

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-264303

(P2004-264303A)

(43) 公開日 平成16年9月24日(2004.9.24)

(51) Int.Cl.⁷

G01R 31/36

H01M 10/48

H02J 7/00

F I

G01R 31/36

H01M 10/48

H02J 7/00

A

P

Y

テーマコード (参考)

2G016

5G003

5H030

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L 外国語出願 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2004-47872 (P2004-47872)
 (22) 出願日 平成16年2月24日 (2004.2.24)
 (31) 優先権主張番号 60/449811
 (32) 優先日 平成15年2月24日 (2003.2.24)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 598051819
 ダイムラークライスラー・アクチェンゲゼルシャフト
 ドイツ連邦共和国 70567 シュトゥットガルト, エップルシュトラッセ 225
 (74) 代理人 100123342
 弁理士 中村 承平
 (72) 発明者 サイラス・アシュティアーニ
 アメリカ合衆国 48323 ミシガン、ウェストブルームフィールド ローリングパインコート 4540
 (72) 発明者 リック・ラーガーストロム
 アメリカ合衆国 48220 ミシガン、ファーンデール ピアソン 428

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 バッテリー劣化の決定方法

(57) 【要約】

【課題】 バッテリー劣化の決定方法であって、特に充電および放電に関してサイクルが実質的に変化する適用においてもバッテリーの劣化を安全かつ確実に決定することが可能な方法を提供する。

【解決手段】 バッテリー劣化の決定方法には、バッテリーの充電および放電サイクルを、各充電／放電の数および深度によって測定することが含まれる。各充電および放電サイクルに対して、具体的なバッテリー・タイプに特有な劣化曲線に基づいて、固有劣化値を決定する。次にこれらの個々の固有劣化値を合計して、バッテリーの劣化が得られる。

【選択図】 図1

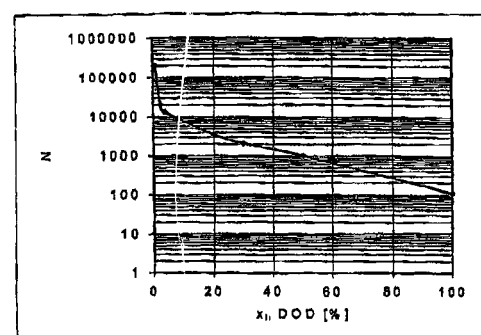


図1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

バッテリーの劣化の決定方法であって、
前記バッテリーの充電および放電サイクルの個々の数および深度を測定するステップと、
少なくとも一部の前記充電および放電サイクルのそれぞれに対する個々の固有劣化値を、
前記バッテリーのタイプに特有の劣化曲線を用いて決定するステップと、
前記決定された固有劣化値を合計して、前記バッテリーの前記劣化を得るステップと、を
含む方法。

【請求項 2】

個々の前記充電および放電サイクルがそれぞれ、個々の部分サイクルであり、前記測定 10
は、前記個々の部分サイクルを別個に測定するように行なわれる請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記劣化曲線が、前記バッテリー・タイプに対する前記個々の充電または放電の前記深度
に対する、各々の前記固有劣化値の依存性を定義する連続関数である請求項 1 に記載の方
法。

【請求項 4】

前記劣化曲線には、前記個々のバッテリー・タイプに適応するクラス幅を有する近似区間
が含まれ、前記劣化曲線は、前記個々の充電または放電の前記深度に対する、個々の固有
劣化値の依存性を規定する請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記劣化曲線が、少なくとも一部において、重み係数を用いて前記バッテリーの領域内に
おいて現時点で支配的な条件に適応する請求項 1 に記載の方法。 20

【請求項 6】

前記重み係数が温度に依存する請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記重み係数が、前記個々の充電または放電サイクルの電流の方向および強度に依存す
る請求項 5 に記載の方法。

【請求項 8】

前記重み係数が、前記個々の充電または放電サイクルの電流の方向および強度に依存す
る請求項 6 に記載の方法。 30

【請求項 9】

前記劣化曲線は、前記バッテリー・タイプについての前記個々の充電または放電の前記深
度に対する、各々の前記固有劣化値の依存性を定義する連続関数である請求項 2 に記載の
方法。

【請求項 10】

前記劣化曲線には、前記個々のバッテリー・タイプに適応するクラス幅を有する近似区間
が含まれ、前記劣化曲線は、前記個々の充電または放電の前記深度に対する、個々の固有
劣化値の依存性を規定する請求項 2 に記載の方法。

