

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6129701号
(P6129701)

(45) 発行日 平成29年5月17日(2017.5.17)

(24) 登録日 平成29年4月21日(2017.4.21)

| (51) Int. Cl. | | | F I | | |
|---------------|--------------|------------------|------|-------|---|
| HO2J | 7/04 | (2006.01) | HO2J | 7/04 | A |
| HO2J | 7/00 | (2006.01) | HO2J | 7/00 | P |
| HO2J | 7/34 | (2006.01) | HO2J | 7/34 | B |
| HO2J | 7/02 | (2016.01) | HO2J | 7/02 | F |
| B60L | 11/18 | (2006.01) | B60L | 11/18 | C |

請求項の数 18 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2013-195987 (P2013-195987)
 (22) 出願日 平成25年9月20日(2013.9.20)
 (65) 公開番号 特開2015-61496 (P2015-61496A)
 (43) 公開日 平成27年3月30日(2015.3.30)
 審査請求日 平成28年3月16日(2016.3.16)

(73) 特許権者 000003078
 株式会社東芝
 東京都港区芝浦一丁目1番1号
 (74) 代理人 100107582
 弁理士 関根 毅
 (74) 代理人 100117787
 弁理士 勝沼 宏仁
 (74) 代理人 100118876
 弁理士 鈴木 順生
 (74) 代理人 100103263
 弁理士 川崎 康
 (72) 発明者 ポール トボン
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社
 東芝内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 充電管理装置、充電管理システムおよび充電管理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

充電ステーションで各EV車を充電するのに必要なEV情報を取得する第1取得部と、
 前記充電ステーションに設置される定置型蓄電池の最大出力電力を含む定置型蓄電池情
 報を取得する第2取得部と、

前記充電ステーションにて各EV車の充電に利用可能な系統電力からの供給電力情報を
 取得する第3取得部と、

前記充電ステーションに設置される充電器の最大出力電力を含む充電器情報を取得する
 第4取得部と、

前記第1乃至第4取得部にて取得した各情報に基づいて、前記充電ステーションにて各
 EV車に充電可能な充電量を示す予備充電量を計算する予備充電量計算部と、

前記充電器の最大出力電力とEV車の充電時間とを入力パラメータとして、EV車の最
 大充電量を出力するEV充電モデルを格納するEV充電モデル格納部と、

一定の制約条件を満たした上で、各EV車の充電時間および前記充電器の最大出力電力
 がそれぞれ一定の範囲内となり、かつ各EV車の最大充電量と前記予備充電量との差分が
 より小さくなる充電条件を決定する充電条件決定部と、を備える充電管理装置。

【請求項2】

充電待ちの各EV車の要求充電量と電池残存量との少なくとも一方に基づいて、前記充
 電条件決定部にて決定された各EV車の最大充電量を調整する充電量調整部を備える請求
 項1に記載の充電管理装置。

10

20

【請求項 3】

前記充電量調整部は、前記充電条件決定部にて決定された各EV車の最大充電量のうち、要求充電量を上回った剰余充電量を、要求充電量を上回らなかった各EV車に比例的に配分して、各EV車の最大充電量を調整する請求項 2 に記載の充電管理装置。

【請求項 4】

前記制約条件は、各EV車が要求する要求充電時間に関する制約条件と、前記定置型蓄電池に要求する要求放電電力に関する制約条件と、前記定置型蓄電池に要求する要求放電量に関する制約条件と、各EV車の充電待ち時間に関する制約条件との少なくとも一つを含む請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の充電管理装置。

【請求項 5】

前記EV充電モデルは、前記充電器の最大出力電力と、EV車の充電時間と、EV車の電池に関する情報と、EV車の電池残存量とを入力パラメータとして、EV車の最大充電量を出力する請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の充電管理装置。

【請求項 6】

前記充電器の最大出力電力とEV車の充電時間とを入力パラメータとして、EV車の最大充電量および前記定置型蓄電池の必要放電量を出力する定置型蓄電池放電モデルを格納する定置型蓄電池放電モデル格納部を備え、

前記充電条件決定部は、前記制約条件を満たすように、前記EV充電モデル、前記定置型蓄電池放電モデルおよび前記予備充電量に基づいて、前記充電条件を決定する請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の充電管理装置。

【請求項 7】

前記充電条件決定部は、

設定された前記入力パラメータに対応するEV車の最大充電量を前記EV充電モデルから取得して、前記制約条件を満たすか否かをチェックする第 1 チェック部と、

前記制約条件を満たす場合には、前記EV充電モデルから取得した最大充電量が事前に設定した最大充電量より前記予備充電量に近いかなかを判定する第 2 チェック部と、

前記EV充電モデルから取得した最大充電量の方が前記予備充電量に近い場合には、前記入力パラメータに基づいて、EV車の最大充電量および充電時間と、前記充電器の最大出力電力とを更新するパラメータ更新部と、

事前に設定した最大充電量の方が前記予備充電量に近い場合、または前記パラメータ更新部による更新が終了した場合に、新たに選択された入力パラメータに含まれるEV車の充電時間が予め定めた第 1 下限値未満かなかをチェックする第 3 チェック部と、

前記第 1 下限値未満でない場合には、前記第 1 チェック部のチェックを再度行い、前記第 1 下限値未満の場合には、前記新たに選択された入力パラメータに含まれるEV車の最大充電量が予め定めた第 2 下限値未満かなかをチェックする第 4 チェック部と、を有し、

前記第 2 下限値未満でない場合には、前記第 1 チェック部のチェックを再度行い、前記第 2 下限値未満の場合には、前記パラメータ更新部で最後に更新されたEV車の最大充電量および充電時間と、前記充電器の最大出力電力とを含む前記充電条件を決定する請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の充電管理装置。

【請求項 8】

前記充電条件決定部は、前記充電ステーションにて充電待ちをしている 1 台以上のEV車を含む充電待ちグループ内の各EV車の最大充電量および充電時間と、前記充電器の最大出力電力とを決定するとともに、前記充電ステーションに到着予定の 1 台以上のEV車を含む予測到着グループ内の各EV車の最大充電量および充電時間と、前記充電器の最大出力電力とを決定する請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の充電管理装置。

【請求項 9】

各EV車の走行径路情報および前記充電ステーションの周辺にある充電場所情報を取得する径路周辺情報取得部を備え、

前記予備充電計算部は、前記走行径路情報および充電場所情報に基づいて、充電待ちおよび到着予定の各EV車の必須充電量を計算し、この必須充電量を考慮に入れて、充電待

10

20

30

40

50

ちおよび到着予定の各EV車の前記予備充電量を計算する請求項1乃至8のいずれかに記載の充電管理装置。

【請求項10】

前記予備充電計算部は、充電待ちのEV車の前記充電ステーションから先の走行経路が不明な場合、前記充電ステーションの周辺にある充電場所のうち、最遠方の充電場所まで当該EV車が走行するのに必要な電力に基づいて前記必須充電量を計算する請求項9に記載の充電管理装置。

【請求項11】

前記予備充電計算部は、充電待ちのEV車の電池残存量を取得できない場合、当該EV車の電池残存量が下限値であるとして前記必須充電量を計算する請求項9に記載の充電管理装置。

