

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7635697号
(P7635697)

(45)発行日 令和7年2月26日(2025.2.26)

(24)登録日 令和7年2月17日(2025.2.17)

(51)国際特許分類		F I		
H 0 1 M	10/48 (2006.01)	H 0 1 M	10/48	3 0 1
H 0 1 M	10/44 (2006.01)	H 0 1 M	10/44	P
H 0 2 J	7/00 (2006.01)	H 0 2 J	7/00	Y
		H 0 2 J	7/00	P

請求項の数 5 (全17頁)

(21)出願番号	特願2021-173812(P2021-173812)	(73)特許権者	000003137 マツダ株式会社 広島県安芸郡府中町新地3番1号
(22)出願日	令和3年10月25日(2021.10.25)	(74)代理人	110001427 弁理士法人前田特許事務所
(65)公開番号	特開2023-63796(P2023-63796A)	(72)発明者	山本 嵩 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内
(43)公開日	令和5年5月10日(2023.5.10)	審査官	山口 大
審査請求日	令和6年2月20日(2024.2.20)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 車両用電池ユニット制御装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

車両に搭載されかつ、複数の充放電可能な電池セルを有する電池ユニットと、前記電池セルの内圧を検出するセル内圧検出器と、前記電池ユニットを制御する制御器と、を備え、前記制御器は、

前記電池ユニットの所定電流値以上の大電流での充放電中に、充放電継続時間が所定時間未満である場合において、前記セル内圧検出器によって検出される前記内圧の上昇率が所定値以上になったか否かを判定し、

前記内圧の上昇率が前記所定値以上になったことが判定されたときに、前記電池セルへの電解液の補充を喚起する、
車両用電池ユニット制御装置。

10

【請求項2】

請求項1に記載の車両用電池ユニット制御装置において、前記制御器は、前記電池セルへの電解液の補充の喚起と共に、前記大電流での充放電を禁止する、
車両用電池ユニット制御装置。

【請求項3】

請求項1又は2に記載の車両用電池ユニット制御装置において、前記制御器は、前記電池セルへ電解液の補充が行われる前に、前記電池ユニットのSO

20

Cを所定値以下にするよう喚起する、
車両用電池ユニット制御装置。

【請求項4】

請求項1～3のいずれか1項に記載の車両用電池ユニット制御装置において、
前記電池ユニットは、前記複数の電池セルが層状に重ねられてその重なり方向に拘束された電池モジュールと、前記電池セルに加わる拘束荷重を変える拘束荷重可変機構と、を備え、

前記制御器は、前記電池セルに加わっている拘束荷重が低下するように前記拘束荷重可変機構を作動させた後、前記セル内圧検出器によって検出される前記内圧の上昇率が所定値以上になったか否かを判定する、
車両用電池ユニット制御装置。

10

【請求項5】

請求項4に記載の車両用電池ユニット制御装置において、
前記制御器は、前記電池セルへ電解液の補充が行われる際に、電池セルに加わっている拘束荷重が解除されるように前記拘束荷重可変機構を作動させる、
車両用電池ユニット制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

ここに開示する技術は、車両用電池ユニット制御装置に関する。

20

【背景技術】

【0002】

電気自動車やハイブリッド車に用いられる充放電可能な電池セルでは、大電流での充放電が継続されると、電池の内部抵抗が上昇する劣化（所謂「ハイレート劣化」）を生じることが知られている。大電流充放電の継続時間が短いときに生ずる劣化は一時的なもの（可逆劣化）であり、充放電を休止することで劣化は回復する。しかし、その継続時間が長くなると、充放電を休止しても電池性能が回復しない恒久的な劣化、すなわち、不可逆劣化を生ずる。

【0003】

特許文献1には、リチウムイオン電池の制御方法が記載されている。この制御方法は、ハイレート劣化の進行を抑制する。

30

【0004】

特許文献1の制御方法は、ハイレート劣化が進行した段階では電解液の濃度が高い方が、電池セルの内部抵抗を低く維持できるという知見に基づいている。特許文献1の電池セルの中には、相対的に高濃度の第2電解液が封入されたマイクロカプセルが収容されている。マイクロカプセルは、所定の温度で溶解する。

【0005】

この制御方法においては、予め、電池セルをハイレートで充放電するサイクル試験を行うことによって、低濃度の電解液を用いた場合の電池セルの抵抗値と、高濃度の電解液を用いた場合の電池セルの抵抗値との大小が逆転する点（つまり、閾値）を把握している。そうして自動車に搭載された電池セル内の抵抗値が閾値に達した場合に、電池セルの温度を高めてマイクロカプセルを溶解させることにより、電池セル内の電解液を補充すると共に、電解液の濃度を高める。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特開2013-098064号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

50

電池セル内の電解液は、例えばガス化等に依り、長期に使用するとその量が少なくなる場合がある。電解液の量が不足すると、大電流での充放電時に、不可逆的な劣化が進行しやすい。

【0008】

電池セルに電解液を補充して電解液の量を増やせば、電池セルの劣化の進行を抑制することができる。しかしながら、電池セル内の電解液の残存量は、自動車の使用環境及び/又はドライバの運転傾向の影響を受ける。そのため、特許文献1に記載されているように電解液の補充タイミングを、予め行った試験に基づいて設定しても、補充タイミングが遅すぎた場合は電池セルの劣化を招いてしまう。一方、車両用電池ユニットの電池セルに電解液を注入するためには、自動車をサービスに入庫させなければならないが、補充タイミングが早すぎると、入庫の頻度が高くなってユーザビリティが低下する。電解液の補充タイミングを最適にする技術は、これまでのところ実現できていない。

10

【0009】

ここに開示する技術は、車両用電池ユニットの電池セルに、適切なタイミングで電解液を補充できる。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明者は先ず、大電流充放電によって不可逆劣化が始まるタイミングと、電池セルの内圧が急激に上昇し始めるタイミングとの間に、相関関係があることを見出した。

【0011】

つまり、大電流での充放電が繰り返されると電池セルの内圧が上昇していく。これは、電解液中のイオンの挿入脱離に伴う負極活物質の膨張収縮や電解液の体積膨張等によって、負極活物質層から電解液が流出し、電池セル内において電解液の分布ムラを生ずるためである。この分布ムラを生ずることに伴って電池セルの内部抵抗は上昇していく。この電解液の分布ムラは、それが軽度であるときは、充放電を休止することによって解消するが、その程度が強くなってくると、電池セルの内圧が急激に上昇し始め、充放電を休止しても分布ムラは解消されなくなる。すなわち、電池セルの不可逆劣化を生ずる。

20

【0012】

また、電池セル内の電解液の量が少なくなると、電池セル内の状態は、前述した電解液の分布ムラが生じた場合と同様の状態になる。そのため、電池セル内の電解液の量が少なくなった状態では、大電流充放電時に、電池セルの内圧が急激に上昇する。つまり、電池セル内の電解液が少なくなったことと、大電流充放電によって電池セルの内圧が急激に上昇することとの間には相関関係がある。