【請求項 11】

前記劣化曲線が、少なくとも一部において、重み係数を用いて前記バッテリーの領域内に 40
おいて現時点で支配的な条件に適応する請求項 2 に記載の方法。

【請求項 12】

前記重み係数が温度に依存する請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

前記重み係数が、前記個々の充電または放電サイクルの電流の方向および強度に依存す
る請求項 11 に記載の方法。

【請求項 14】

前記重み係数が、前記個々の充電または放電サイクルの電流の方向および強度に依存す
る請求項 12 に記載の方法。

【請求項 15】

前記少なくとも一部の前記充電および放電サイクルには、所定の限界を下回る充電または放電の個々の深度を有する充電または放電サイクルは含まれない請求項 1 に記載の方法。

【請求項 16】

前記バッテリーが、自動車において電子的補助構成部品への電力の供給用に使用するように構成される請求項 1 に記載の方法。

【請求項 17】

前記バッテリーが、自動車において主構成部品への電力の供給用に使用するように構成される請求項 1 に記載の方法。

【請求項 18】

前記少なくとも一部の前記充電および放電サイクルには、所定の限界を下回る充電または放電の個々の深度を有する充電または放電サイクルは含まれない請求項 2 に記載の方法。

【請求項 19】

前記バッテリーが、自動車において電子的補助構成部品への電力の供給用に使用するように構成される請求項 2 に記載の方法。

【請求項 20】

前記バッテリーが、自動車において主構成部品への電力の供給用に使用するように構成される請求項 2 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

米国仮出願第 60 / 449811 号に対して優先権を主張する。なお、この文献の主題は本明細書において参照により取り入れられている。

【0002】

本発明は一般に、バッテリー状態の監視に関する。特に本発明は、バッテリー劣化の決定方法であって、バッテリーの充電および放電サイクルを充電／放電の数および深度によって測定する方法に関する。

【背景技術】

【0003】

鉛、ニッケル金属水素化物、またはリチウム・イオン・バッテリーにおいて、バッテリーの劣化、したがって詰まるところバッテリー寿命の監視は、機能的な耐久性にとって非常に重要である。一般に、バッテリー寿命の劣化は、いわゆる「サイクル寿命」に対応する。サイクル寿命は、バッテリーが機能を停止する前のバッテリーの充電および放電サイクルの可能な数である。サイクルの絶対数に加えて、個々のサイクルのタイプおよびここでは特にバッテリーが放電または再充電される深度が、このサイクル寿命に対して重要である。したがって、たとえば、放電深度が 1 サイクル当たり 100 % であるならば、バッテリーのサイクル寿命は統計平均上 80 サイクルである。しかし放電深度が 1 サイクル当たり 1 % であるならば、サイクル寿命は 30000 サイクルである。すなわち充電／放電の各深度に対して、バッテリー寿命と等価なサイクル数が存在する。全体的なバッテリー寿命に達するのはたとえば、0.75 % の放電深度 (DOD) において 200,000 サイクルの後に、または 2.5 % の DOD において 20,000 サイクルの後などである。

【0004】

最初に述べた 3 つのバッテリー・システムの中では、鉛バッテリーが、サイクル寿命が最も短く、入手コストが最も低い。したがって残りのサイクル寿命を好適に監視しまたは予測することに対する要求が最も大きい。

【0005】

特許文献 1 では、バッテリーおよび蓄電池内で一体化された格納デバイスであって、バッテリーの耐用寿命にとって興味深いデータを格納および評価することができる格納デバイスが提案されている。残念ながら、この応用例では、実際の動作モードに関して、そして、

10

20

30

40

50

特に格納データの評価に関して、全く結論づけられていないため、バッテリー劣化の決定方法を実施するために当業者が使用できる教示は、ここでは全く与えられない。

【0006】

特許文献2では、バッテリーの状態を診断する方法が提案されている。好適なカウンタを用いて、充電サイクルおよび充電量だけでなく充電および放電プロセスの継続時間が測定およびカウントされる。このようにして決定された値は、その値からバッテリーの一般的な状態が計算できるように、e関数（ e -Function）により対応する複雑な関係を介して修正される。

【0007】

その手順は、比較的複雑である。と言うのは、対応する量のデータを入手した後、バッテリーの一般的な状態に関する比較的あいまいな記述ができるように、複雑な形式で数学的に組み合わせなければならないからである。