10

【請求項12】

前記予備充電計算部は、充電待ちEV車の電池残存量と、EV車の車両タイプと、事前の充電予約の有無との少なくとも一つに基づいて、各EV車に重みを付けた上で前記予備充電量を計算する請求項1乃至11のいずれかに記載の充電管理装置。

【請求項13】

新たに充電ステーションに到着したEV車に対して、提供可能な最大充電量および最大充電時間を含む充電情報と、充電待ちEV車の台数、充電待ち時間およびエネルギー価格の少なくとも一つを含む充電サービス情報とを提供する充電情報出力部を備える請求項1乃至12のいずれかに記載の充電管理装置。

20

【請求項14】

前記充電情報出力部は、前記充電ステーションに設置される表示装置と、EV車の車内の表示部との少なくとも一方に前記充電情報を提供する請求項13に記載の充電管理装置。

【請求項15】

前記EV情報は、充電中のEV車の場合、充電終了までの残り時間および残り供給充電量の少なくとも一つを含み、充電待ちのEV車の場合、EV台数、電池残存量およびEVタイプの少なくとも一つを含み、到着予定EV車の場合、EV台数を含む請求項1乃至14のいずれかに記載の充電管理装置。

【請求項16】

30

それぞれがEV車の充電を行う充電器および定置型蓄電池を備えた複数の充電ステーションと、

前記複数の充電ステーションの周辺を走行しているEV車のそれぞれについて、充電すべき充電ステーションを決定するとともに、決定した充電ステーションでの充電量を管理する管理部と、を備え、

前記複数の充電ステーションのそれぞれは、

当該充電ステーションで各EV車を充電するのに必要なEV情報を取得する第1取得部と、

当該充電ステーションに設置される定置型蓄電池の最大出力電力を含む定置型蓄電池情報を取得する第2取得部と、

40

当該充電ステーションにて各EV車の充電に利用可能な系統からの供給電力情報を取得する第3取得部と、

前記充電ステーションに設置される充電器の最大出力電力を含む充電器情報を取得する第4取得部と、

前記第1乃至第4取得部にて取得した各情報に基づいて、前記充電ステーションにて各EV車に充電可能な充電量を示す予備充電量を計算する予備充電量計算部と、

前記充電器の最大出力電力とEV車の充電時間とを入力パラメータとして、EV車の最大充電量または前記定置型蓄電池の必要放電量を出力するEV充電モデルを格納するEV充電モデル格納部と、

一定の制約条件を満たした上で、各EV車の充電時間および前記充電器の最大出力電力

50

をそれぞれ一定の範囲内となり、かつ各EV車の最大充電量と前記予備充電量との差分がより小さくなる充電条件を決定する充電条件決定部と、を有する充電管理システム。

【請求項17】

前記管理部は、

前記複数の充電ステーションの周辺を走行しているEV車の走行経路およびEV車のEV情報を取得する第5取得部と、

前記第5取得部で取得した走行経路と、前記複数の充電ステーションの場所とに基づいて、EV車の走行経路上の充電ステーションを抽出する抽出部と、

EV車が前記抽出部で抽出した各充電ステーションまで走行するのに必要な必須充電量と走行時間とを計算する充電条件計算部と、

前記抽出部で抽出した各充電ステーションにおける充電サービス情報を取得する第6取得部と、

EV車の電池残存量を取得または見積もる第7取得部と、

前記充電条件計算部で計算した必須充電量および走行時間と、前記第6取得部で取得した充電サービス情報と、前記第7取得部で取得または見積もった電池残存量と、を入力パラメータとして、所定の評価関数を用いて、EV車が充電を行うべき充電ステーションを決定するEMS決定部と、を有する請求項16に記載の充電管理システム。

【請求項18】

充電ステーションで各EV車を充電するのに必要なEV情報を取得するステップと、

前記充電ステーションに設置される定置型蓄電池の最大出力電力を含む定置型蓄電池情報を取得するステップと、

前記充電ステーションにて各EV車の充電に利用可能な系統電力からの供給電力情報を取得するステップと、

前記充電ステーションに設置される充電器の最大出力電力を含む充電器情報を取得するステップと、

取得した前記EV情報、前記定置型蓄電池情報、前記供給電力情報および前記充電器情報に基づいて、前記充電ステーションにて各EV車に充電可能な充電量を示す予備充電量を計算するステップと、

前記充電器の最大出力電力とEV車の充電時間とを入力パラメータとして、EV車の最大充電量を出力するEV充電モデルを格納するステップと、

一定の制約条件を満たした上で、各EV車の充電時間および前記充電器の最大出力電力をそれぞれ一定の範囲となり、かつ各EV車の最大充電量と前記予備充電量との差分がより小さくなる充電条件を決定するステップと、を備える充電管理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、電気自動車の充電管理を行う充電管理装置、充電管理システムおよび充電管理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

電気自動車(EV車:Electric Vehicle)の充電のとき、バッテリーの残存量によって要求充電電力が変わるので、個々の充電ステーションごとにEV車の充電需要が変動する。充電ステーションで消費する電力の変動は電力システムの安定化に悪い影響を与えるので、利用可能な電力に基づいて充電器の出力を調整して充電需要を平準化する必要がある。

【0003】

一方、EV充電は時間がかかるので、充電ステーションでのEV車の充電待ち時間が長くなるおそれがある。充電待ち時間が長くなると、ドライバだけでなく、充電ステーション周辺の交通状況にも悪影響を与えるので、充電待ち時間をできるだけ削減する必要がある。

【0004】

10

20

30

40

50

複数のEV車や蓄電池を同時に充電する場合、契約電力を超えないように充電電力パターンを作成して、そのパターンに基づいて充電を行う手法が知られている。しかしながら、各EV車のバッテリーや蓄電池の残存量によって、要求充電電力値は変わるので、電力系統に与える充電負荷が変動するという問題がある。

【0005】

また、定置型蓄電池を用いて電力需要のピークシフトを行うことはできるが、蓄電池を用いたとしても、各EV車の充電量および充電電力を調整しないと、充電待ち時間が長くなったり、充電負荷が契約電力を超えてしまうおそれがある。また、充電待ち時間を少なくするために、各EV車への充電量を少なくすると、頻繁に充電を強いられたり、走行途中で電欠を起こすおそれがある。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開P2012-205425号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本実施形態が解決しようとする課題は、充電ステーションにおける充電需要を平準化して、EV車の充電待ち時間を短縮しつつEV車への充電量をできるだけ多くすることが可能な充電管理装置、充電管理システムおよび充電管理方法を提供することである。

20

【課題を解決するための手段】

【0008】

本実施形態によれば、充電ステーションで各EV車を充電するのに必要なEV情報を取得する第1取得部と、

前記充電ステーションに設置される定置型蓄電池の最大出力電力を含む定置型蓄電池情報を取得する第2取得部と、

前記充電ステーションにて各EV車の充電に利用可能な系統電力からの供給電力情報を取得する第3取得部と、

前記充電ステーションに設置される充電器の最大出力電力を含む充電器情報を取得する第4取得部と、

30

前記第1乃至第4取得部にて取得した各情報に基づいて、前記充電ステーションにて各EV車に充電可能な充電量を示す予備充電量を計算する予備充電量計算部と、

前記充電器の最大出力電力とEV車の充電時間とを入力パラメータとして、EV車の最大充電量を出力するEV充電モデルを格納するEV充電モデル格納部と、

一定の制約条件を満たした上で、各EV車の充電時間および前記充電器の最大出力電力をそれぞれ一定の範囲となり、かつ各EV車の最大充電量と前記予備充電量との差分がより小さくなる充電条件を決定する充電条件決定部と、を備える充電管理装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0009】