30

【0013】

本発明者は、この知見に基いて、大電流充放電時に電池セルの内圧を監視して電解液の不足を判定し、その判定に基いて電解液の補充を喚起するシステムを構築した。

【0014】

具体的にここに開示する技術は、車両用電池ユニット制御装置に係る。この車両用電池ユニット制御装置は、

車両に搭載されかつ、複数の充放電可能な電池セルを有する電池ユニットと、

前記電池セルの内圧を検出するセル内圧検出器と、

前記電池ユニットを制御する制御器と、を備え、

前記制御器は、

前記電池ユニットの所定電流値以上の大電流での充放電中に、充放電継続時間が所定時間未満である場合において、前記セル内圧検出器によって検出される前記内圧の上昇率が所定値以上になったか否かを判定し、

前記内圧の上昇率が前記所定値以上になったことが判定されたときに、前記電池セルへの電解液の補充を喚起する。

40

【0015】

充放電継続時間が長くなって、電池セルの内圧の上昇率が所定値以上になった場合、不

50

可逆なハイレート劣化の兆しと判断できる。一方、充放電継続時間が短いにもかかわらず、電池セルの内圧の上昇率が所定値以上になった場合、電池セル内の電解液が少なくなっていると推定される。この場合、制御器は、電池セルへの電解液の補充を、ユーザーに喚起する。ユーザーが自動車をサービスに入庫することによって、電解液が電池セルへ注液される。

【 0 0 1 6 】

前記の構成によると、制御器は、電池セルの内圧に基づいて、適切なタイミングで電解液の補充を喚起できる。

【 0 0 1 7 】

ここに、充放電継続時間は、大電流での充放電と小電流での充放電が繰り返されるとき、大電流での充放電の時間を積算した時間とすればよい。

10

【 0 0 1 8 】

前記制御器は、前記電池セルへの電解液の補充の喚起と共に、前記大電流での充放電を禁止する、としてもよい。

【 0 0 1 9 】

電池セル内の電解液が少なくなっている状態で、大電流での充放電が継続されると、電池セルの不可逆劣化が進んでしまう。大電流での充放電が禁止されることによって、不可逆劣化の進行が抑制される。尚、制御器は、所定電流値よりも低い小電流での充放電を禁止しない。

【 0 0 2 0 】

20

前記制御器は、前記電池セルへ電解液の補充が行われる前に、前記電池ユニットのSOCを所定値以下にするよう喚起する、としてもよい。

【 0 0 2 1 】

電池ユニットのSOCが高いと電池セル内の電極捲回体が膨張し、SOCが低いと電極捲回体の膨張が抑制される。電池セルへ電解液を注液する際にSOCを低いと、電極捲回体の膨張が抑制されているため、電解液は速やかに注液される。電池セルへ電解液の補充が行われる前に、電池ユニットのSOCが所定値以下であれば、電解液の注液に要する時間を短くできる。

【 0 0 2 2 】

前記電池ユニットは、前記複数の電池セルが層状に重ねられてその重なり方向に拘束された電池モジュールと、前記電池セルに加わる拘束荷重を変える拘束荷重可変機構と、を備え、

30

前記制御器は、前記電池セルに加わっている拘束荷重が低下するように前記拘束荷重可変機構を作動させた後、前記セル内圧検出器によって検出される前記内圧の上昇率が所定値以上になったか否かを判定する、としてもよい。

【 0 0 2 3 】

電池セルに加わっている拘束荷重を低下させると、拘束荷重を低下させない場合に比べて、負極活物質へ電解液を供給することが可能になる。これにより、電池セルの劣化の進行が緩やかになる。

【 0 0 2 4 】

40

前記の構成では、拘束荷重を低下させて劣化の進行が緩やかになるようにした状態で、電池セルの内圧の上昇率を判定する。従って、この判定の際に電池セルの不可逆劣化が進んでしまうことが軽減される。

【 0 0 2 5 】

また、制御器は、拘束荷重の低下によって負極活物質へ電解液が供給されやすい状態において判定を行うため、電池セル内の電解液の不足を正確に判断できる。制御器は、電解液の補充タイミングを精度良く判断できる。

【 0 0 2 6 】

前記制御器は、前記電池セルへ電解液の補充が行われる際に、電池セルに加わっている拘束荷重が解除されるように前記拘束荷重可変機構を作動させる、としてもよい。

50

【 0 0 2 7 】

電池セルに加わっている拘束荷重を解除することにより、電池セル内への電解液の注液を速やかに完了させることができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 8 】

前記の車両用電池ユニット制御装置は、電池セルの内圧の上昇率に基づいて、電解液の補充を、適切なタイミングでユーザーに喚起できる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 9 】

【 図 1 】 図 1 は、車両用電池ユニット及びその制御装置を搭載したハイブリッド車の全体構成図である。 10

【 図 2 】 図 2 は、電池セルの拘束機構を示す説明図（（ a ）は拘束荷重を解除した状態を示し、（ b ）は拘束荷重を付与した状態を示す。）である。

【 図 3 】 図 3 は、車両用電池ユニットの制御装置のブロック図である。

【 図 4 】 図 4 は、大電流充放電の継続による電池内部抵抗の上昇率の変化を示す概念図である。

【 図 5 】 図 5 は、大電流充放電の継続によるセル反力の上昇を示すグラフ図である。

【 図 6 】 図 6 は、大電流充放電のサイクル数が増大していくときのセル反力の上昇状態の変化を示すグラフ図である。

【 図 7 】 図 7 は、大電流充放電後に充放電を休止したときの拘束荷重制御の有無による電池抵抗上昇率の変化の違いを示すグラフ図である。 20

【 図 8 】 図 8 は、電池ユニットの制御のフロー図である。

【 図 9 】 図 9 は、電池セルへの電解液の注液作業のフロー図である。

【 図 1 0 】 図 1 0 は、変形例に係る電池ユニットの制御のフロー図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 3 0 】

以下、車両用電池ユニット制御装置の実施形態が、図面を参照しながら説明される。ここで説明される車両用電池ユニット制御装置は例示である。図 1 は、車両用電池ユニット制御装置が搭載されたハイブリッド車（Hybrid Electric Vehicle又はPlug-in Hybrid Electric Vehicle）を例示している。尚、車両用電池ユニット制御装置は、ハイブリッド車への適用に限らず、エンジンを搭載しない電気自動車（Battery Electric Vehicle）にも適用できる。 30

【 0 0 3 1 】

< ハイブリッド車の全体構成 >

図 1 に示すように、ハイブリッド車 1 0 0 は、車輪 1 0 と、車軸 1 2 と、エンジン 2 0 と、トランスミッション 3 0 と、モータ/ジェネレータ 4 0 と、インバータ 5 0 と、電池ユニット 1 1 0 と、電子制御装置（ECU：Electronic Control Unit）7 0 とを備えている。このハイブリッド車 1 0 0 は、パラレル式であり、エンジン 2 0 及びモータ/ジェネレータ 4 0 は車両の駆動力を出力する駆動源として機能し、運転条件に応じて、エンジン 2 0 のみによる走行、エンジン 2 0 とモータ/ジェネレータ 4 0 の双方による走行、あるいは、モータ/ジェネレータ 4 0 のみによる走行が実現される。尚、ハイブリッド車は、シリーズ式であってもよい。 40