【0008】

バッテリーの劣化または劣化条件を決定するさらなる可能性は、アクティブ診断（*active Diagnosis*）において存在する。このアクティブ診断の間に、所定の容量でバッテリーを充電または放電する。このアクティブな放電または充電プロセスを測定することによって、個々のプロセスで知られている対応する関係に基づいて、バッテリーの劣化について結論を出すことができる。この種のアクティブ診断方法は、特許文献3において例示されている。

【0009】

【特許文献1】独国特許出願公開第198 49 163 A1号明細書

【特許文献2】米国特許第5, 739, 670号明細書

【特許文献3】欧州特許出願公開第1 278 072 A1号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

本発明の目的は、バッテリー劣化の決定方法であって、特に充電および放電に関してサイクルが実質的に変化する適用においても、バッテリーの劣化を安全かつ確実に決定することが可能な方法を提供することである。さらには、本発明のさらなるまたは代わりの目的は、これに基づいて、バッテリーについての劣化表示器の実現を可能にすることである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明では、バッテリー劣化の決定方法が提供され、バッテリーの充電および放電サイクルが、充電／放電の数および深度によって測定される。充電および放電サイクルのそれぞれに対して、固有劣化値が、具体的なバッテリー・タイプに特有の劣化曲線に基づいて決定される。次にこれらの個々の固有劣化値を合計して、バッテリーの劣化が得られる。

【0012】

たとえば鉛蓄電池、ニッケル金属水素化物バッテリー、またはリチウム・イオン・バッテリーなどのような各バッテリー・タイプに対して、放電深度とサイクル寿命との間の関係を決定することができる。少なくとも統計平均上、具体的なバッテリー・タイプに特有であるこの関係から、ダイアグラムを計算し、具体的なバッテリー・タイプに特有の劣化曲線を示すことができる。この劣化曲線は、たとえば充電または放電サイクルの深度の関数としてパーセントの形式で表すことができる。次にこの特性曲線から固有劣化値が、各充電または放電サイクルに対して、サイクルの充電または放電の深度に基づいて得られる。次にこの固有劣化値を、それ以前のサイクルで決定済みの全ての固有劣化値に加える。こうして固有劣化値の合計が、バッテリー寿命に渡って常に増えることになる。固有劣化値と個々のサイクルの充電または放電の深度が劣化曲線を介して直接関係するため、バッテリーの劣化または寿命において重要な部分を果たすこの充電または放電の深度の値が、迅速かつ簡単な方法で考慮される。

【0013】

10

20

30

40

50

すなわちバッテリーの劣化を決定するために必要なことは、複雑な計算を行なう代わりに、固有劣化値の現時点での合計を考えることだけである。バッテリー寿命に渡って、固有劣化値の合計が、完全に枯渇したバッテリーを表す値に近づく。個々の固有劣化値をパーセントで表せば、合計は、枯渇したバッテリーの場合に100%になる。

【0014】

したがって対象とするバッテリーがすでに劣化している程度だけでなくその残りの耐用寿命をも、簡単な合計および合計値の考察によって、いつでも決定しまたは読み取ることができる。固有劣化値をたとえば使用済みのバッテリー寿命のパーセントとして表すことは、バッテリーの劣化を簡単かつ効率的な方法で表示することに理想的に適している。

【0015】

本発明による方法の一実施形態においては、充電の各部分サイクルおよび放電の各部分サイクルを、別個に測定する。部分サイクルのそれぞれに対して固有劣化値を決定し、全ての部分サイクルに対する固有劣化値を一緒にして合計する。

【0016】

本発明による方法のこの実施形態は、特に規則的なサイクルでバッテリーが動作しているわけではないときに有利である。たとえば個々の放電サイクルが、放電サイクルの初期値へ戻る中間的な再充電をはさまずに次々に起こる場合には、この挙動は予期されないため、サイクルごとの考察は比較的不正確である。

【0017】

特に、たとえば自動車の牽引目的用に電気エネルギーを供給するために使用されるようなヘビー・デューティ・バッテリーの場合、まさにこれらの充電および放電プロセスが特別な役割を果たす。と言うのはここでは、放電はエネルギー要求に応じて、エネルギーが存在するときに起こり、対応する充電プロセスは、理想的な耐用寿命を得るためのバッテリーに対する具体的な要求を車両が確認することなく、起こるからである。

【0018】

それにもかかわらず、これらの複雑な動作条件の下で、バッテリーの劣化を信頼性良く簡単な方法で決定できるようにするためには、本発明の前述の実施形態により、一つのサイクルが、それぞれ異なる深度の充電または放電を表す複数の部分サイクルから構成されていると規定することが有利である。通常、部分サイクルは、2つのハーフ・サイクルであり、すなわち放電の第1のハーフ・サイクルと、続いて充電の第2のハーフ・サイクルである。