40

【図1】第1の実施形態に係る充電管理装置1の概略構成を示すブロック図。

【図2】充電条件決定部8の概略的な処理動作を示すフローチャート。

【図3】EV充電モデルを表すテーブルの一例を示す図。

【図4】EV充電モデルを表すテーブルの他の一例を示す図。

【図5】充電条件決定部8の詳細な処理動作を説明するフローチャート。

【図6】充電器の最大出力電力 C_{Pm} 、EV車の最大充電量 E_{max} および最大充電時間 C_{Tm} の決定の仕方の一例を示す図。

【図7】充電量調整部9が行う充電量調整の一例を説明する図。

【図8】充電情報出力部10が出力するEV充電情報と充電サービス情報の一例を示す図。

50

【図 9】過去の充電データの一例を示す図。

【図 10】充電予約データの一例を示す図。

【図 11】EV台数のODデータの例を示す図。

【図 12】第 2 の実施形態に係る充電管理装置 1 の概略構成を示すブロック図。

【図 13】第 2 の実施形態に係る充電条件決定部 8 の処理動作を示すフローチャート。

【図 14】予備充電計算部を省略した充電管理装置 1 の概略構成を示すブロック図。

【図 15】定置型蓄電池放電モデルの一例を示すテーブルを示す図。

【図 16】複数の充電ステーション 2 1 と上位 EMS 2 2 とを備えた充電管理システム 2 3 の概略構成を示すブロック図。

【図 17】第 4 の実施形態に係る上位 EMS 2 2 の処理動作を示すフローチャート。

10

【図 18】複数の充電ステーション 2 1 及び充電量を決定する一手法を説明する図。

【図 19】遺伝的アルゴリズムを用いて複数充電ステーション 2 1 及び充電量を決定する例を示すフローチャート。

【図 20】図 19 の処理の過程を説明する図。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、図面を参照して、本発明の実施形態を説明する。

【0011】

(第 1 の実施形態)

図 1 は第 1 の実施形態に係る充電管理装置 1 の概略構成を示すブロック図である。図 1 の充電管理装置 1 は、着目する時間内に到着する EV 車の台数を考慮して、充電待ちの各 EV 車に提供可能な最大充電量、最大充電電力 (= 充電器の最大出力)、および最大充電時間を決定するものである。その決定にあたって、本実施形態では、各 EV 車の充電待ち時間を削減するとともに、定置型蓄電池を有効利用することで、系統電力に与える EV 車の充電負荷を平準化させる。ここで、EV 車とは、電池を動力源とするモータで駆動する二輪以上のすべての車両を指す。

20

【0012】

図 1 の充電管理装置 1 は、例えば充電ステーションに設置される。あるいは、充電管理装置 1 が充電ステーションと通信ネットワークを介して各種情報の送受ができる場合には、充電管理装置 1 の設置場所は特に問わない。

30

【0013】

図 1 の充電管理装置 1 は、電力管理システム 1 2、電池管理システム 1 3 および EV 充電管理システム 1 4 に接続されている。電力管理システム 1 2 には、系統電力システム 1 5 および分散型電源 1 6 が接続されている。電力管理システム 1 2 は、充電ステーションにおける系統電力システム 1 5 と分散型電源 1 6 の関連情報を保持し、充電ステーションの電力需給を把握および予測しながら、充電ステーションの電力需給に基づいて系統電力システム 1 5 および分散型電源 1 6 の出力を制御する。電池管理システム 1 3 には、少なくとも一台の定置型蓄電池 1 7 が接続されており、電池管理システム 1 3 は、定置型蓄電池 1 7 の充放電を管理する。EV 充電管理システム 1 4 には、少なくとも一台の充電器 1 8 が接続されている。EV 充電管理システム 1 4 は、充電器 1 8 の情報と EV 関連情報を保持し、充電管理装置 1 からの要求に応じて充電器 1 8 の充電出力電力を制御し、各 EV 車の充電を管理する。

40

【0014】

図 1 の充電管理装置 1 は、第 1 取得部 2 と、第 2 取得部 3 と、第 3 取得部 4 と、第 4 取得部 5 と、予備充電量計算部 6 と、EV 充電量モデル格納部 7 と、充電条件決定部 8 と、充電量調整部 9 と、充電情報出力部 10 とを備えている。

【0015】

第 1 取得部 2 は、充電ステーションで各 EV 車を充電するのに必要な EV 情報を取得する。より具体的には、第 1 取得部 2 は、充電ステーションにおける充電中、充電待ちおよび到着予定の各 EV 車のそれぞれについて、対応する EV 情報を取得する。第 1 取得部 2

50

は、新たなEV車が充電ステーションに到着すると、EV充電再計画イベントを発行して、着目する充電時間と、充電中、充電待ちおよび到着予定のEV車の情報を予備充電量計算部6に通知する。

【0016】

第1取得部2が取得するEV情報は、充電中のEV車の場合、充電終了までの残り時間と残り供給充電量情報の少なくとも一つを含む。充電待ちのEV車の場合のEV情報は、EV台数、電池残存量(取得可能な場合)、およびEVタイプ(取得可能な場合)の少なくとも一つを含む。到着予定EVの場合のEV情報は、EV台数などである。到着予定のEV情報は、例えば、過去充電履歴データ、充電予約データあるいは統計OD(出発地と到着地、Origin-Destination)データを用いて計算する。着目する充電時間を、一時間先あ

10

【0017】

第2取得部3は、充電ステーションに設置される定置型蓄電池17の最大出力電力を含む定置型蓄電器情報を取得する。定置型蓄電池情報は、定置型蓄電池残存量や仕様情報、例えば、最大放電電力、最大充電電力、残存量上下限值などである。

【0018】

第3取得部4は、充電ステーションにて各EV車の充電に利用可能な系統電力からの供給電力情報を取得する。供給電力情報は、現時点からT時間先までの供給電力情報、例えば、最大供給電力値の時系列データや電力量単価(¥/kWh)などである。この供給電力情報は、系統からの供給電力情報や分散型電源、例えば、分散型電源の発電予測情報や電力量単価のダイナミック・プライシングやデマンド・レスポンス(DR: Demand Response)計画などでもよい。

20

【0019】

第4取得部5は、充電ステーションに設置される充電器18の最大出力電力を含む充電器情報を取得する。より具体的には、第4取得部5は、充電ステーションに設置される充電器の数、使用状況および最大出力電力を含む充電器情報を取得する。この他、充電器情報は、充電器18の仕様情報、例えば、最大出力電力、最大出力電流、最大出力電圧、最大充電時間などを含んでいてもよい。

