 수 있다.
- **개방회로 전압 방법:** 활성 재료에 내재된 리튬이온량과 그 정적 열 동력학과의 상관 관계를 이용하여 배터리 사용을 중지한 후 평형을 유지한 상태에서 개방 회로 전압을 측정하는 방법이다. 이 방법은 아주 정밀하게 SOC를 예측할 수 있으나, 평형을 유지할 때까지 시간이 오래 걸리고 충전과 방전의 반복 과정에 히스테리시스(hysteresis)가 있다는 점을 신중히 고려하여야 한다.
- **배터리 모델 기반 SOC 예측 방법:** 운영 중인 시스템에서 개방회로전압(OCV: open circuit voltage)을 온라인 예측하는 방법이다. 여기에 필요한 배터리 모델은 등가회로 모델과 전기화학적 모델이 있으며, 정밀도와 복잡도가 중요하며 동적 예측 정밀도는 모델의 정밀도와 수집하는 신호의

정밀도에 좌우된다.

- **신경 네트워크 모델 방법:** 신경 네트워크의 비선형 매핑 특성을 사용하여 SOC를 예측하는 방법으로서, 많은 학습 데이터로 네트워크를 학습시킨다.
- **퍼지논리 방법:** 퍼지논리를 사용하여 인간의 퍼지사고를 시뮬레이션 하는 방법으로서, 시험결과 곡선, 경험 및 신뢰성 있는 퍼지논리이론에 바탕을 두고 SOC를 예측한다.
- **배터리 성능에 기반을 둔 SOC 예측방법:** 교류 임피던스 방법과 직류 내부 저항 방법의 두 가지가 있다. 교류 임피던스 방법은 주파수가 다른 여러 개의 소 진폭 사인(sine)파 교류를 배터리에 가하여 주파수 반응 함수를 측정하고, 교류 임피던스를 분석하여 배터리 SOC를 구한다. 직류 내부저항 방법은 정해진 시간 동안 배터리 내부저항을 계산하고, 직류 내부 저항과 배터리 SOC와의 상관관계에 의해 SOC를 구한다.



### SOH 예측 알고리즘

배터리 건전성(SOH)은 배터리의 가장 이상적인 상태를 기준으로 배터리의 현재 상태를 비교하여 그 값을 퍼센트(%)로 나타낸다. SOH는 용량과 초기 저항에 의해 도출하거나, 또는 AC 임피던스, 자기 방전율 및 출력밀도에 의해 도출할 수도 있다. 초기 용량 대비 현재 배터리 용량이 80% 이하일 경우 SOH의 값은 80%가 되고 BMS는 배터리를 교환하라고 경고한다. SOH 예측 방법은 내구성모델 기반 개방루프 예측 방법과 배터리모델 기반 폐쇄루프 SOH 예측방법의 두 가지 방법을 주로 사용한다.

- **내구성모델 기반 개방루프 예측방법:** 이는 배터리 내구성모델에 기반을 두고 용량 감소와 내부 저항 변화를 예측하는 방법이다. 배터리 내구성모델은 내구성 메커니즘 모델과 내구성 외부특성 모델로 구성되어 있다. 내구성 메커니즘 모델은 배터리의 내부 부가작용 메커니즘에 집중하여 SEI필름 저항, 이온 집중, 기타 미시적인 양을 관찰 대상으로 한다.
- **배터리 모델 기반 변수식별 폐쇄 루프 예측방법:** 이 예측방법은 앞에 설명한 배터리 모델을 기

반으로 최소자승법, 칼만(Kalman filtering) 알고리즘 등과 같은 최적상태 예측기법을 사용하고, 용량과 내부저항과 같은 배터리 모델변수를 식별하여 배터리 SOH를 예측한다.

### **SOF 예측 알고리즘**

SOC는 현재 배터리가 완전 충전된 배터리와 어느 정도 다른지를 나타내고, SOH는 현재 배터리가 새로운 배터리와 얼마나 다른지를 나타낸다.

한편 SOF는 배터리를 사용하는 도중에 배터리 성능이 실제 요구조건에 얼마나 부합되고 있는지를 나타내기 때문에, SOF는 SOC, SOH, 작동 온도 및 충전/방전 이력에 의해 결정된다.

에너지 저장에 사용할 경우는 저장할 수 있는 최대 에너지 대비 잔류하고 있는 가용 에너지의 비율로 정의하고, 전력 공급이 요구되는 시스템에 사용할 경우 전력 수요를 얼마나 만족할 수 있는지를 1 또는 0으로 표현한다. SOF 와 SOC/SOH과의 상관관계를 위의 그림에 나타냈다.

### **배터리 균일성 및 동등화 방법**

배터리 팩은 같은 사양 및 같은 형태의 배터리를 적층하여 생산하지만 각 셀마다 그 특성이 서로 다르기 때문에 배터리 균일성이 중요하다. 이 때 고려 할 셀의 특성은 전압, SOC, 용량, 용량 소모율, 내부 저항 및 변화율, 배터리 수명, 자기 방전을 및 시간 변화율 등이 있다. 배터리 제조환경이 열악하거나 수동 생산라인의 경우 각 셀 간의 특성에 더욱 큰 차이가 생기게 된다.

자기방전 또는 쿨롱효과의 불균일성 때문에 생기는 배터리 잔류용량의 불균일성을 보상하기 위해 동등화 작업이 필요하다. 배터리 동등화 방법은 화학적 동등화 방법과 물리적 동등화 방법의 두 가지가 있다. 배터리 동등화(equalization) 알고리즘은 전압 균일성에 기반을 둔 동등화 전략, SOC균일성에 기반을 둔 동등화 전략 및 잔류용량 균일성에 기반을 둔 동등화 전략으로 나눌 수 있다.

### **배터리 결함 진단**

결함 진단은 배터리 안전을 보장하는 데 필수적인 기술이다. 1995년 IEC가 제정한 배터리 관리시스템 규정에 의하면 전기자동차용 BMS는 배터리 건전성이 훼손되었을 때 이를 사전에 경고하고, 배터리 성능이 약화된 정보를 제공하는 등 배터리 결함진단 기능을 가져야 한다고 정하였다. 중국에서도 26개의 결함 진단항목을 포함한 배터리 결함진단 기능을 가진 BMS를 규정하고 있다.

최근 결함진단 기술은 진단 대상기기의 작동 원리를 바탕으로 컴퓨터 네트워크, 데이터베이스, 제어이론, 인공지능 및 기타 기술과 접목하고, 공정변수 예측과 상태예측 및 다른 경험적 예측방법을 동원하여 더욱 완전한 운영체제로 발전하고 있다.

현재 개발 단계에 있는 지능형 결함진단 시스템은 전문가시스템을 사용하고, 지식기반, 추론 엔진, 인터프리터, 인간-기계 접속기, 복합 데이터베이스 등으로 구성된다. 전문가 진단시스템을 통하여 배터리 건전성을 조기에 진단할 수 있다.