【 0 0 3 2 】

エンジン 2 0 はトランスミッション 3 0 を介して車軸 1 2 に連結されている。エンジン 2 0 は、例えばガソリンエンジンである。モータ/ジェネレータ 4 0 は、車軸 1 2 に連結されているとともに、インバータ 5 0 を介して電池ユニット 1 1 0 の電池モジュール 6 0 に接続されている。モータ/ジェネレータ 4 0 には、電池モジュール 6 0 の電力がインバータ 5 0 にて交流電力に変換された後供給される。モータ/ジェネレータ 4 0 は、電力供給を受けて電動機として機能して、車軸 1 2 を回転させる。モータ/ジェネレータ 4 0 は、ハイブリッド車 1 0 0 の減速時に回生動作を行うことにより、発電機としても機能して 50

電池モジュール 60 に充電する。

【0033】

<電池ユニット>

図2は、電池ユニット110を例示している。電池ユニット110は電池モジュール60と拘束機構80を備えている。電池モジュール60は、充放電可能な複数の電池セル62を備え、この複数の電池セル62は層状に重ねられている。具体的には、複数の電池セル62は、所定の方向D（本実施形態では水平方向）に重なった状態で直方体のケーシング61に收容され、隣接する2つの電池セル62の間にはバネ65が介装されている。重なり方向Dの両端の電池セル62とケーシング61の縦壁との間にはエンドプレート66が設けられている。

10

【0034】

相隣る電池セル62はバスバー64によって直列接続されている。各バスバー64は、隣接する電池セル62の電極端子63に電氣的に接続される一对の接続部64aと、一对の接続部64a間に渡された可撓性を有する電線64bとを備えている。

【0035】

拘束機構80は、複数の電池セル62をその両端のエンドプレート66によって重なり方向Dに拘束する。拘束機構80は、一方のエンドプレート66を重なり方向Dに進退させることによって電池セル62に加わる拘束荷重を変える拘束荷重可変機構81を備えている。

【0036】

拘束荷重可変機構81は、一方のエンドプレート66に結合された押圧ギア84と、当該押圧ギア84に噛み合って押圧ギア84を軸方向に進退させるように回転する駆動ギア86と、駆動ギア86を回転駆動するモータ85とを備えている。押圧ギア84の進退によって一方のエンドプレート66が進退し、複数の電池セル62に加わる拘束荷重が変わる。モータ85の作動がECU70によって制御される。

20

【0037】

一方のエンドプレート66と端の電池セル62の間には、セル内圧検出器としての面圧センサ67が設けられている。面圧センサ67は、電池セル62に対する拘束荷重の働く方向と逆方向に働くセル反力を検出する。このセル反力は電池セル62の内圧に対応する。面圧センサ67はその面内に複数個のセンシングポイントを有する。

30

【0038】

電池セル62は電極捲回体を扁平な電池ケースに收容してなる。電池ケースの上面に、電極端子63及びガス安全弁（図示省略）が設けられている。電極捲回体は、正極シート及び負極シートがシート状のセパレータを介して互いに絶縁した状態で捲回されたものである。

【0039】

正極シートは、コバルト酸リチウム等の正極活物質、結着剤及び導電助剤を混合してアルミニウム箔等の集電体に塗布してなる。負極シートは、黒鉛系炭素材料等の負極活物質、結着剤及び導電助剤を混合して銅箔等の集電体に塗布してなる。セパレータは、ポリプロピレン、ポリエチレン等のポリオレフィンの単層又は積層の微多孔性フィルムよりなり、有機化合物を主成分とする非水電解液が含浸される。非水電解液は、非水溶媒にリチウム塩（支持電解質）を溶解してなり、必要に応じて添加剤が添加される。

40

【0040】

なお、前記電池セル62は捲回型であるが、複数の正極シートと複数の負極シートを、正極シートと負極シートの間でセパレータを挟んで交互に積層した積層型であっても、他の形態であってもよく、本発明は電池セル62の形態を問題にするものではない。

【0041】

<電池ユニットの制御装置>

図4は、電池モジュール60が大電流で充放電されるときに電池セル62の劣化に伴う内部抵抗の上昇を模式的に示す。電池セル62の劣化には、負極表面に樹脂薄膜が成長し

50

て内部抵抗が上昇する不可逆な通常劣化と、大電流での充放電の継続に伴ってLiイオンの濃度分布の偏りを生じて内部抵抗が上昇するハイレート劣化がある。ハイレート劣化には、充放電の停止（電池の休止）によって濃度分布の偏りが解消される可逆的劣化（一時的な劣化）と、大電流での充放電の継続時間が長くなったときに生ずる、電池の休止では偏りが解消されず内部抵抗が上昇したままとなる不可逆劣化とがある。不可逆劣化を生じ始めると、内部抵抗の上昇が急になる。

【0042】

不可逆的なハイレート劣化を防止しつつ、できる限り大電流充放電を継続できるようにするには、電池の内部抵抗を監視し、その内部抵抗が急上昇するタイミングで大電流充放電の継続を止めるようにすればよい。しかし、そのタイミングは運転条件等によって変化し、これを捉えることは難しい。

10

【0043】

本発明者は、電池セル62のハイレート劣化が進むときにセル反力（セル内圧）が増大していくという知見に基いて、大電流充放電の継続時間が長くなるときのセル反力の変化を調べた。結果を図5に示す。大電流充放電の継続が進むとき、当初時点Aから暫くはセル反力の上昇が緩やかであるが、途中、「セル反力急上昇タイミング」からセル反力が急激に上昇していく。調べると、このセル反力が急激に上昇し始めるタイミングと不可逆なハイレートが始まるタイミングは対応していることがわかった。

【0044】

大電流充放電が継続されるとき、電池セル62内において、当初は電極巻回体の全体が電解液に浸っている状態にあるので、負極の全体で電池反応が進行する。大電流放電が進んでくると、負極活物質へのLiイオンの挿入に伴って、電解液が負極活物質から押し出されて電池ケースの端の方に流出していく。すなわち、電解液が電極巻回体の巻回軸方向の両端側に移動して電極中央側（巻回軸方向の中央側）では電解液が少なくなり、負極の反応面積が低下していく。大電流充放電がさらに進むと、電極中央部では電解液が枯渇したような状態になって反応面積が大きく低下する。このように、大電流充放電が進むにつれてハイレート劣化が進むのは、電解液の流出によって負極の反応面積が少なくなっていくためである。電解液が電極端部側に流出することによって、電池セル62の内圧、すなわち、セル反力が上昇していく。