【0020】

予備充電量計算部6は、第1～第4取得部2～5にて取得した各情報に基づいて、充電ステーションにて各EV車に充電可能な充電量を示す予備充電量を計算する。

30

【0021】

EV充電量モデル格納部7は、充電器18の最大出力電力とEV車の充電時間とを入力パラメータとして、EV車の最大充電量を出力するEV充電量モデルを格納する。

【0022】

充電条件決定部8は、一定の制約条件を満たした上で、各EV車の充電時間および前記充電器の最大出力電力をそれぞれの規定の範囲内で種々変更して、各EV車の最大充電量と前記予備充電量との差分がより小さくなる充電条件を決定する。充電条件決定部8は、決定した各情報を充電情報出力部10に供給する。また、充電条件決定部8は、上述した各情報を決定すると、充電量調整部9に調整イベントを発行する。ここで、一定の範囲は、例えば事前に定めることができる。

40

【0023】

充電量調整部9は、調整イベントを受けて、充電条件決定部8が決定した各EV車の最大充電量を調整する。より具体的には、充電量調整部9は、各EV車の電池残存量を取得可能であれば、第1取得部2から充電待ちのEV車の電池残存量を取得し、また充電情報出力部10から各EV車の最大充電量の情報を取得する。そして、充電量調整部9は、充電待ちの各EV車の電池残存量に応じて、各EV車の最大充電量を調整する。ここでは、例えば、各EV車の充電量ができるだけ多くなるように調整する。充電量調整部9は、最大充電量の調整量に応じて各EV車の最大充電量と充電器18の最大出力電力を再決定す

50

るよう、充電条件決定部 8 に対して再決定イベントを発行する。このイベントを受けて、充電条件決定部 8 は、各 EV 車の最大充電量と充電器 18 の最大出力を再決定して、その情報を充電情報出力部 10 に格納する。充電量調整部 9 は、各 EV 車の電池残存量を取得できなければ、調整処理は行わない。

【0024】

次に、予備充電量計算部 6 が行う予備充電量の計算手法を説明する。予備充電量計算部 6 はまず着目する時間 T 以内に利用可能なエネルギー（ユニットは kWh）を例えば（1）式に従って計算する。

【0025】

【数 1】

$$\text{利用可能なエネルギー: } E(t_c) = \sum_{t=t_c}^{T+t_c} P_g(t) \times s / 3600 + E_{SSB}(t_c) - E_{charging}(t_c) \quad \dots (1)$$

【0026】

なお、ここで、 t_c は現在の時刻、 $P_g(t)$ は時刻 t の時系統からの供給電力（kW）、 s はサンプリング間隔（秒）、 $E_{SSB}(t_c)$ は定置型蓄電池 17 の残存量（kWh）、 $E_{charging}(t_c)$ は充電中 EV の充電完了までの要求エネルギー（kWh）である。

【0027】

予備充電量計算部 6 は、次に、充電待ちの EV 車と到着予定の EV 車の台数（ N ）の合計を計算し、計算した台数の合計 N を用いて、各 EV 車に提供可能な平均充電量を予備充電量 E_p として計算する。この場合の計算式は（2）式で表される。

【0028】

$$\text{予備充電量 } E_p = E(t_c) / N \quad \dots (2)$$

【0029】

予備充電量計算部 6 は、充電待ち EV 車の電池残存量と、車両タイプと、事前の充電予約の有無との少なくとも一つに基づいて、各 EV 車に重みを付けた上で、予備充電量を計算してもよい。例えば、次の充電ステーションまで走行するのに必要な必須充電量と現時点の電池残存量との比率を計算し、計算した比率に応じて重みを付けてもよい。あるいは、事前の充電予約を行った EV 車の重みを高くしてもよい。あるいは、緊急車両の重みを高くしてもよい。

【0030】

図 2 は充電条件決定部 8 の概略的な処理動作を示すフローチャートである。まず、予備充電計算部が計算した予備充電量 E_p を取得する（ステップ S1）。

【0031】

次に、第 1 取得部 2 から EV 情報を、第 2 取得部 3 から定置型蓄電器情報を、第 3 取得部 4 から供給電力情報、第 4 取得部 5 から充電器情報を、それぞれ取得する（ステップ S2）。EV 情報には、着目する充電時間が含まれているものとする。

【0032】

次に、EV 充電量モデル格納部 7 から、充電時間及び最大充電電力を入力パラメータとして最大充電量を出力する EV 充電量モデルを取得する（ステップ S3）。

【0033】

図 3 は EV 充電モデルを表すテーブル（以下、EV 充電モデル・テーブル）の一例を示す図である。図 3 の EV 充電モデル・テーブルは、充電時間（分）と充電器 18 の最大出力電力（kW）を入力パラメータとして、EV 車に提供可能な最大充電量（kWh）を出力する。

【0034】

図 3 の EV 充電モデル・テーブルは、EV タイプと EV 車の電池残存量が未知の場合に用いられる。一方、EV タイプと EV 車の充電状態 SOC (State Of Charge) が既知の場合は、例えば図 4 のような EV 充電モデル・テーブルが用いられる。図 4 の EV 充電モ

10

20

30

40

50

ル・テーブルは、充電時間、EVタイプ、充電器18の最大出力電力、およびEV車への最大充電量を入力パラメータとして、各EV車に提供可能な最大充電量を出力する。EVタイプとは、EV車に搭載される電池の種類であり、図4では、簡易的にEVタイプを「A」としている。

【0035】

図3および図4における充電時間は、充電操作時間を含めた時間でもよい。ここで、充電操作時間とは、例えば、充電器18に接続または充電器18から遮断するのに要する時間や、充電のために駐車場から充電器18まで移動する時間などである。

【0036】

次に、充電器18の出力電力を最大値に初期化して、各EV車の予備充電量に応じて要求充電時間を抽出する(ステップS4)。最後に、要求充電時間と充電器18の出力電力をチューニングして、制約条件を満たす最大充電量、最大充電時間及び充電器最大出力電力を決定する(ステップS5)。

【0037】

制約条件は、例えば、以下の1~3の少なくとも一つである。あるいは、他の制約条件を設けてもよい。

【0038】

1. 要求充電時間の合計 着目する充電時間
2. 定置型蓄電池の要求放電電力 定置型蓄電池の最大出力
3. 定置型蓄電池の要求放電量 定置型蓄電池の電池残存量

【0039】

図5は充電条件決定部8の詳細な処理動作を説明するフローチャートである。まず、評価項目を決定し、評価用変数を初期化する(ステップS11)。評価項目は、例えば予備充電量に最も近い最大充電量、あるいは最短の充電待ち時間、あるいは予備充電量に最も近い最大充電量と最短の充電待ち時間両方である。評価項目として予備充電量に最も近い最大充電量を使う時、評価用変数として最大充電量 E_{max} と最大充電量変数 E_m を初期化する。例えば、 $E_{max} = 0$ 、 $E_m = E_p$ とする。ここで、 E_p は予備充電量である。評価項目として最短の充電待ち時間を使う時、評価用変数として最短充電待ち時間 CW_{min} と充電待ち時間 CW を初期化する。例えば、 $CW_{min} = \infty$ とする。ここで、無限大とは大きな数値である。充電待ち時間 CW を充電量 E_m が提供するときの充電待ち時間に初期化する。充電待ち時間の計算は後で説明する。

【0040】

次に、充電時間変数 C_T 、充電器18の最大出力電力変数 C_P 、充電器18の最大出力電力 C_{Pm} 、および最大充電時間 C_{Tm} を初期化する(ステップS12)。例えば、充電器最大出力電力変数 C_P は、EV充電モデル内の充電器出力の最大値(例えば、50kW)に初期化される。