【0019】

たとえば、すでに述べた自動車における動作の場合、放電の個々の部分サイクルの後に、対応するレベルまでの充電が続くとは必ずしも言えないが、大きく変化する充電および放電サイクルが起こることは考えられる。本発明の実施形態によれば、各部分サイクルならびにそれらに付随する充電および放電の深度は別個に考察され、固有劣化値は、劣化曲線に基づいて各個々の部分サイクルに対して決定される。したがってバッテリーのこのような複雑な動作においても、これらの固有劣化値を簡単に合計することによって、簡単、迅速かつ効果的な方法で劣化を決定することができる。

【0020】

耐用寿命に主に影響を及ぼすバッテリーの充電および放電プロセスだけでなく、同様にある程度の、しかしずっと小さい影響を耐用寿命に及ぼす他の因子も、簡単な方法で考慮することができる。これらの因子は、たとえば測定によって決定することができ、固有劣化値と数学的に組み合わせられる簡単な重み係数を用いることによって考慮することができる。したがって、たとえば、このような重み係数として一般的に乗法であるもの、すなわち固有劣化値と掛け合わせるものを考慮することができる。掛け合わせは、決定された固有劣化値を合計する前に、決定された固有劣化値のそれぞれに対して行なわれる。

【0021】

たとえば、バッテリーの動作もしくは周囲温度または充電もしくは放電電流のサイズおよび方向を、この種の重み係数としても良い。当然のことながら、たった1つの重み係数を

10

20

30

40

50

考慮することができるだけでなく、複数個のこのような重み係数を、具体的な固有劣化値と数学的に組み合わせることもできる。

【0022】

本発明による方法の別の実施形態においては、充電または放電サイクルとして、容量スループット（容量処理量、処理能力）が所定の限界を上回るもののみを考慮に入れる。

【0023】

これは、この所定の限界を下回る充電だけでなくこの所定の限界を下回る放電も、考慮に入れないことを意味する。このような限界の設定としては、この限界を下回る容量で行なうバッテリーの充電および放電は両方とも、もっぱらその二重層容量（電氣的二重層の容量）から除外され、そのためこのような充電プロセスはバッテリーの作用する量（アクティブな容量）を含まず、したがってその化学的変換を全く伴わないように、行なうのが有用である。最初に説明したバッテリー・タイプの場合には、二重層容量の範囲に含まれる充電または放電の深度は通常、最大可能な充電または放電、すなわちバッテリー容量の1%よりもはるかに小さい大きさのオーダーである。

【0024】

バッテリーの動作計画が複雑な場合でも劣化が簡単かつ効果的に決定されるため、本発明による方法の有利な応用例は、たとえば自動車におけるバッテリー・システムとして使用されるような充電および放電の点で不規則に動作するバッテリー・システムの分野に存在する。本文脈では、本発明の方法は、主目的用バッテリー、および、たとえばナビゲーション・システム、車両エレクトロニクスなどの電氣的な補助構成部品（コンポーネント）への電力供給用バッテリーの両方に対して用いることができる。当然のことながら本発明の方法は、補助デバイスおよび主デバイスに同時に電力を供給するバッテリーに対して用いても良い。

【0025】

本方法を、図面を参照しながら典型的な実施形態に基づいて以下に詳しく述べる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

以下では、本発明による方法を、鉛バッテリーの例を用いて一般論として説明する。こうするために、図1に、放電深度（DOD）とサイクル寿命（N）との間の片対数の関係を近似的に示す。ここで示すように、バッテリーのサイクル寿命は、たとえば100%の放電深度において約100サイクルである。しかしわずか1%の放電深度においては、同じバッテリーのサイクル寿命は約30,000サイクルである。

【0027】

さらに図1におけるプロットから、放電深度が異なる場合には、バッテリー寿命全体が到達されるのは、異なるサイクル数の後であるということが分かる。したがってこれは、各放電深度に対して、バッテリーの耐用寿命と等価なサイクル数が存在することを意味する。基本的に、各サイクルは、放電 x_{dis} からなる第1のハーフ・サイクルとその後の充電 x_{cha} とから構成されることを前提とする。したがって各場合において、サイクルの最初に存在していたのと同じ充電状態が、サイクルの最後に実現される。実際の計算では、次のことも考慮に入れなければいけない。すなわちバッテリーの充電は無損失ではないので、最終的に充電しなければならない容量 x_{cha} は、放電容量 x_{dis} と充電係数 L_F との積から得られることである。