20

【0045】

本発明者は、不可逆なハイレート劣化を生じ始めるタイミングと電池セル62の内圧が急激に上昇し始めるタイミングに相関関係があることを見出した。本発明者は、さらに、大電流充放電のサイクル数が増大していくときのセル反力を調べた。ここでいうサイクル数は、車両の運転が開始され大電流充放電が1回以上行なわれて運転が終了したときに、これを1サイクルとしてカウントする数である。図6に示すように、大電流充放電のサイクル数が増大するにつれて、セル反力が高くなっていくとともに、セル反力が急激に上昇するタイミングが早くなっていく。

30

【0046】

また、図5に下向き矢符で示すセル反力が急上昇し始めるタイミング（不可逆なハイレート劣化が始まるタイミング）で電池セル62に加わっている拘束荷重を低下させ、その後、充放電を休止したときの、電池セル62の抵抗上昇率を調べた。結果を図7に示す。拘束荷重を低下させないケース（つまり、拘束荷重制御なし）では、大電流充放電時間が長くなるほど、抵抗上昇率が大きく上昇している。これに対して、拘束荷重を低下させたケース（つまり、拘束荷重制御あり）では、大電流充放電時間が長くなっても抵抗上昇率はそれほど大きくなり、充放電を休止した後に最終的に落ち着く抵抗上昇率も、拘束荷重を低下させないケースよりも小さい。すなわち、不可逆劣化の程度が低い。

40

【0047】

本発明者は、上述の如く、不可逆なハイレート劣化が始まるタイミングと電池セル62の内圧が急激に上昇し始めるタイミングに相関関係があることを見出し、また、内圧が急上昇するタイミングで電池セル62に加わっている拘束荷重を小さくすると、当該不可逆

50

劣化が抑制されることを見出した。

【0048】

前述の通り、大電流での充放電の継続時間が長くなったときには、電解液が枯竭したような状態になって、電池セル62の内圧が高まると共に、ハイレート劣化が進行する。

【0049】

一方、電池セル62内の電解液は、例えばガス化等に依り、長期に使用するとその量が少なくなる場合がある。電池セル62内の電解液の量が不足している状態は電解液が枯竭して反応面積が少なくなった状態であるから、電解液の量が不足している状態で大電流での充放電をしようとする、前記継続時間が長くなった場合と同様に、電池セル62の内圧が高まると共に、不可逆的な劣化が進行しやすい。この場合は、図6に「液枯れ」として示すように、大電流での充放電の継続時間が長くなくても、電池セル62の内圧が高まる。つまり、大電流での充放電の継続時間と電池セル62の内圧とに基づいて、電池セル62内の電解液の残存量が減っているか否かを判断できる。

10

【0050】

本発明は、電池セル62の内圧変化を電池モジュール60の制御に活用する。つまり、電池セル62の内圧に基づいて、電池セル62内の電解液の残存量が減っているか否かを判断すると共に、電解液が減っている場合には、ユーザーに電解液の補充を喚起する。電池セル62に電解液が補充されることによって、電池ユニット110の劣化の進行が抑制される。また、電池セル62の内圧に基づいて電解液の残存量を判断することによって、補充を喚起するタイミングが、早すぎない適切なタイミングになる。このため、電解液の補充のために自動車をサービスに入庫する頻度が高くない。本発明によると、自動車のユーザーのユーザビリティが向上する。

20

【0051】

図3は、電解液の補充喚起に係る電池ユニットの制御装置の構成を例示している。前述したECU70には、スタートスイッチ51、電流センサ52、電圧センサ53、電解液補充スイッチ54、及び、前記の面圧センサ67が接続されている。スタートスイッチ51は、運転者が、自動車の始動(オン)時に操作するスイッチであり、運転者は、自動車のオフ時も、スタートスイッチ51を操作する。スタートスイッチ51は、オン/オフ信号をECU10へ出力する。電流センサ52は、電池モジュール60の充放電電流値Iを取得し、ECU70へ出力する。電圧センサ53は、電池モジュール60の電圧信号をECU70へ出力する。ECU70は、電圧センサ53からの電圧信号等に基づいて、電池モジュール60のSOC(State of Charge)を把握する。電解液補充スイッチ54は、自動車が入庫したサービスの担当者が、電解液の補充を行う際に操作するスイッチである。

30

【0052】

ECU70にはまた、補充喚起表示部55、目標SOC表示部56、放置喚起表示部57、及び、前記の拘束機構80のモータ85が接続されている。補充喚起表示部55は、自動車のユーザーに対して、電池モジュール60への電解液の補充を喚起するための表示を行う。詳細は後述するが、電池モジュール60への電解液の補充が喚起された場合に電池モジュール60の目標SOCは、相対的に低いSOCに設定される。目標SOC表示部56は、目標SOCが低く設定されている場合に、その旨を自動車のユーザーに報知する。放置喚起表示部57は、サービスにおいて電池モジュール60への電解液の注液が行われた後、電解液が電極へ浸透するまでの間、自動車を運転させずに放置することを喚起する。補充喚起表示部55、目標SOC表示部56及び放置喚起表示部57は、例えば自動車の運転席のメータディスプレイに設けてもよいし、インストルメントパネルのセンターディスプレイを使って表示を行ってもよい。

40

【0053】

ECU70は、電池ユニット110を制御する。ECU70は、機能ブロックとして、継続時間積算部71、セル内圧判定部72、電流制限部73、電解液補充喚起部74、及び、拘束荷重制御部75を備えている。

50

【 0 0 5 4 】

継続時間積算部 7 1 は、電池モジュール 6 0 の充放電中において、所定のサンプリング期間（例えば 0 . 1 ~ 1 秒）毎に電池モジュール 6 0 の充放電電流値 I を取得し、この充放電電流値 I が予め設定された電流値 I_0 以上である（大電流充放電）ときの継続時間を求め、大電流充放電が行なわれるたびに、その継続時間を積算していく。

【 0 0 5 5 】

セル内圧判定部 7 2 は、前記大電流での充放電中において、面圧センサ 6 7 によって検出される電池セル 6 2 の内圧 P が所定の内圧閾値 P_0 に到達したか（ $P > P_0$ ）否かを判定する。また、セル内圧判定部 7 2 は、内圧 P が所定の内圧閾値 P_0 以上になったことを判定し、且つ拘束荷重制御部 7 5 によって後述の拘束荷重低減制御がされたときに、内圧 P の上昇率 P_r が所定値 P_{r0} 以上になったか否かを判定する。

10

【 0 0 5 6 】

電流制限部 7 3 は、継続時間積算部 7 1 によって積算された大電流充放電の継続時間の積算値 T が後述の閾値以上になったとき、充放電の電流値 I が前記所定電流値 I_0 以下になるように電流制限する（前記大電流での充放電の禁止）。また、電流制限部 7 3 は、セル内圧判定部 7 2 によって電池セル 6 2 の内圧の上昇率 P_r が所定値 P_{r0} 以上になったことが判定されたときに、同様に電流制限する（前記大電流での充放電の禁止）。