【0041】

このとき、EV充電モデルを用いて、充電器18の最大出力電力変数 C_P と予備充電量 E_p に基づいてEV車の充電時間を計算して、計算した充電時間を充電時間変数 C_T に設定する。この処理は、 $C_T = M(C_P, E_p)$ で表される。

【0042】

充電時間変数 C_T は、EV充電モデルM内の充電時間の最大値(例えば30分)に初期化してもよい。また、充電器18の最大出力電力 C_{Pm} が最大出力電力変数 C_P に初期化され、最大充電時間 C_{Tm} が充電時間変数 C_T に初期化される。

【0043】

次に、EV充電モデルを用いて、最大出力電力変数 C_P と充電時間変数 C_T に対応する最大充電量変数 E_m を出力する(ステップS13)。この処理は、 $E_m = M(C_P, C_T)$ と表される。

【0044】

次に、所定の制約条件を満たすか否かを確認する(ステップS14、第1チェック部)

10

20

30

40

50

。ここでの制約条件は、例えば上述した1～3の少なくとも一つである。制約条件として、例えば、平均充電待ち時間 目標充電待ち時間を追加してもよい。

【0045】

制約条件を満たす場合、評価項目として使う上述した評価用変数の新値を計算する(ステップS15)。次に、評価用変数の新値はより良いか否かをチェックする(ステップS16、第2チェック部)。評価項目として予備充電量の最も近い最大充電量を使う時、最大充電量 E_m が最大充電量 E_{max} より予備充電量 E_p に近いか否か、すなわち、 $(E_p - E_m)$ $(E_p - E_{max})$ か否かをチェックする。評価項目として最短の充電待ち時間を使う時、充電待ち時間 CW が最短充電待ち時間 CW_{min} より短いか否か、すなわち、 $CW < CW_{min}$ か否かをチェックする。もし、評価用変数の新値はより良くない場合、充電時間を更新する(ステップS18)。この場合、 $C T$ $C T_{next}$ で表される。 $C T_{next}$ とは、EV充電モデルの次の充電時間である。

10

【0046】

一方、評価用変数の新値はより良い場合、評価用変数は評価用変数の新値に設定し、充電器18の最大出力電力、最大充電量および最大充電時間を更新する(ステップS17、パラメータ更新部)。この場合、 $C P_m$ $C P$ 、 E_{max} E_m 、 $C T_m$ $C T$ と表される。

【0047】

ステップS17の処理が終了すると、ステップS18の処理が行われる。ステップS18の処理が終了すると、充電時間変数 $C T$ は下限値より大きいか否かをチェックする(ステップS19、第3チェック部)。すなわち、このステップS19は、EV車の充電時間が既定の範囲内か否かをチェックする。ステップS19で充電時間変数 $C T$ が下限値より大きいと判定された場合は、ステップS13以降の処理が繰り返される。充電時間変数 $C T$ が下限値以下の場合には、充電器18の最大出力電力変数 $C P$ と充電時間変数 $C T$ を更新する(ステップS20)。この処理は、 $C P$ $C P_{next}$ 、 $C T$ $M(C P, E_p)$ と表される。ここで、 $C P_{next}$ は、EV充電モデル内の充電器18の次の最大出力電力である。

20

【0048】

次に、充電器18の最大出力電力変数 $C P$ は下限値より大きいか否かをチェックする(ステップS21、第4チェック部)。すなわち、このステップS21は、充電器18の最大出力電力が既定の範囲内か否かをチェックする。ステップS21で大きいと判定された場合には、ステップS13以降の処理が繰り返される。大きくない場合は、その時点での充電器18の最大出力電力 $C P_m$ 、最大充電量 E_{max} 、および最大充電時間 $C T_m$ を出力する(ステップS22)。

30

【0049】

図5のフローチャートでは、最大出力電力変数 $C P$ と充電時間変数 $C T$ について実行可能な解が新たに見つければ、ステップS17にて、充電器最大出力電力 $C P_m$ 、最大充電量 E_{max} 、充電時間 $C T_m$ は更新される。すなわち、実行可能な解が新たに見つかるまでは、充電器最大出力電力 $C P_m$ 、最大充電量 E_{max} 、充電時間 $C T_m$ の各値は保持される。

【0050】

最大出力電力変数 $C P$ は $C P_{limit}$ まで逐次減少していくが、実行可能な解が見つかるまでは、充電器最大出力電力 $C P_m$ 、最大充電量 E_{max} 、充電時間 $C T_m$ は変化しない。

40

【0051】

例えば、評価項目として予備充電量の最も近い最大充電量を使う時、予備充電量(E_p) = 8.0で、充電器最大出力電力 $C P$ が50, 45, 40, 30と逐次減少していき、充電時間が30分～1分の場合、EV充電モデルは、 4×30 のマトリックスになる。

【0052】

最大出力電力変数 $C P$ の値は、50, 45, 40, 30, -1と逐次減少し、 $C T$ の値は30, 29, 28, ..., 1, -1と逐次減少し、 $C P_{limit}$ は-1, $C T_{limit}$ は-1である。初期状態では、 $C P$ 50、 $C T$ 13、 E_{max} 0、 $C P_m$ 50、 $C T_m$ 13

50

である。

【0053】

実行可能解1は、充電器最大出力電力 = 50、充電時間 = 12分、充電量 = 7.8とする。また、実行可能解2は、充電器最大出力電力 = 45、充電時間 = 15分、充電量 = 7.6とする。

【0054】

図5のステップS19のチェック処理を19回繰り返すことにより、実行可能解1が見つかる。このとき、最大充電量 $E_m = 7.8$ 、最大出力電力変数 $CP = 50$ になる。したがって、 $(E_p - E_m) = 0.2$ 、 $(E_p - E_{max}) = 8.0 - 0 = 8.0$ になる。また、ステップS16にて、 $(E_p - E_m) < (E_p - E_{max})$ となるため、ステップS17の処理に進んで、 $CP_m = 50$ 、 $E_{max} = 7.8$ 、 $CT_m = 12$ となる。

10

【0055】

ステップS19のチェック処理を20～46回繰り返す間は、実行可能な解はないため、 CP_m 、 E_{max} 、 CT_m の更新は行われない。

【0056】

ステップS19のチェック処理を47回繰り返したときに、実行可能解2が見つかる。このとき、最大充電量 $E_m = 7.6$ 、最大出力電力変数 $CP = 45$ になる。したがって、 $(E_p - E_m) = 0.4$ 、 $(E_p - E_{max}) = 8.0 - 7.8 = 0.2$ になる。ステップS16では、 $(E_p - E_m) > (E_p - E_{max})$ となり、ステップS17の処理は行われない。

20

【0057】

ステップS19のチェック処理を125回繰り返したときに、ステップS21では、 $CP (= -1) < CP_{limit} (= -1)$ となり、ステップS22に進んで、充電器最大出力電力 (CP_m) として50kWが選択され、最大充電量 (E_{max}) として7.8kWhが選択され、充電時間 (CT_m) として12分が選択される。

