



Akku4Future

Report for Workpackage 1

Florian Niedermayr & Alexander Elbe

14.02.2013



| | |
|------------------------|--|
| Projektreport | Abschlussbericht Workpackage 1 |
| Ansprechpartner | Florian Niedermayr (LP), florian.niedermayr@fraunhofer.it Alexander Elbe (P1), alexander.elbe@edu.fh-kaernten.ac.at |
| Datum | 14.02.2013 |

Design eines universellen, intelligenten im Batteriemanagementsystem integrierten Diagnosegerätes

Eine genaue Analyse der auf dem Markt angebotenen Batteriemanagementsysteme (BMS) hat sich als besonders schwer erwiesen, da die Hersteller bestrebt sind ihr Know-How zu schützen; dies gilt im besonderen Maße für die im System integrierte Software zur Diagnosebestimmung. Deshalb hat sich die Recherche im Wesentlichen auf die verfügbare wissenschaftliche Literatur konzentriert, im Hardwarebereich konnten allerdings Schlüsselkomponenten mit einer hohen Marktdurchdringung identifiziert werden.

In der Industrie gibt es keine letztgültige Definition eines BMS bzw. dessen Eigenschaften [1]. BMS decken eine breite Palette von Anwendungen ab, diese umfassen sowohl Primär- als auch Sekundärbatterien bzw. Systeme auf Zellebene bis hin zu integrierten Systemen mit mehreren hundert Zellen. Trotz der hohen Diversifikation lassen sich drei Hauptanforderungen an moderne BMS identifizieren [2]:

- Schutz der Batterie und der einzelnen Zelle vor Beschädigung
- Verlängerung der Lebensdauer
- Gewährleistung eines Batteriestatus, welcher die Einhaltung der funktionalen Anforderungen für die spezielle Anwendung garantiert.

Damit ein solches BMS auch in der Automobilindustrie eingesetzt werden kann, müssen die entsprechenden Normen berücksichtigt werden. Daneben muss auch eine ausreichende Immunität gegenüber elektromagnetischen Störfeldern sichergestellt werden. Nachdem dieses Projekt nicht auf einen bestimmten Industriezweig abzielt, werden die letztgenannten Anforderungen nicht weiter beachtet.

Als Messgrößen müssen zwingend der Strom, die Spannung und die Temperatur überwacht werden. Über den genauen Ort der Messung und die Messfrequenz geben die einzelnen Hersteller keine genaue Auskunft, bzw. kann sich dieser je nach Anwendung unterscheiden. Im Hinblick auf die speziellen Anforderungen an ein BMS bzw. der Software wurden von Lu et al. [1] mehrere allgemein gültige Punkte identifiziert.

- Parameterdetektion: dazu zählt die Überwachung der Spannung und des Stroms auf Zell- und Batterieebene. Damit kann eine Überladung, eine Tiefentladung bzw. eine Verpolung verhindert werden. Daneben können noch Fallweise andere Parameter wie Temperatur, Rauchentwicklung, Isolationsbeschädigung, Impedanz überwacht werden.
- Schätzung des Batteriestatus: dabei wird der State of Charge (SOC), der State of Health (SOH) und der State of Function (SOF) berücksichtigt. Der SOC ist eine Funktion des Stroms, der Spannung und der Temperatur. Der SOH ergibt sich aus dem Grad des Missbrauchs der Batterie und der inhärenten Abnahme der Performanz. Die SOF ergibt sich aus dem SOC und dem SOH und der einwirkenden Umwelteinflüsse.
- On-Board Diagnose (OBD): es wird versucht sämtliche Fehler die auftreten können zu identifizieren. Dies umfasst den Ausfall von Sensoren, Aktuatoren, Netzwerken, Batterien, Überschreitung festgelegter Temperatur- und Spannungslimits, usw.
- Batteriesicherheit und Alarme: Sicherungsmechanismen die vorgesehen sind, um die Batterie und die Anwender zu schützen.
- Ladungskontrolle: basierend auf den Batterieeigenschaften und der Leistungsversorgung durch die Ladeinheit, wird die effektive Ladung gesteuert.
- Batterieausgleich: durch ausgleichende Ladung und durch das Verschieben elektrischer Ladung wird versucht den SOC der einzelnen Zellen möglichst gleich zu halten.
- Thermisches Management: basierend auf der Temperatur im Zellenverbund und abhängig vom Lade- oder Entladezustand entscheidet das BMS, ob die Batterieeinheit beheizt oder gekühlt wird.
- Netzwerk: normalerweise wird der CAN-Bus für die Kommunikation verwendet. Ohne Eingriff in das System ist dadurch eine Kalibrierung, Überwachung und Neu-Programmierung des Systems möglich.
- Datenspeicherung: Das System speichert eine Reihe von Daten. Dazu zählt u.a. die kontinuierliche Aufzeichnung des SOC, SOH, ge- und entladene Amperestunden und aufgetretene Fehlerfälle.