【 0 0 5 7 】

電解液補充喚起部 7 4 は、前記の積算値 T が閾値未満である場合に、セル内圧判定部 7 2 によって電池セル 6 2 の内圧の上昇率 P_r が所定値 P_{r0} 以上になったことが判定されたときに、自動車のユーザーに対して、電池セル 6 2 への電解液の注液を喚起する。

20

【 0 0 5 8 】

拘束荷重制御部 7 5 は、電解液中のイオンが負極に析出することを防止する等のために、電池セル 6 2 に対して所定の拘束荷重が付与されるように、拘束荷重可変機構 8 1 を機能させる。そうして、前記大電流での充放電中に電池セル 6 2 の内圧 P が所定の内圧閾値 P_0 以上になったことをセル内圧判定部 7 2 が判定したときは、電池セル 6 2 に加わっている拘束荷重が所定荷重低下するように、拘束荷重可変機構 8 1 を作動させる。拘束荷重制御部 7 5 はまた、電池セル 6 2 へ電解液を注液する際には、電池セル 6 2 に加わっている拘束荷重が解除されるように、拘束荷重可変機構 8 1 を作動させる。

【 0 0 5 9 】

（制御の流れ）

制御の流れを図 8 に示す。スタート後のステップ S 1 において、充放電電流値 I が取得され、続くステップ S 2 において、充放電電流値 I が所定値 I_0 を越えるか（大電流充放電）否かが判定される。

30

【 0 0 6 0 】

ステップ S 2 で大電流充放電と判定されたときはステップ S 3 に進み、大電流充放電の継続時間が積算される。続くステップ S 4 において、その積算値 T が閾値以上になった（No）と判定されると、ステップ S 5 に進んで充放電の電流値 I が所定電流値 I_0 以下になるように電流制限される（大電流充放電の禁止）。尚、ここでの閾値は、予め設定された閾値であり、この閾値は固定値である。具体的には、図 4 に実線で又は図 6 に一点鎖線で示すように、ハイレート劣化の不可逆劣化が開始する時間よりも、所定時間だけ早い時間に設定された「設定閾値」である。設定閾値は、不可逆劣化を避けるために、不可逆的なハイレート劣化が開始する時間（理想閾値、図 4 参照）に対して、相当な余裕をもって設定される。

40

【 0 0 6 1 】

ステップ S 2 で大電流充放電でないとして判定されたときは、ステップ S 6 に進んで車両の運転終了（SW-OFF）か否かが判定され、運転終了であれば当該制御は終了し、運転終了でなければ、ステップ S 1 に戻って充放電電流値の取得が継続される。

【 0 0 6 2 】

ステップ S 4 において積算値 T が閾値に達していない（Yes）と判定されると、ステッ

50

プ S 5 に進んでセル反力 P が内圧閾値 P o に到達したか否かが判定される。到達しているときは、ステップ S 8 に進んで電池セル 6 2 に加わっている拘束荷重が所定値低減される。そして、続くステップ S 9 においてセル反力の上昇率 P r が所定値 P r o 以上になったか否かが判定される。

【 0 0 6 3 】

セル反力の上昇率 P r が所定値 P r o 以上になったときは、図 6 に「液枯れ」として例示するように、設定閾値よりも早くセル反力の上昇率 P r が所定値 P r o 以上になっている。つまり、充放電継続時間が所定時間未満である場合において、セル反力の上昇率 P r が所定値 P r o 以上になっている。この場合、電池モジュール 6 0 の電解液の残存量が減っているとしてステップ S 1 0 に進み、充放電の電流値 I が所定電流値 I o 以下になるように電流制限される（大電流充放電の禁止）と共に、続くステップ S 1 1 において、補充喚起表示部 5 5 は、自動車のユーザーに電解液の補充を喚起し、ステップ S 1 2 において、目標 SOC 表示部 5 6 は、目標 SOC が所定値以下の低い SOC に設定されることを、ユーザーに報知する。E C U 1 0 はまた、電池モジュール 6 0 の SOC が相対的に低くなるよう、電池モジュール 6 0 の充放電を制御する。

10

【 0 0 6 4 】

ステップ S 7 においてセル反力 P が内圧閾値 P o に到達していないとき、及び、ステップ S 9 においてセル反力の上昇率 P r が所定値 P r o 以上になっていないときはそれぞれ、ステップ S 6 に進んで車両の運転終了（SW-OFF）か否かが判定され、運転終了であれば当該制御は終了し、運転終了でなければ、ステップ S 1 に戻って充放電電流値の取得が続行される。

20

【 0 0 6 5 】

前記制御によれば、大電流での充放電継続時間が短いにもかかわらず、電池セル 6 2 の内圧 P の上昇率 P r が所定値 P r o 以上になった場合、E C U 7 0 は、電池セル 6 2 内の電解液が少なくなっていると推定する。E C U 7 0 が、補充喚起表示部 5 5 を通じて、電池モジュール 6 0 への電解液の補充を、ユーザーに喚起する。ユーザーが自動車をサービスに入庫して、電解液が電池セル 6 2 へ注液されることが期待できる。E C U 7 0 は、電池セル 6 2 の内圧 P に基づいて、適切なタイミングで電解液の補充を喚起できる。

【 0 0 6 6 】

また、前記制御では、電解液の補充の喚起と共に、大電流での充放電が禁止されるため、電池セル 6 2 の不可逆劣化の進行を抑制できる。

30

【 0 0 6 7 】

また、前記制御では、上述のセル反力 P の上昇率 P r の判定は、セル反力 P の閾値 P o への到達に基いて電池セル 6 2 に加わっている拘束荷重が低減された後に行なわれる。この拘束荷重の低減により、負極活物質からの電解液の流出量が少なくなる。すなわち、電池セル 6 2 の不可逆劣化の進行が緩やかになる。このように、不可逆劣化の進行が緩やかになるようにした状態で、セル内圧の上昇率を判定して電池セル 6 2 内の電解液の残存量を判断するから、この判断の度に電池セル 6 2 の不可逆劣化が進んでしまうことが軽減される。また、負極活物質からの電解液の流出量が少なくなっている状態で、電解液の残存量を判断することにより、E C U 7 0 は、電解液の補充タイミングを精度良く判断できる。

40

【 0 0 6 8 】

図 9 は、自動車がサービスに入庫し、電解液が電池セル 6 2 へ注液される際の手順を示している。スタート後のステップ S 2 1 において、サービスの担当者によって、電解液補充スイッチ 5 4 がオン操作されたか判定される。オン操作されていない場合、プロセスはステップ S 2 1 を繰り返す。オン操作された場合、プロセスはステップ S 2 2 へ移行し、E C U 7 0 は、拘束荷重可変機構 8 1 を通じて、電池モジュール 6 0 の拘束力を解除する。