【0058】

なお、図5のフローチャートでは、充電器最大出力電力 CP が CP_{limit} 未満になるまで、繰り返し処理を行う例を示しているが、ステップS17で充電器18の最大出力電力、最大充電量および最大充電時間を更新した時点で、図5の処理を終了してもよい。充電ステーションでは充電を行う際、最大充電量まで充電する時間はEV車の電池残存量によって異なるので、充電終了制約として最大充電量と最大充電時間両方を使う。そうでなければ、実際の充電を行うとき、上記の制約条件を満たさない恐れがある。このために、充電条件決定部8は充電器18の最大出力電力と最大充電量だけでなく、最大充電時間も決定する。

30

【0059】

図6は、充電器18の最大出力電力 CP_m 、EV車の最大充電量 E_{max} および最大充電時間 CT_m の決定の仕方の一例を示す図である。図6では、ある充電ステーションの契約電力が300kW、定置型蓄電池残存量は100kWh、充電器18の台数は10台としている。充電器18の可能な最大出力電力レベルは50kW、45kW、40kWの3種類としている。

40

【0060】

5時間以内に200台のEV車を充電したい場合、予備充電量計算部6が計算した予備充電量は、 $(300 \times 5 + 100) / 200 = 8$ kWhである。充電器18の最大出力電力が50kWの場合、各EVの要求充電時間は10分である。充電需要が契約電力より高い場合、定置型蓄電池17からの要求放電電力は200kWで、定置型蓄電池17の要求放電量は600kWh ($>$ 定置型蓄電池残存量) になるので、充電器最大出力電力を50kWに設定すると、EV充電は実現不可能である。

【0061】

充電器最大出力電力が45kWの場合、各EV車の要求充電時間は13分、充電需要が契約電力より高い場合、定置型蓄電池17の要求放電電力は150kWで、定置型蓄電池

50

17の要求放電量は300kWh(>定置型蓄電池残存量)になるので、充電器最大出力電力を45kWに設定すると、EV充電も実現不可能である。

【0062】

このように、充電器最大出力電力が50kWあるいは45kWの場合、実現可能なソリューションがない。

【0063】

一方、充電器最大出力電力が40kWの場合、充電量を7.8kWhに調整する、と各EV車の要求充電時間は15分、充電需要が契約電力より高い場合、定置型蓄電池17からの要求放電電力は100kW、定置型蓄電池17の要求放電量は60kWh(定置型蓄電池残存量)になるので、充電器最大出力電力を40kWに設定すると、EV充電は実現可能である。したがって、充電器最大出力電力(CPm)は40kWになり、最大充電時間(CTm)は15分になり、最大充電量(Emax)は7.8kWhになる。

【0064】

次に、充電量調整部9の処理動作を詳細に説明する。充電量調整部9は、各EV車の要求充電量情報(Edi)を取得して、各EV車の要求充電量に応じて供給充電量(=予備充電量, Ep)の調整を行う。このため、ニーズに応じて要求充電量を設定することができる。充電量調整部9は、優先度が高い充電待ちEVの要求充電量を高くする。ここで、要求充電量の設定の三つの例を挙げる。EV車のユーザが要求充電量値を入力できる場合、その入力値を要求充電量として使う。もし、EVユーザは要求充電量値を入力できない場合、各充電待ちEVの残存量情報を取得する。充電待ちの各EV車の上限充電量から残存量を減算して要求充電量を計算する。上限充電量の例は、80%SOC(State Of Charge)や満充電(=100%SOC)や30分充電などである。移動予定距離によって要求充電量を設定できる。要求充電量は、例えば(3)式で表される。

【0065】

$$\text{要求充電量 } E_{di} = \min(E_{capi} - E_{ri}, D_i \times F_{Ei}) \quad \dots (3)$$

【0066】

ここで、E_{capi}は充電待ちのEV_iの電池容量(kWh)またはEV_iの上限充電量、E_{ri}は充電待ちEV_iの電池残存量(kWh)、D_iは充電待ちEV_iの移動予定距離(km)、F_{Ei}は電費(消費エネルギー効率kWh/km)である。

【0067】

要求充電量に応じて、充電待ちEV車を二つのグループに分ける。第一グループは、各充電待ちEV車の要求充電量が最大充電量(Emax)より小さいグループである。第二グループは、各充電待ちEVの要求充電量が最大充電量(Emax)より大きいと同じグループである。第一グループの剰余充電量を第二グループの充電待ちEVに比例的に分配する。まず、(4)式に従って剰余充電量を計算する。E_{Vw}は充電待ちのEV車群である。

【0068】

【数2】

$$\text{剰余充電量: } E_s = \sum_{i \in EVw} \max(0, E_{max_i} - E_{d_i}) \quad \dots (4)$$

【0069】

次に、(5)式に従って、第2グループの充電待ちEV車に比例的に配分して各充電待ちEV車への供給充電量を計算する。

【0070】

【数3】

$$\text{供給充電量: } E_{as,i} = \min \left(E_{d_i}, E_{max_i} + \frac{E_s \times \max(0, E_{d_i} - E_{max_i})}{\sum_{i \in EVw} \max(0, E_{d_i} - E_{max_i})} \right) \quad \dots (5)$$

10

20

30

40

50

【 0 0 7 1 】

図7は充電量調整部9が行う充電量調整の一例を説明する図である。この例では、EV1, EV2, EV3, EV4の要求充電量はそれぞれ5kWh, 10kWh, 15kWh, 3kWhである。充電量調整部9は、充電条件決定部8が計算した最大充電量=5kWhを用いて、EV4の剰余充電量2kWh(=5kWh-3kWh)をEV2とEV3に比例的に分配する。この結果、EV2には5.67kWhが供給され、EV3には6.33kWhが供給される。

【 0 0 7 2 】

次に、充電情報出力部10が出力する充電情報について詳述する。

【 0 0 7 3 】

図8は充電情報出力部10が出力するEV充電情報と充電サービス情報の一例を示す図である。EV充電情報は、EVId、各EVの最大充電量(kWh)、各EVの充電時充電器最大出力電力(kW)、と充電時間(分)を含む。充電サービス情報は、時刻(現時点)、提供可能な最大充電量(kWh)、最大充電時間(分)、充電待ちEV台数、充電待ち時間(分)、エネルギー価格(¥/kWh)である。

【 0 0 7 4 】

充電待ち時間の計算は、充電条件決定部8が行ってもよい。充電条件決定部8が返す最大充電時間(CTm)を用いて、新着EVの充電待ち時間を計算する。充電待ち時間は、例えば(6)式に従って計算される。

【 0 0 7 5 】

【 数 4 】

$$\text{新着EV充電待ち時間: } WT = \frac{1}{n_{qc}} \sum_{i=1}^{N_w} CTm_i + \max_{j \in N_c}(CTr_j) \quad \dots (6)$$

【 0 0 7 6 】

(6)式において、Nwは充電待ちEV台数であり、CTmiは充電待ちEViの最大充電時間、nqcは充電器18の台数、Ncは充電中EV、CTriは充電中EVの充電完了までの時間である。充電サービス情報を電光掲示板やカーナビに表示することによってEVユーザーの充電行動をマニピュレートすることも可能である。

【 0 0 7 7 】

到着予定のEV車の台数は、過去の充電データ、充電予約データ、あるいはODデータを用いて予測することができる。図9は過去の充電データの一例を示す図である。このデータを用いて、着目する時間内のEV台数及び充電量需要を予測できる。