【数1】

$$x_{cha} = L_F \cdot x_{dis} \quad (式1)$$

【0028】

しかし実際には、充電および放電サイクルは著しく異なることが多い。と言うのは、特に自動車における用途の場合、一般的に、放電深度が固定されている規則的なサイクルが、ずっと起こることは全くないからであり、さらにバッテリーは通常、常に完全に充電されるわけではないからである。可変サイクルが生じるこの複雑な、しかし実際的な動作のた

めに、サイクルの定義を異なったものにしなければならない。前述の式(1)は、この複雑なバッテリー動作に対してはもはや正しくない。しかし個々の充電および放電ステップ(添字 i)に対しては、したがって次のことが適用される。

【数 2】

$$x_{iCha} \neq L_F \cdot x_{iDis} \quad (\text{式 2})$$

【0029】

これらの条件があるために、ここで用いる方法においては、放電および充電サイクルを部分サイクルとして別個にカウントし、したがってさらなる計算または評価においても別個に考慮する。

【0030】

放電深度のパーセント表示の各値 x_i に対して、個々のサイクル寿命 N に対応するサイクル数 y_i を、図 1 の耐用寿命ダイアグラムから読み取ることができる。これについては最初にすでに説明した。次にこれらの数値対から、数値対 x_i および z_i を含む劣化曲線を、ハーフ・サイクルに対して計算することができる。本文脈においては、これらの数値対を以下のように求める。

【数 3】

$$x_i \equiv x_i \quad (\text{式 3a})$$

$$z_i = 2 \cdot y_i \quad (\text{式 3b})$$

【0031】

こうして、充電または放電の深度が異なる部分サイクルに対して固有劣化値 Ak_i を計算することができる。

【数 4】

$$Ak_i = \frac{100\%}{z_i} \quad (\text{式 4})$$

【0032】

したがってこの固有劣化曲線は、パーセントで表示した充電または放電の深度 x_i とパーセントで表示した固有劣化値 Ak_i との関係として生じるものであり、図 2 のダイアグラムにおいて再び片対数形式でプロットする。

【0033】

次にバッテリーにおいて、充電または放電のプロセスおよび付随する深度を、簡単なセンサ・システムを用いてそれ自体は既知の方法で測定することができる。次に部分サイクル z_i のそれぞれに対して、まさにこの部分サイクル z_i に特有である対応する劣化値 Ak_i を、部分サイクルの充電または放電の深度 x_i から、図 2 に従うダイアグラムにおいて、固有劣化値が特徴づけられている劣化曲線に基づいて得る。

【0034】

これらの固有劣化値 Ak_i 、または発生した全ての固有劣化値 Ak_i の個々の数 n_i を、単純に連続して合計することによって、バッテリーの劣化 A を動作中のパーセントとして決定することができる。本文脈では、この劣化 A は以下の式から得られる。

【数 5】

$$A = \sum_i n_i \cdot Ak_i \quad (\text{式 5})$$

【0035】

本文脈では、発生した部分サイクル z_i の数を n_i で表し、部分サイクルの個々に対応する充電または放電の深度を x_i で表す。

【0036】

10

20

30

40

50

合計によって決定される劣化 A は、次のように理解すべきである。すなわち、 $A = 0\%$ である劣化は、新しいバッテリーと等価であると処理すべきであり、一方で $A = 100\%$ である劣化は、バッテリーがすでに完全に枯渇していることを意味する。したがって劣化 A は、すでに使用されたバッテリー寿命のパーセントを示す。結果として、すでに使用されたバッテリー寿命と等価であると処理すべき劣化 A を示すこと、あるいは、 100% から簡単な引き算をした後に残りの耐用寿命 A' を示すこと、これについては $A' = 100\% - A$ が適用される、に、直接に適している。

【0037】

このような計算に対応する例が、図3に示すプロットによって与えられている。図3に示す例では、バッテリーがすでに完全に枯渇していることが、 100% の値に達している右側10に示す劣化 A の柱（棒柱）から分かる。さらなる柱（棒柱）は、個々の部分サイクル n_i またはそれに対応する固有劣化値 A_{k_i} の合計（ n_i に渡る）を、それらの個々の充電または放電の深度 x_i とともに示し、個々に対応するバー（棒柱）の高さは劣化 A のパーセントで表示される割合を示す。ここで選択した例では、数 $n_i = 280,000$ の部分サイクルが、充電または放電の深度 $x_i = 0.75\%$ で生じている。これは、生じた劣化 A 全体の 70% である劣化 A の割合に対応する。次のバー（棒柱）は、数 $n_i = 6,800$ の部分サイクルを充電または放電の深度 $x_i = 2.5\%$ において示し、これ自体は劣化 A の 17% の割合を示す。さらなるバー（棒柱）は、同様の仕方で、充電または放電のさらなる深度 $x_i = 4, 20, 30, 50, 100\%$ において、それぞれ生じている。