【 0 0 6 9 】

続くステップ S 2 3 において、サービスの担当者は、電池セル 6 2 へ電解液を注入する作業を行う。前述したように、電解液の注液が喚起された後は、電池モジュール 6 0 の SOC が相対的に低くされかつ、電池モジュール 6 0 に対する拘束力も解除されている。電

50

池モジュール60のSOCが低いことにより、電極捲回体の膨張が抑制されているため、電解液は電池セル62へ速やかに注液できる。また、拘束力が解除されていることも、電解液の注液を促進する。このため、電池セル62への電解液の注液作業が、速やかに完了する。電池セル62への電解液の注液が完了すれば、サービスの担当者は電解液補充スイッチ54をオフにする。

【0070】

ステップS24において、ECU70は、電解液補充スイッチ54がオフになったか否かを判断する。オフにならない場合、プロセスはステップS23に戻り、オフになった場合、プロセスはステップS25へ移行する。

【0071】

ステップS25において、ECU70は、放置喚起表示部57を通じて、サービスの担当者に対し、自動車を動かすことなく所定時間放置することを喚起する。この間に、電解液は電極へ浸透する。

【0072】

ステップS26において、ECU70は、所定時間が経過したか否かを判断する。所定時間が経過していない場合、プロセスはステップS29へ移行し、ECU70は、スタートスイッチ51がONになったか否かを判断する。スタートスイッチ51がONになっていない場合、プロセスはステップS25へ戻って所定時間が経過することを待つ。スタートスイッチ51がONになった場合、プロセスはステップS28へ移行し、電池モジュール60に対して拘束力が付与されるよう、ECU70は、拘束荷重可変機構81のモータ85を動かす。この場合、所定時間が経過しておらず、大電流での充放電を行うと、電池モジュール60の不可逆劣化が進行する恐れがあるため、図8のステップS10において行った電流制限を解除しない。尚、電流制限はその後、所定のタイミングで解除される。

【0073】

一方、ステップS26において所定時間が経過した場合、プロセスはステップS27へ進み、ECU70は、図8のステップS10において行った電流制限を解除しかつ、ステップS28において、ECU70は、拘束荷重可変機構81を通じて、電池モジュール60へ拘束力を付与する。

【0074】

(変形例)

図8の制御手順では、大電流充放電の継続時間の閾値を予め固定値として定めている。大電流充放電によって電池の不可逆劣化が始まるタイミングは、電池の経年劣化の状態や、電流値、温度等によって異なる。そのため、大電流充放電の継続時間の制御で不可逆劣化を避けるためには、固定値である設定閾値は、図4に例示するように、理想閾値に対して、相当な余裕をもって設定しなければならない。つまり、継続許可時間は短くなってしまふ。この場合、車両の運転状況によっては電流制限の介入頻度が高くなり、例えば、電気自動車にあっては車両の加速運転が制限され、ハイブリッド車にあってはエンジン駆動を強いられて燃費の悪化を招くことになる。

【0075】

前述の通り、不可逆なハイレート劣化を生じ始めるタイミングは一定ではなく、大電流充放電のサイクル数が増大するにつれて、そのタイミングは早くなっていく(図6参照)。不可逆なハイレート劣化を生じ始めるタイミングと電池セル62の内圧が急激に上昇し始めるタイミングに相関関係があるため、電池セル62の内圧を監視することによって、ECU70は、不可逆なハイレート劣化の兆しを判定できる。ECU70が、その判定に基づいて、大電流充放電の継続許可時間を更新すれば、図4に「理想閾値」として例示する閾値を設定できる。この場合、継続許可時間をできるだけ長くしながら、不可逆なハイレート劣化が進行することを抑制できる。

【0076】

図10は、変形例に係る制御の流れを示す。スタート後のステップS31において、充放電電流値Iが取得され、続くステップS32において、充放電電流値Iが所定値I₀を

10

20

30

40

50

越えるか（大電流充放電）否かが判定される。

【0077】

ステップS32で大電流充放電と判定されたときはステップS33に進み、大電流充放電の継続時間が積算される。続くステップS34において、その積算値Tが第1閾値以上になった（No）と判定されると、ステップS35に進んで充放電の電流値Iが所定電流値 I_0 以下になるように電流制限される（大電流充放電の禁止）。尚、ここでの第1閾値は、後述するように、電池セル62の内圧変化に基づいて更新される。

【0078】

ステップS32で大電流充放電でないと判定されたときは、ステップS36に進んで車両の運転終了（SW-OFF）か否かが判定され、運転終了であれば当該制御は終了し、運転終了でなければ、ステップS31に戻って充放電電流値Iの取得が継続される。

10

【0079】

ステップS34において積算値Tが閾値に達していない（Yes）と判定されると、ステップS37に進んでセル反力Pが内圧閾値 P_0 に到達したか否かが判定される。到達しているときは、ステップS38に進んで電池セル62に加わっている拘束荷重が所定値低減される。そして、続くステップS39においてセル反力の上昇率Prが所定値 P_{ro} 以上になったか否かが判定される。

【0080】

セル反力の上昇率Prが所定値 P_{ro} 以上になったときは、ステップS310に進む。ステップS310において、ECU70は、積算値Tが第2閾値未満であるか判定する。第2閾値は、電池セル62内の電解液の残存量に関係する閾値であり、電池セル62内の電解液の残存量が少ないか否かを判定するための閾値である。第2閾値は、例えば図4又は図6の設定閾値（固定値）としてもよい。尚、第2閾値は、第1閾値よりも小さい。

20

【0081】

ステップS310において、積算値Tが第2閾値未満であれば、充放電継続時間が所定時間未満である場合において、セル反力の上昇率Prが所定値 P_{ro} 以上になっている。プロセスはステップS311に進んで、ECU70は、充放電の電流値Iが所定電流値 I_0 以下になるように電流制限する（大電流充放電の禁止）。また、続くステップS312において、補充喚起表示部55は、自動車のユーザーに電解液の補充を喚起し、ステップS313において、目標SOC表示部56は、目標SOCが低く設定されることを、ユーザーに報知する。ECU10はまた、電池モジュール60のSOCが相対的に低くなるよう、電池モジュール60の充放電を制御する。

30

【0082】

一方、ステップS310において、積算値Tが第2閾値以上であれば、プロセスはステップS314に進む。この場合は、電解液の補充は不要であるものの、不可逆のハイレート劣化が進行する恐れがあるため、ECU70は、充放電の電流値Iが所定電流値 I_0 以下になるように電流制限し、続くステップS315において、セル反力の上昇率Prが所定値 P_{ro} 以上になった時点までの大電流充放電継続時間の積算値Tに基づいて、その積算値Tよりも所定時間短い時間（すなわち、少し短い時間）が大電流充放電の継続を許可する第1閾値として更新される。併せて、セル反力Pの内圧閾値 P_0 として、今回の閾値よりも所定値高い圧が設定される。

40

【0083】

また、ステップS37においてセル反力Pが内圧閾値 P_0 に到達していないとき、及び、ステップS39においてセル反力の上昇率Prが所定値 P_{ro} 以上になっていないときはそれぞれ、ステップS36に進んで車両の運転終了（SW-OFF）か否かが判定され、運転終了であれば当該制御は終了し、運転終了でなければ、ステップS31に戻る。