【 0 0 7 8 】

図10は充電予約データの一例を示す図である。このデータを用いて、着目する時間内に到着予定のEV車を抽出して、EV台数及び充電量需要を予測できる。

【 0 0 7 9 】

図11は、インターチェンジ(IC)あるいはジャンクション(JCT)からインターチェンジ(IC)あるいはジャンクションまでに移動するEV台数のODデータの例を示している。ODデータから充電ステーションを通過するEVデータを計算する。

【 0 0 8 0 】

ICあるいはJCTから充電ステーションまでの距離と他の充電ステーションの情報をを用いて、充電確率を計算する。例えば、充電ステーションまでの距離は40以上であり、充電ステーションは二ヶ所だったら、充電確率は0.5にする。充電ステーションを通過するEVデータあったら、着目する時間内に到着するEV車の台数は、以下の(7)式に従って計算する。

【 0 0 8 1 】

10

20

30

40

【数 5】

$$\text{予測到着EV台数} = \sum_i n_p(t) \times P_r(t) \quad \dots (7)$$

【0082】

ここで、 $n_p(t)$ と $P_r(t)$ はそれぞれ、時刻 t のときに通過するEV台数と充電確率である。

【0083】

このように、第1の実施形態では、充電待ちEV車の台数と到着予定のEV車の台数とを考慮に入れて、各EV車に提供可能な予備充電量を計算するとともに、EV充電モデルを用いて各EV車の最大充電量を求め、所定の制約条件を満たした上で、できるだけ充電時間を短縮し、かつできるだけ最大充電量を多くするような充電条件を見つけるため、充電待ちのEV車の台数を削減し、かつ系統電力からの供給電力の平準化を図ることができる。

10

【0084】

(第2の実施形態)

第2の実施形態は、充電待ちのEV車の必須充電量の合計量が予備充電量計算部6で計算した予備充電量の合計よりも高い場合の最大充電量の計算手法に特徴を持たせたものである。

【0085】

図12は第2の実施形態に係る充電管理装置1の概略構成を示すブロック図である。図12の充電管理装置1は、図1の構成に加えて、径路周辺情報取得部11を備えている。この径路周辺情報取得部11は、各EV車の走行経路情報と充電ステーションの周辺にある充電場所情報を取得する。

20

【0086】

第2の実施形態に係る予備充電量計算部6は、径路周辺情報取得部11が取得した情報を用いて、充電待ちEV車の必須充電量を計算する。予備充電量計算部6は、充電待ちEV車の走行経路が分かった場合、その走行経路に沿って目的地まで走行する間に他の充電場所があれば、その充電場所まで走行するのに必要なエネルギーを計算する。予備充電量計算部6は、その走行経路に沿って目的地まで走行する間に他の充電場所がない場合、目的地まで走行するのに必要なエネルギーを計算する。そして、予備充電量計算部6は、計算したエネルギーから充電待ちEVの電池残存量を減算して、充電待ちEVの必須充電量を計算する。もし、充電待ちEVの電池残存量を取得できない場合、予備充電量計算部6は、充電待ちEVの電池残存量を下限値、例えば、SOCの10%であると想定する。また、充電待ちEVの走行経路が分からなかった(unknown)場合、予備充電量計算部6は、この充電ステーションの周辺の他の充電場所の中から一番遠い充電場所、例えば、半径20kmまで移動するのに必要なエネルギーを計算する。

30

【0087】

その次に、予備充電量計算部6は、利用可能なエネルギーから充電待ちEVグループの合計必須充電量を減算して、到着予定EVグループの各EVの予備充電量を計算する。その後、充電条件決定部8は、充電待ちEVグループと到着予定EVグループの各EVの最大充電量、充電器最大出力電力、および最大充電時間を計算する。

40

【0088】

図13は第2の実施形態に係る充電条件決定部8の処理動作を示すフローチャートである。図13は評価項目として予備充電量に最も近い最大充電量を使って充電条件決定部8の処理動作を示しているが、図5で説明したように他の評価項目を使っても良い。図13のフローチャートを開始するにあたって、充電待ちEVグループの各EV車ごとに、必須充電量を変更せず、充電器18の最大出力電力とEV車の最大充電時間を計算する。また、到着予定EVグループの各EV車ごとに、最大充電量、充電器最大出力電力、および最大充電時間を計算する。

50

【 0 0 8 9 】

充電条件決定部 8 はまず、充電待ち E V グループの各 E V パラメータ、例えば、充電時間変数 (C T i)、充電器最大出力電力変数 (C P i)、最大充電量 (E max i)、充電器最大出力電力 (C P m i)、および最大充電時間 (C T m i) を初期化する (ステップ S 3 1)。最大充電量 (E max i) は必須充電量に設定する。

【 0 0 9 0 】

次に、到着予定 E V グループの各 E V の充電時間変数 (C T)、充電器最大出力電力変数 (C P)、最大充電量 (E max)、充電器最大出力電力 (C P m)、および充電時間 (C T m) を初期化する (ステップ S 3 2)。充電器最大出力電力変数 (C P) は、E V 充電モデルの充電器出力の最大値、例えば、50(kW) に初期化する。

10

【 0 0 9 1 】

このステップ S 3 2 では、E V 充電モデル M を用いて、充電器最大出力電力変数 C P と予備充電量 E p に対応する充電時間を取得して、充電時間変数 (C T) に設定する。この処理は、 $C T = M (C P , E p)$ で表される。充電時間変数 (C T) は E V 充電モデル M の充電時間の最大値、例えば、30 分に初期化しても良い。最大充電量 (E max) は予備充電量 E p に初期化する。最大充電量 (E max) や充電器最大出力電力 (C P m) や最大充電時間 (C T m) をそれぞれ 0 と C P と C T に初期化する。

【 0 0 9 2 】

次に、E V 充電モデル M を用いて、充電待ちグループの各 E V ごとに、最大充電量 (E max i) と充電器最大出力電力 (C P m i) に応じて充電時間 C T i を抽出する (ステップ S 3 3)。この処理は、 $C T i = M (E max i , C P)$ で表される。

20

【 0 0 9 3 】

次に、E V 充電モデルを用いて、到着予定 E V グループの各 E V ごとに、C P と C T に応じて最大充電量 (E m) を得る (ステップ S 3 4)。この処理は、 $E m = M (C P , C T)$ で表される。ここでは、M は E V 充電モデルである。

【 0 0 9 4 】

次に、制約条件を満たすかどうかを確認する (ステップ S 3 5)。制約条件は、例えば上述した 1 ~ 3 の少なくとも一つである。

【 0 0 9 5 】

もし、制約条件を満たす場合、最大充電量 (E m) が E max より E p の近い値か否かをチェックする (ステップ S 3 6)。もし、E m が E max よりも E p に近ければ、充電待ちグループの各 E V のパラメータを更新する (ステップ S 3 7)。この処理は、 $C P m i = C P$ 、 $C T m i = M (C P , E max i)$ と表される。

30

【 0 0 9 6 】

次に、到着予定 E V グループの各 E V の充電器最大出力電力及び最大充電量を更新する (ステップ S 3 8)。この処理は、 $C P m = C P$ 、 $E max = E m$ 、 $C T m = C T$ と表される。