【0038】

計算が、充電および放電の個々の深度 x_i で発生する充電および放電の成分について行なわれ、主にバッテリーの劣化に関連する、この比較的単純な実施形態に加えて、計算中にさらなる詳細を取り入れることによって、本発明の方法を最適化することができる。

【0039】

これらの詳細の1つは、たとえばバッテリーの充電または放電の間に起こり、バッテリーごとに指定の方法で定義されるべき閾値 x_{min} (DOD) を下回る容量スイング（容量揚げ、容量振れ、*Kapazitätshuebe*）が、部分サイクルとしてカウントされていないことである。この文脈においては、バッテリーが、この閾値 x_{min} (DOD) よりも小さい容量値で充電または放電される場合には、バッテリーにおいてアクティブな容量30についての容積の仕事（*Volmenarbeit*）が全く生じないように、閾値 x_{min} (DOD) が選択されなければならない。付加または除去される電荷は、二重層容量（電気的二重層の容量）の電荷交換のみによってバッテリーに供給される。この二重層容量の電荷交換は、バッテリーの耐用寿命にも劣化 A にも全く影響を及ぼさないの、劣化 A を考えるときには、容量が x_{min} (DOD) よりも小さい充電および放電プロセスを考慮すべきではない。したがって、これらの部分サイクルは処理されず、その結果、ここでは、固有劣化値は決定されず、式(5)による合計にも付加されない。

【0040】

劣化の監視を最適化するためのこのような影響性のさらなる変数は、バッテリーの動作温度 T である。温度依存性の重み係数 $f_{i,T}$ も考慮に入れれば、バッテリー劣化 A の計算をさらに精緻なものにすることができる。したがって劣化 A の計算は、以下の式によって与えられる。40

【数6】

$$A = \sum_T \sum_i n_{i,T} \cdot A_{k_i} \cdot f_{i,T} \quad (6)$$

【0041】

バッテリーの動作温度に基づくこれらの重み係数 $f_{i,T}$ と同等に、さらなる重み係数を用いることもできる。本文脈では、可能なさらなる付加的な重み係数 $f_{i,I}$ によって電流強度の影響を考慮に入れることが、特に好ましく有用である。したがって劣化 A は以下のように計算される。

【数 7】

$$A = \sum_i \sum_T \sum_j n_{i,T,j} \cdot A k_i \cdot f_{i,T} \cdot f_{i,j} \quad (\text{式 7})$$

【0042】

閾値 x_{min} (DOD) よりも大きい容量の充電または放電を部分サイクルが含む場合のみ、重み係数 $f_{i,T}$ および $f_{i,j}$ を用いて、そして特性劣化値 $A k_i$ を作動させる (アクティブにする) ことによって、劣化についての計算を精緻なものにする例示されたこれら3つの方法が、共におよび別個にまたは組み合わせて用いられることで、ここで説明した方法で、特性劣化値 $A k_i$ の合計を通して劣化 A の基本的な計算結果を決定することができる。 10

【0043】

本文脈においては、連続関数と劣化曲線との両方の重み係数が、対応する依存性、すなわち劣化曲線を表すために用いられ得る。しかし近似的な区間 (近似区間) の形においては、この依存性を示し、用いることもでき、この近似区間には、劣化 A の計算に必要な正確度および具体的なバッテリー・タイプに適応した各場合におけるクラス幅 (級幅、K l a s s e n b r e i t e n) を設けることができる。

【0044】

適応するクラス幅を有する近似区間を特徴づける実施形態は、たとえば自動車の複合制御ユニット内のような制御ユニット内で、実施できることが有利である。と言うのは、この実施形態では、対応する数値を迅速に処理することができる一方で、対応して制御ユニット内で必要となる計算およびメモリ容量は小さいからである。 20