【0084】

この制御によれば、積算値Tが第2閾値以上でありかつ、セル反力Pの上昇率Prが所定値 P_{ro} 以上になった場合に、積算値Tよりも所定時間短い時間が大電流の充放電の継続を許可する時間閾値（つまり、第1閾値）として設定される。セル反力Pの上昇率Prが

50

所定値 P_{ro} 以上になった時点は、不可逆なハイレート劣化の兆しが現れた時点である。この閾値設定により、以降は不可逆なハイレート劣化の兆しが現れる少し手前で電流制限されることになる。大電流充放電によって不可逆なハイレート劣化が進むことを阻止する趣旨である。

【 0 0 8 5 】

セル内圧の監視によって不可逆なハイレート劣化の兆しを捉えて大電流充放電の継続許可時間閾値を設定するから、不可逆劣化を招かない限界に近い時間まで大電流充放電を継続することができるようになる。よって、大電流充放電の継続時間の管理による電流制限の介入頻度が少なくなる。このため、車両の燃費悪化を抑制することができる。

【 0 0 8 6 】

前記積算値 T に基づく大電流充放電の継続許可時間閾値の設定後の充放電において、その閾値に達するまでにセル反力 P の上昇率 P_r が所定値 P_{ro} 以上になったときは、その時点で電流制限され、その時点までの積算値 T に基いて新たな第 1 閾値が設定される。この場合の積算値 T は、先の時間閾値設定における積算値 T よりも時間的に短い。従って、セル反力 P の上昇率 P_r の監視による当該時間閾値の設定では、その設定の度に、大電流での充放電継続許可時間が少しずつ短くなっていくことになる。

【 0 0 8 7 】

また、前記制御では、前記拘束荷重を低下させるセル内圧閾値 P_o は、大電流充放電の継続許可時間閾値の設定（セル内圧の上昇率が所定値以上になったことの判定）の度に所定値高い値に変更される。図 6 に示すように、電池セル 6 2 はその劣化が進むにつれて内圧が高くなっていくから、この劣化に対応して内圧閾値 P_o を高めていく趣旨である。これにより、電池セル 6 2 の拘束荷重の低減を不必要に早めてしまうことが避けられ、電解液中のイオンの析出防止等の拘束効果が低下することが抑制される。

【 0 0 8 8 】

そして、前記制御でも、電池セル 6 2 の内圧 P の上昇率 P_r が所定値 P_{ro} 以上になるまでの積算時間 T が、第 2 閾値未満の短い時間である場合、ECU 7 0 は、電池セル 6 2 内の電解液が少なくなっていると推定して、電解液の補充をユーザーに喚起するから、適切なタイミングで電解液の補充を喚起できる。

【 符号の説明 】

【 0 0 8 9 】

- 1 0 0 ハイブリッド車（車両）
- 1 1 0 電池ユニット
- 6 0 電池モジュール
- 6 2 電池セル
- 6 7 面圧センサ（セル内圧検出器）
- 7 0 ECU（制御器）
- 8 1 拘束荷重可変機構