Die Marktrecherche hat gezeigt, dass es unterschiedlichste Implementierungen der genannten Funktionalität gibt. Allerdings sollte mindestens ein Spannungs- und Temperatursensor pro Zelle verwendet werden [1], daneben wird während der Labormessungen im weiteren Projektverlauf ebenfalls der Strom und Innenwiderstand jeder Zelle kontinuierlich bestimmt.

Das BMS kann als eigenständiges Gerät implementiert sein oder z.B. im Fall eines Elektroautos einen integralen Bestandteil der Gesamtsteuerung bilden. Daneben haben sich unterschiedliche Typologien in Bezug auf die Zellen ausgebildet [3]. Zum Beispiel wird bei einer Konfiguration mit wenigen Zellen ein zentralisiertes, voll funktionales BMS verwendet. Bei Anordnungen mit mehreren hundert Zellen, wird eine effizientere hierarchische Unterteilung angestrebt. Dabei wird ein Teil der Zellen jeweils von einem Slave-Controller gesteuert welcher u.a. die Datenerfassung übernimmt; dem Master-Controller obliegt - basierend auf den Slave-Daten - die Gesamtsteuerung, d.h. Statusüberwachung der Batterie, Fehlerdiagnose und thermisches Management [4].

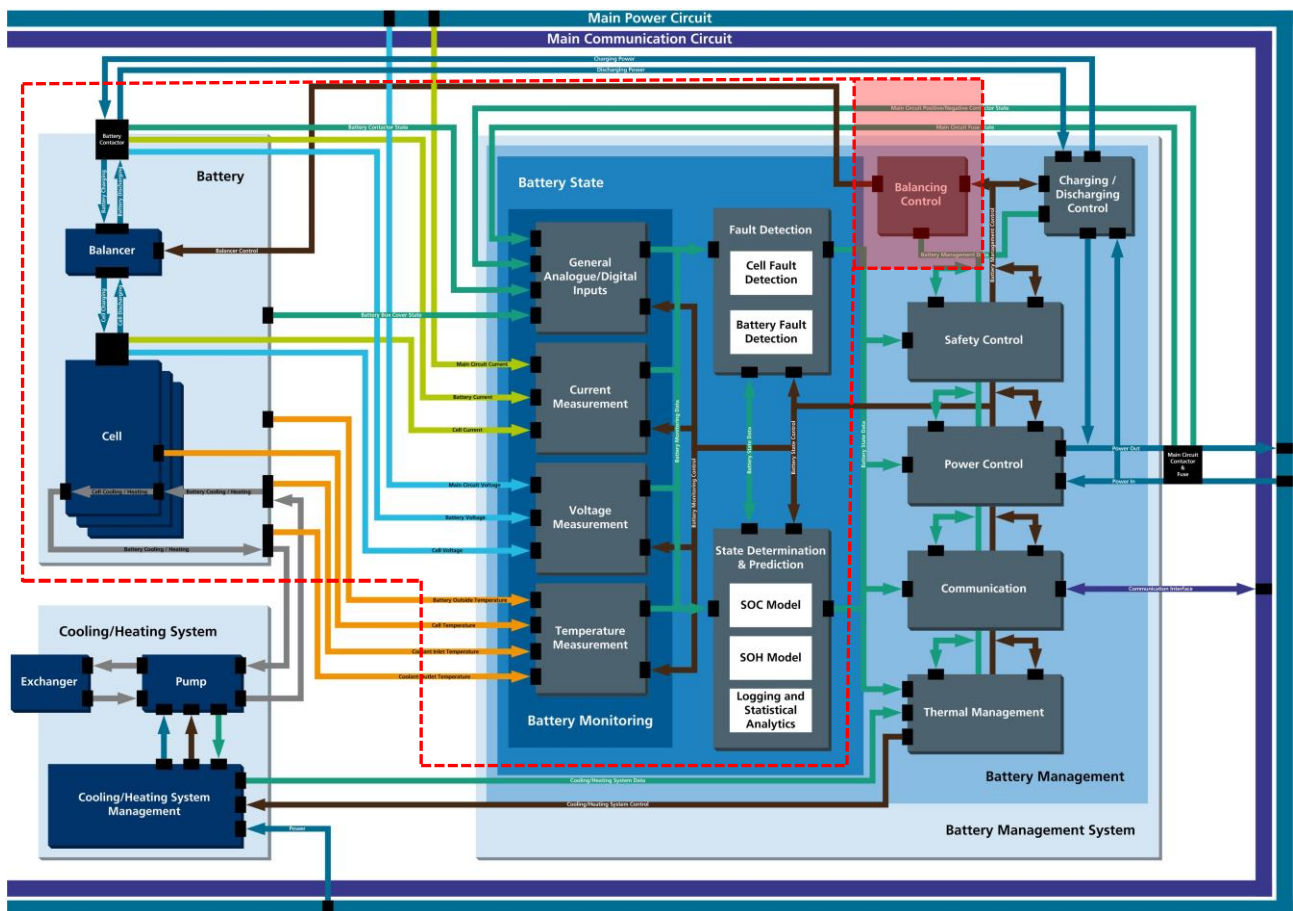


Abbildung 1: Topologie eines BMS, einschließlich der peripheren Hardware, Kommunikationsschnittstellen und er zentralen Stromversorgung

Die Anzahl der Zellen und folglich die Komplexität des BMS ergeben sich zwangsläufig durch das Einsatzgebiet, diese umfassen z.B. den Automobilbereich und die Unterhaltungselektronik. Basierend auf den Recherchen wurde versucht eine grobe Struktur des zu entwickelnden Diagnosegeräts zu erarbeiten. Dabei wurde bewusst darauf verzichtet die grundlegende Struktur für eine spezielle Anwendung zu optimieren und ein möglichst generischer Ansatz gewählt. Abbildung 1 zeigt die Topologie, die sich basierend auf den aktuellen Wissensstand ergeben hat [1] [5] [6] [3].