【0045】

以下では、前述した関係を、2つの具体的な数値例によって例証する。

【実施例】

【0046】

数値例 1

以下は、鉛バッテリーの劣化 A についての数値例を用いた詳細な説明である。

【0047】

本文脈では、図 1 におけるダイアグラムと同様に、数値対 (x_i, y_i) を有する鉛バッテリーのサイクル寿命曲線が与えられる。本文脈では、これらの数値対は、下に示す表 1 の列 1 および列 2 に見られる。部分サイクル z_i は、表 1 の列 2 のサイクル y_i から、式 (3) の関係に従って求められる。次に表 1 の列 4 に示すように、固有劣化値 $A k_i$ を、これらの部分サイクル z_i から、式 (4) に従って計算することができる。 30

【0048】

【表 1】

表 1

1 x_i (DOD)	2 y_i (サイクル)	3 z_i (部分サイクル)	4 $A k_i$ (特性劣化値)
100	120	240	0.416667
50	1200	2400	0.041667
30	2000	4000	0.025000
20	3500	7000	0.014286
10	12000	24000	0.004167
5	20000	40000	0.002500
3	50000	100000	0.001000

【0049】

【表 2】

表2

1	2	3
x_i	n_i	$A_i\%$
(DOD)	(部分サイクルの数)	(劣化成分)
100	7	2.92
50	11	0.46
30	63	1.58
20	168	2.40
10	805	3.35
5	5993	14.98
3	69201	69.20
	劣化A(%)	94.89

【0050】

表2では、充電または放電の各深度 x_i において実際に起きている部分サイクルの数値 n_i を、列2に示す。表1からの充電または放電の個々の深度 x_i に対する固有劣化値 A_{k_i} と組み合わせることで、式(5)における関係に従って、劣化Aの成分 A_i を計算することができる。これらを表2の列3に示す。したがってこれらの成分 A_i を合計することによってバッテリーの劣化Aが与えられ、ここで示した数値例では $A = 94.89\%$ である。

【0051】

例としてここで説明した劣化Aの計算における意図は、重み係数 f_i を何ら考慮しない例示用の簡単な例を選ぶことであった。

【0052】

数値例2

以下では、ニッケル金属水素化物バッテリーの劣化Aを、より詳細な数値例をさらに参照して、例示的に説明する。今回は、典型的な計算の中に重み係数 f_i も含めたが、重み係数 f_i の使用をニッケル金属水素化物バッテリーに限定することを意図しているわけではない。

【0053】

次に、前述の数値例2を数値例1と同様に説明する。前述した表1と同様に、 x_i 、 y_i 、 z_i 、および A_{k_i} に対する対応する数値を表3に載せる。これらは、表1内の数値と同様に、式(3)および式(4)を用いて得られる。

【0054】

【表 3】

表3

1	2	3	4
x_i	y_i	z_i	A_{k_i}
(DOD)	(サイクル)	(部分サイクル)	(特性劣化値)
100	2493	4986	0.020056
50	29291	58382	0.001713
30	78090	156180	0.000640
25	99869	199738	0.000501
12	189324	378648	0.000264
5	267164	534328	0.000187
3	294789	589578	0.000170

【0055】

下の表4は、温度の影響を表すためのものである。対応する重み係数 $f_{i,T}$ を、放電深度 x_i の関数として、選択した温度Tに対して表4の列2～列5に示す。

【0056】

【表 4】

表4

1	2	3	4	5
x_i	$f_{i,-25^\circ\text{C}}$	$f_{i,0^\circ\text{C}}$	$f_{i,25^\circ\text{C}}$	$f_{i,45^\circ\text{C}}$
(DOD)	(係数)	(係数)	(係数)	(係数)
100	0.795	0.904	1.000	4.695
50	0.816	0.915	1.000	4.505
30	0.844	0.930	1.000	4.428
25	0.858	0.937	1.000	4.409
12	0.949	0.985	1.000	4.360
5	1.194	1.113	1.000	4.333
3	1.474	1.260	1.000	4.325

【0057】

10

20

30

40

50

【表 5】

表5

1	2	3	4	5	6
x_i	$n_{i,-25^{\circ}\text{C}}$	$n_{i,0^{\circ}\text{C}}$	$n_{i,25^{\circ}\text{C}}$	$n_{i,45^{\circ}\text{C}}$	$A_i\%$
(DOD)	(数)	(数)	(数)	(数)	(劣化成分)
100	0	0	3	1	0.15
50	1	0	1	0	0.00
30	6	1	1	1	0.01
25	0	113	523	204	0.77
12	9	793	1899	508	1.29
5	13	13089	23904	10687	15.87
3	383	23056	78053	31068	41.05
			劣化A(%)		59.14

