

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| Einleitung | 1 |
| 1 Grundlagen | 4 |
| 1.1 Der NiCd-Akku und die Probleme bei der Bestimmung seines Ladezustands | 4 |
| 1.1.1 Aufbau und Funktionsweise | 4 |
| 1.1.2 Verfahren und Grenzen der Ladezustandsbestimmung | 7 |
| 1.2 Indirektes Messen mit Modellen, Stand der Technik | 11 |
| 1.3 Wissensbasierte Zustandsbestimmung | 14 |
| 2 Methodischer Ansatz | 17 |
| 2.1 Unterbestimmte Modelle und Methoden ihrer Handhabung | 17 |
| 2.1.1 Partitionierung und Rekombination | 23 |
| 2.1.2 Variable Approximation und Randbedingungen | 27 |
| 2.1.3 Regelbasierte Kalibrierung und Rekalibrierung | 28 |
| 2.2 Unterbestimmte Modelle und Expertensysteme | 34 |
| 2.3 Zusammenfassung und Klassifikation | 35 |
| 3 Durchführung und Ergebnisse | 36 |
| 3.1 Experimenteller Aufbau und Versuchsdurchführung | 36 |
| 3.1.1 Versuchsaufbau | 36 |
| 3.1.2 Meßdaten-Erfassung | 38 |
| 3.1.3 Meßdaten-Analyse | 39 |
| 3.1.4 Entlade-Kennlinienaufnahme | 39 |
| 3.1.4.1 Meßplan | 39 |
| 3.1.4.2 Ergebnisse der Entlade-Messungen | 40 |
| 3.1.5 Belade-Kennlinienaufnahme | 47 |
| 3.1.5.1 Ergebnisse der Beladekennlinien-Messung | 47 |
| 3.1.5.2 Absoluter Ladewirkungsgrad | 47 |
| 3.2 Modellbildung | 50 |
| 3.2.1 Einführung der neuen Methoden | 50 |
| 3.2.2 Modell "Entladespannung" | 52 |
| 3.2.2.1 Modellansatz | 52 |
| 3.2.2.2 Abhängigkeit von der entnommenen Ladung | 53 |
| 3.2.2.3 Die Kriteriumsgleichungen | 54 |
| 3.2.2.4 Modellvariante | 55 |

| | | |
|---|--|------------|
| 3.2.2.5 | Ermittlung der Modellparameter | 56 |
| 3.2.2.6 | Abhängigkeit vom Entladestrom | 59 |
| 3.2.3 | Modell "Beladespannung" | 61 |
| 3.2.3.1 | Die Grenzspannung | 61 |
| 3.2.3.2 | Die Differenzspannung | 62 |
| 3.2.3.3 | Der differentielle Ladewirkungsgrad | 63 |
| 3.2.3.4 | Bewertung des Modells "Beladespannung" | 66 |
| 3.3 | Ladezustandskontrolle | 67 |
| 3.3.1 | Benutzung des Modells zur Ladezustandskontrolle | 67 |
| 3.3.2 | Heuristische Parameteradaption | 74 |
| 3.3.3 | Ladezustands-Kontrolle mit dem Programm LZK | 77 |
| 3.3.3.1 | Programmablauf | 77 |
| 3.3.3.2 | Betrachtung der Schätzfehler | 79 |
| 3.4 | Diskussion und Ausblick | 83 |
| 3.4.1 | Erzielte Ergebnisse | 83 |
| 3.4.2 | Einsatzmöglichkeiten und Realisierungsformen | 84 |
| 3.4.2.1 | Der Monitor ist nur Bestandteil des Ladegeräts | 84 |
| 3.4.2.2 | Monitor als verteiltes System | 85 |
| 3.4.2.3 | Realisierung als integrierter Baustein | 85 |
| Anhang | | 88 |
| A Programme und Einzel-Ergebnisse | | 88 |
| A.1 | Software-Dokumentation | 88 |
| A.1.1 | Verwendete Programmier-Umgebung | 88 |
| A.1.2 | Programm zur Meßdaten-Aufzeichnung (MDA) | 90 |
| A.1.3 | Programm FDVIEW | 94 |
| A.1.4 | Programm zum Modell Entladespannung (GMUE) | 95 |
| A.1.5 | Programm zur Ladezustandskontrolle (LZK) | 96 |
| A.2 | Statistik der Kennlinienauswertung | 99 |
| A.2.1 | Ergebnisse des Programms FDVIEW | 99 |
| A.3 | Einzel-Ergebnisse bei der Parameter-Identifikation | 103 |
| A.3.1 | Iteration der Einzelmodell-Parameter | 103 |
| A.3.2 | Variable Approximation der Modell-Parameter | 109 |
| A.3.3 | Statistik der Einzelmodell-Parameter | 115 |
| A.4 | LZK-Einzelergebnisse | 124 |
| B Verzeichnisse | | 132 |
| Verzeichnis der Abkürzungen und Symbole | | 132 |
| Literaturverzeichnis | | 138 |
| Patente | | 146 |