Die Zielsetzung des Projekts ist nicht die Implementierung eines Produkts, das den gesamten abgebildeten Funktionsumfang abdeckt. Nach Rücksprache mit einem Experten auf dem Gebiet (Dr. Spies [4]), wurde entschieden das Augenmerk auf die Bestimmung des Batteriezustandes (SOC, SOH, SOF) zu legen.

Aktuelle BMS verzichten oftmals auf eine präzise Zustandsbestimmung, bzw. bedienen sich nur einfacher, relativ ungenauer Modelle, die z.B. nur den Innenwiderstand berücksichtigen. Deshalb wurde entschieden, dass sich dieses Projekt auf den in Abbildung 1 rot umrandeten Bereich konzentrieren wird, um aus den erhobenen Messdaten auf ein robustes Modell für die Altersbestimmung schließen zu können. Konkret bedeutet dies, dass das Projektprodukt zum einen Battery Monitoring betreibt (Messung aller relevanten Messgrößen), zum anderen auf Basis des Battery Monitorings auch in der Lage ist den Battery State (Batteriezustand als SOC, SOH, SOF) zu ermitteln. Zum aktuellen Zeitpunkt ist es nicht möglich zu definieren, ob es außerdem nötig ist eine Balancing Control Unit zu implementieren. Dieses sorgt für den Ladungsausgleich zwischen den einzelnen Zellen und ist in der Abbildung 1 rot hinterlegt.

Der Stand der Technik bei der SOH-Bestimmung reicht von empirischen Schätzungen (z.B. kalendarische Lebensdauer, Entladecharakteristik, Entladekurve, usw.) bis hin zur elektrochemischen Impedanzspektroskopie (Bestimmung des frequenzabhängigen Innenwiderstandes). Bei der SOH-Bestimmung wurde das größte Verbesserungspotenzial identifiziert: zum einen werden die Schätzungen des SOH von derzeitigen BMS mit zunehmender Lebensdauer ungenauer, zum anderen gibt es noch erheblichen Interpretationsspielraum in Bezug auf die Messdaten der Impedanzspektroskopie.