【0058】

10

上に示した表5では、数値例1の表2における数値 n_i に表示されているのと同様に、再び部分サイクル z_i の数値 $n_{i,T}$ を、表4で既に考慮されている種々の温度 T に対して表示する。ここで示す数値例では、次に劣化Aの成分 A_i を、式(6)を用いて計算する。これらを表5の列6に表す。こうして $A = 59.14\%$ の劣化条件は、充電または放電の深度 x_i と温度 T とに依存する重み係数 $f_{i,T}$ を考慮に入れた、最初に説明した原理による結果である。

【0059】

同じようにして、電流依存性も、さらに重み係数 $f_{i,T}$ を用いてバッテリーの劣化Aの計算に織り込むことができる。すなわち温度 T および電流 I の関数としての重み係数 $f_{i,T}$ を含む表を、さらに用いる必要がある。その結果、表5を、1つの次元だけ拡張して、充電または放電の深度 x_i を1つの方向において表し、温度 T を第2の方向において表し、加えて、電流強度 I を新しい次元として表すことができるようにしなければならない。

20

【0060】

しかしながら、制御ユニットで用いる際には、これは問題とならない。と言うのは、部分サイクルの終了では、バッテリーの劣化Aは、部分サイクルに対して生じる劣化Aの成分 A_i を付加することで即座に更新されるからであり、したがって部分サイクルの数に対する大きな行列を記憶(格納)しておく必要が全くないからである。

【図面の簡単な説明】

【0061】

30

【図1】鉛バッテリーのサイクル寿命(N)と放電深度(DOD)との間の典型的な関係を示す図である。

【図2】図1のバッテリーの典型的な劣化曲線を示す図である。

【図3】耐用寿命の終わりににおけるバッテリーの例を示すダイアグラムであり、個々の部分サイクルの割合が劣化およびそれらの数に関して示されている。

【図 1】

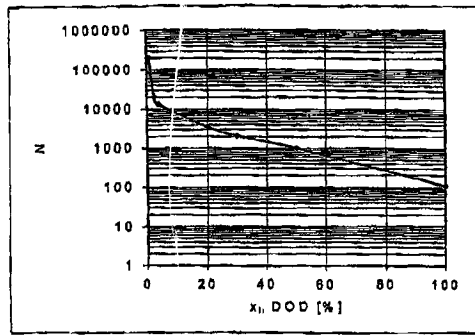


図 1

【図 2】

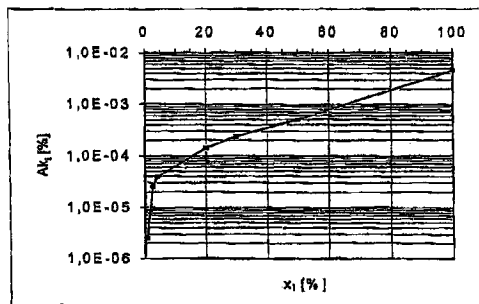


図 2

【図 3】

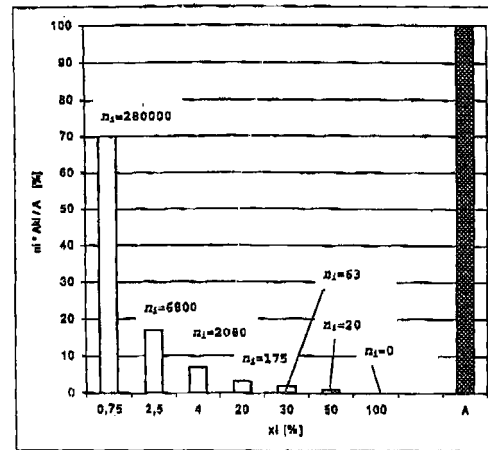


図 3

フロントページの続き

(72)発明者 オトマー・ビツチェ

ドイツ連邦共和国 7 0 3 2 9 シュトゥットガルト、ライヒベルグシュトラッセ 2 0

(72)発明者 ベルンド・シュピーア

ドイツ連邦共和国 8 8 4 8 3 ブルグリーデン、フルーアヴェーグ 2 2

Fターム(参考) 2G016 CA03 CB05 CB12 CB21 CB31 CC01 CC06 CC21 CC27 CC28

CF06

5G003 AA07 BA01 EA08 FA06

5H030 AA06 AS08 FF22 FF41 FF42 FF51

【外国語明細書】

[2004264303000001.pdf](#)

[2004264303000002.pdf](#)

[2004264303000003.pdf](#)

[2004264303000004.pdf](#)