10

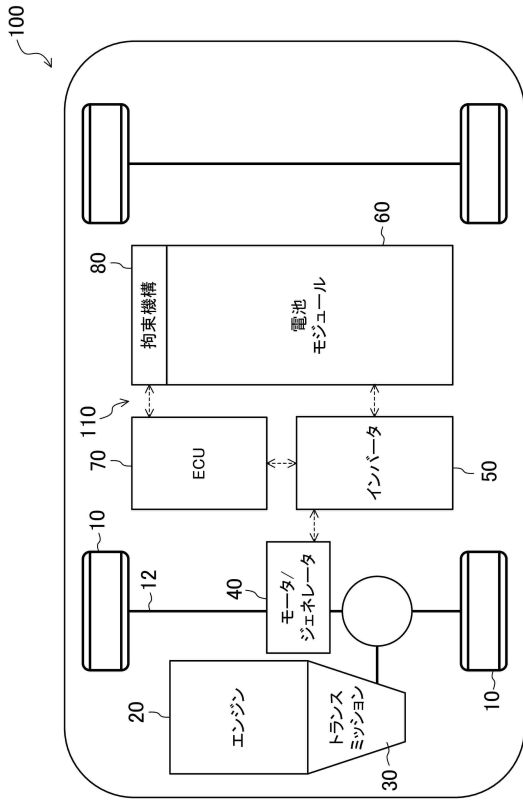
20

30

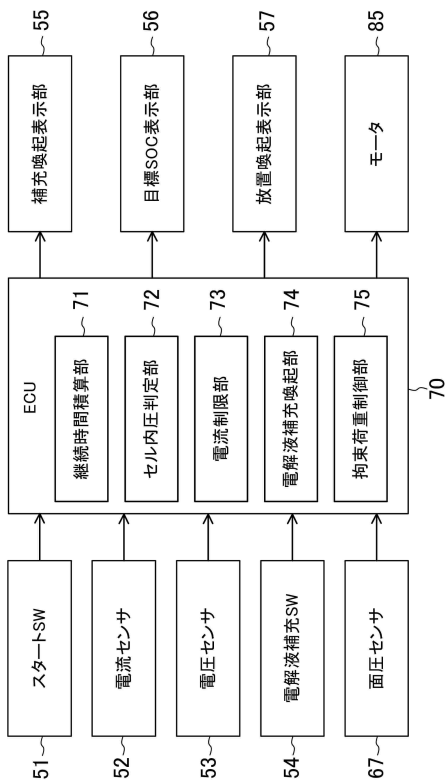
40

50

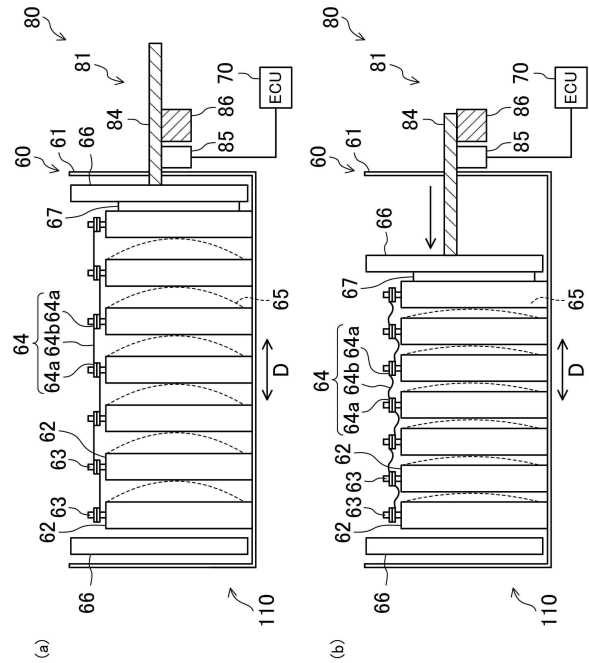
【図面】
【図 1】



【図 3】



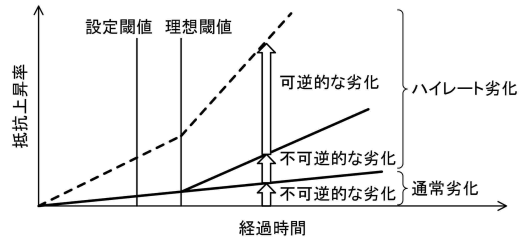
【図 2】



10

20

【図 4】

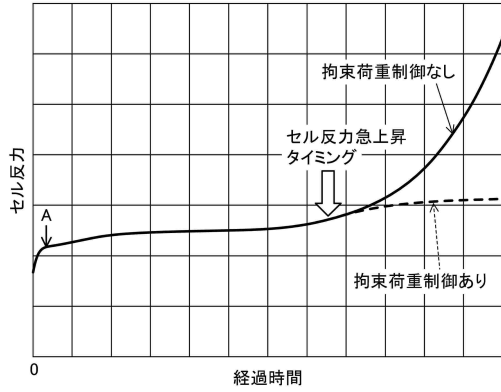


30

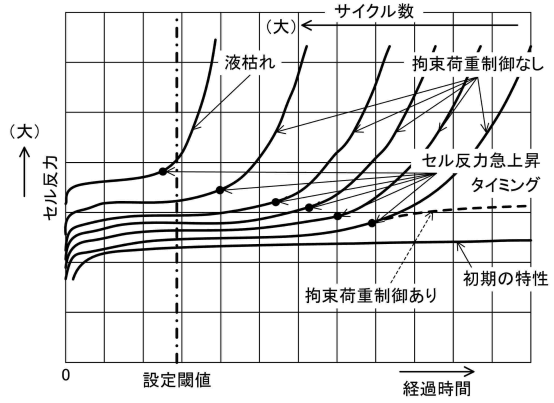
40

50

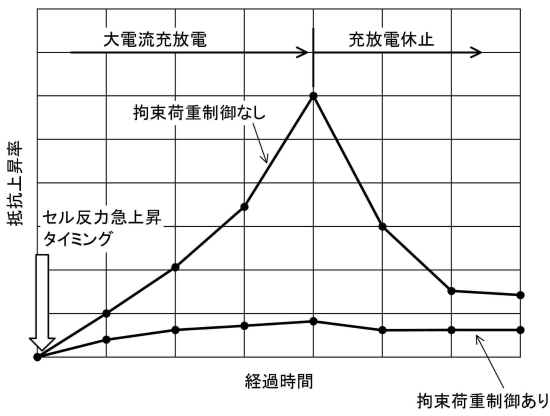
【図5】



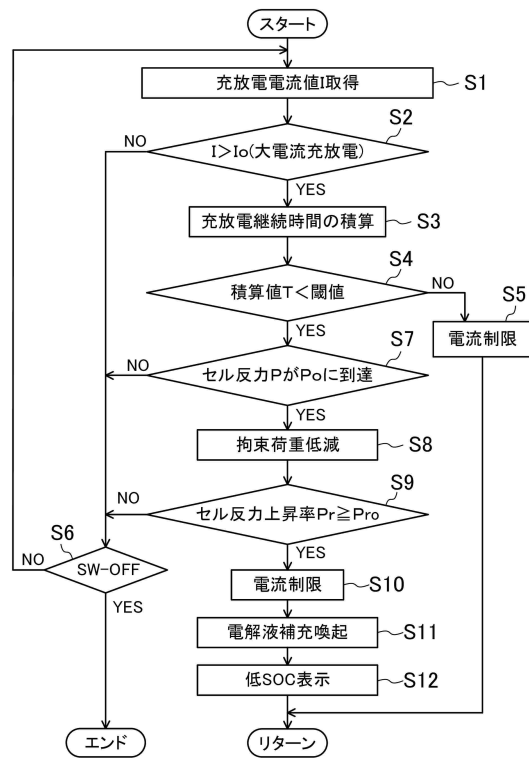
【図6】



【図7】



【図8】



10

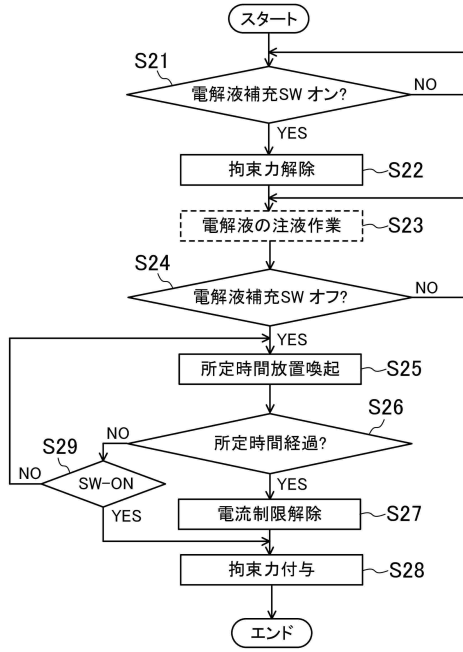
20

30

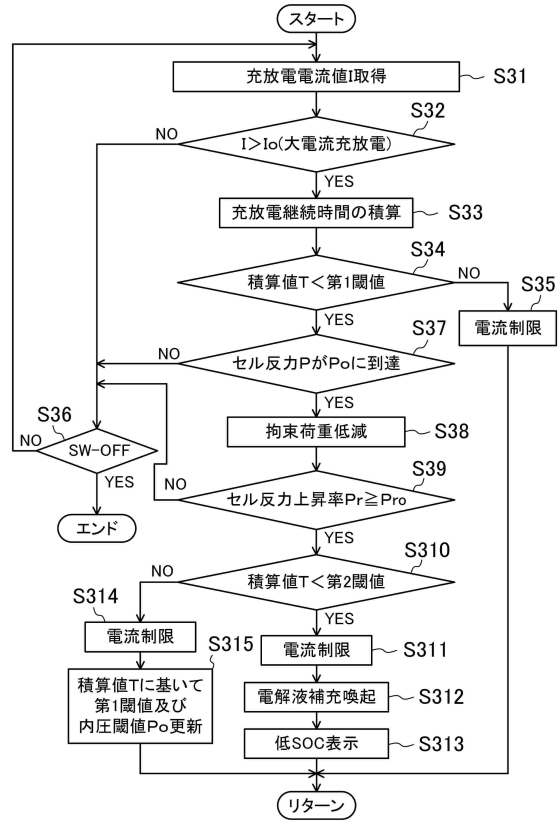
40

50

【図9】



【図10】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2016-035805(JP,A)
特開2013-045556(JP,A)
特開2019-185906(JP,A)
特開2018-129132(JP,A)
特開2014-053153(JP,A)
米国特許出願公開第2018/0040926(US,A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01M 10/48
H01M 10/44
H02J 7/00