Mit Hilfe der Marktrecherche und des aufgesetzten Technologieradars war es möglich eine Reihe von Hardwarekomponenten zu identifizieren, die in der Industrie bereits breite Anwendung finden und im Folgenden kurz beschrieben werden.

Für die Modellierung des Batteriezustands müssen die benötigten Parameter mit ausreichender Genauigkeit aufgezeichnet werden. Die Messstrategie wird dahingehend optimiert, dass benötigte Parameter standardisiert aufgezeichnet werden, während äußere Randbedingungen und Einflussgrößen (Strom, Temperatur, Entladetiefe) mit Hilfe der Methode „Design of Experiments“ gezielt variiert werden. Um Einflüsse der Bauform und der verwendeten Zellchemie auszuschließen, wird das beschriebene Verfahren zunächst auf einen Akkumulatortyp angewendet. Parallel zum Technologieradar wurde ein vorläufiges Konzept einer Hardwarearchitektur entwickelt. Der davon abgeleitete Messaufbau erlaubt es die Parameter Zellspannung, -temperatur, -strom und dessen Frequenz, die Lade-/Entladetiefe der Einzelzelle zu messen und zu variieren.

Die Recherche hat des Weiteren gezeigt, dass für die Spannungsmessung sehr häufig der von Linear Technologies produzierte Frontend Chip LTC6802-2 eingesetzt wird [7]. Das Fraunhofer Institut für integrierte Schaltungen (IIS) verwendet diesen Chip beispielsweise im selbstentwickelten BMS [4].

Um die Bestimmung des SOC mit der geforderten Genauigkeit durchführen zu können, ist es notwendig den Strom sehr präzise zu messen. Die Recherche hat gezeigt, dass die Shunt Widerstände der Firma Isabellenhütte die Anforderungen erfüllen [8].

Die eigentliche Datenaufzeichnung wird mit Messkomponenten von National Instruments realisiert [9]. Die Parameter werden direkt über die analogen Eingänge der Data-Acquisition-Karte gemessen. Der Strom wird über einen geschlossenen Regelkreis kontinuierlich gemessen und verändert.

Die im Rahmen des Arbeitspaketes ermittelten Informationen und erzielten Ergebnisse bilden die Grundlage für die folgenden technischen Arbeitspakete. Der positive Abschluss des ersten Arbeitspakets und die dabei erworbenen Erkenntnisse erlauben eine zielgerichtete Bearbeitung der verbliebenen Arbeitspakete.

Literaturverzeichnis

- [1] L. Lu, X. Han, J. Li, J. Hua und M. Ouyang, „A review on the key issues for lithium-ion battery management in electric vehicles,“ *Journal of Power Sources*, pp. 272-288, 2013.
- [2] „Electropaedia Battery and Energy Technologies,“ [Online]. Available: <http://www.mpoweruk.com/bms.htm>. [Zugriff am 01 02 2013].
- [3] D. Andrea, *Battery Management Systems for Large Lithium Ion Battery Packs*, Norwood, MA: Artech House, 2010.
- [4] „IIS Fraunhofer Embedded Communication - Power- und Batteriemangement,“ [Online]. Available: <http://www.iis.fraunhofer.de/de/bf/ec/em.html>. [Zugriff am 04 02 2013].
- [5] Y. Xing, „Battery Management Systems in Electric and Hybrid Vehicles,“ *Energies*, pp. 1840-1857, 4(11) 2011.
- [6] E. Meissner und G. Richter, „Battery Monitoring and Electrical Energy Management: Precondition for future vehicle electric power systems,“ *Journal of Power Sources*, Bd. 116, pp. 79-98, 2003.
- [7] L. Technologies. [Online]. Available: <http://cds.linear.com/docs/en/datasheet/68022fa.pdf>. [Zugriff am 14 02 2013].
- [8] Isabellenhütte. [Online]. Available: <http://www.isabellenhuette.de/praezisions-und-leistungswiderstaende/>. [Zugriff am 14 02 2013].
- [9] N. Instruments. [Online]. Available: <http://germany.ni.com/produkte>. [Zugriff am 14 02 2013].