【 0 0 9 7 】

もし、制約条件を満たさない場合、あるいは最大充電量 (E m) は E p の近い値でない場合、充電時間を更新する (ステップ S 3 9)。この処理は、 $C T = C T next$ と表される。ここで、C T next は E V 充電モデル表の次の充電時間である。

40

【 0 0 9 8 】

その後、充電時間変数 (C T) が下限値より大きいか否かをチェックし (ステップ S 4 0)、大きければステップ S 3 3 に戻る。C T が下限値以下であれば、充電器最大出力電力変数 (C P) と充電時間変数 (C T) を更新する (ステップ S 4 1)。この処理は、 $C P = C P next$ 、 $C T = M (C P , E p)$ と表される。ここで、C P next は E V 充電モデル表の次の充電器最大出力電力である。

【 0 0 9 9 】

次に、充電器最大出力電力変数 (C P) は下限値より大きいか否かをチェックする (ステップ S 4 2)。もし、大きい場合、ステップ S 3 3 に戻る。大きくなければ、充電待ちグループの各 E V の最大充電量 (E max i)、充電器最大出力電力 (C P m i)、充電時間 (C T m i)

50

および到着予定EVグループの各EVの充電器最大出力電力(C P m)、最大充電量(E max)、および充電時間(C T m)を出力する(ステップS 4 3)。

【0100】

充電待ちEVの必須充電量合計は予備充電量計算部6での計算した予備充電量の合計より高い場合、最大充電量の調整は行わない。

【0101】

このように、第2の実施形態では、充電待ちEV車の走行経路上の充電ステーションまで走行するのに必要な必須充電量を計算し、この必須充電量を用いて予備充電量を計算する。よって、充電待ちEV車が目的地まで行く間に電池切れを起こすおそれなくなる。また、充電待ちEV車からなる充電待ちグループと、到着予定のEV車からなる到着予定グループとについて、充電条件決定部8が別個に処理を行って充電条件を決定するため、充電待ちグループに適した充電条件と、到着予定グループに適した充電条件とを設定できる。

10

【0102】

上述した第1および第2の実施形態における予備充電量計算部6の処理は、充電条件決定部8が行ってもよい。この場合、図14のブロック図に示すように、予備充電量計算部6が不要となる。

【0103】

(第3の実施形態)

図3および図4では、充電時間や充電器18の最大出力電力等の入力パラメータに基づいてEV車の充電量を出力するEV充電モデルの例を示したが、これらのEV充電モデルに加えて、入力パラメータに基づいて定置型蓄電池17からの必要放電量を出力する定置型蓄電池放電モデルを設けてもよい。

20

【0104】

図15は定置型蓄電池放電モデルの一例を示すテーブルである。図15のテーブルは、図3と同様に、EV車の充電時間と充電器18の最大出力電力を入力パラメータとして、定置型蓄電池17から必要放電量を出力する。この定置型蓄電池放電モデルは、例えば、充電管理装置1内の定置型蓄電池放電モデル格納部(不図示)に設けられる。

【0105】

図3や図4に示すEV充電モデルに加えて、定置型蓄電池放電モデルを設けることで、定置型蓄電池17をより効率よく利用して、各EV車の充電制御を行うことができる。

30

【0106】

(第4の実施形態)

以下に説明する第4の実施形態は、複数の充電ステーションを管理する上位EMSを設けるものである。

【0107】

図16は、第1～第3の実施形態で説明した充電管理装置1をそれぞれ内蔵する複数の充電ステーション21と、これら充電ステーション21を管理する上位EMS22とを備えた充電管理システム23の概略構成を示すブロック図である。

【0108】

上位EMS22は、複数の充電ステーション21の周辺を走行している各EV車について、充電すべき充電ステーション21を決定するとともに、決定した充電ステーション21での充電量を管理する。

40

【0109】

上位EMS22は、径路充電場所情報取得部24と、EV情報取得部25と、電費・走行情報取得部26と、充電情報提供部27と、充電誘導部28とを備えている。

【0110】

径路充電場所情報取得部24は、道路情報や充電場所の情報を取得して記憶する。EV情報取得部25は、充電待ちおよび到着予定のEV車のEV情報を取得して記憶する。電費・走行情報取得部26は、各EV車の平均電費と走行経路情報を取得して記憶する。充

50

電情報提供部 27 は、充電情報を提供する。充電誘導部 28 は、各 EV 車の充電場所を決定する。

【0111】

複数の充電ステーション 21 のそれぞれは、充電中および充電待ちの EV 車の情報に基づいて、提供可能な最大充電量、最大充電時間および充電器 18 の最大出力電力を計算して、これらの充電情報を上位 EMS 22 に伝送する。

【0112】

図 17 は第 4 の実施形態に係る上位 EMS 22 の処理動作を示すフローチャートである。まず、上位 EMS 22 内の充電誘導部 28 は、ある充電ステーション 21 に新着した EV 車の走行経路と電池情報を取得する（ステップ S51、第 5 取得部）。そして、充電誘導部 28 は、再 EV 充電スケジューリングイベントを開始する（ステップ S52）。

10

【0113】

充電誘導部 28 は、まず、径路充電場所取得部 24 からの径路・充電場所情報を用いて、新着 EV 車の走行経路上にある各充電ステーション 21 を抽出し（ステップ S53、抽出部）、抽出した各充電ステーション 21 までの必須充電量と到着時間を計算し（ステップ S54、充電条件計算部）、走行経路上にある各充電ステーション 21 EMS からの充電サービス情報を取得する（ステップ S55、第 6 取得部）。

【0114】

次に、新着 EV 車の電池残存量情報を想定あるいは取得して（ステップ S56、第 7 取得部）、充電待ち時間や電力システムに与える電気自動車の充電負荷の平準化や電欠なしで、目的地まで、一つ以上の充電ステーション 21 及び充電量を決定する（ステップ S57、EMS 決定部）。

20

【0115】

上位 EMS 22 は、充電誘導部 28 が決定した充電ステーション 21 及び充電量を新着 EV に提供する。すべての EV から充電情報を取得できないので、上位 EMS 22 の充電誘導部 28 は一定の間隔で各充電ステーション 21 EMS から充電サービス情報を収集して、充電情報出力部 10 の経路で充電情報を提供する（ステップ S58）。充電情報出力部 10 はカーナビやインターネットや ITS(Intelligent Transportation System) スポットや電光掲示板に表示する。

【0116】

次に、充電ステーション 21 及び充電量の決定手法を説明する。一つの充電ステーション 21 を選択する場合、新着 EV の電池残存量情報を用いて、走行経路上にある到着可能な第一充電ステーション 21 群を決定する。次に、現位置から目的地までの必須充電量を計算する。次に、下記の条件を満たす、第二充電ステーション 21 群を決定する。このとき、下記の (8) 式を満たすようにする。

30

【0117】

提供可能な充電量 + 新着 EV 電池残存量 - 現位置から目的地までの必須充電量 > 0
... (8)

【0118】

第二充電ステーション 21 群を決定する際、新着 EV の電池残存量の上下限値を考慮しても良い。この場合、現位置から第一充電ステーション 21 群の各充電ステーション 21 までの必須充電量と、その充電ステーション 21 から目的地までの必須充電量とを計算する。次に、下記の 1 と 2 の条件をとともに満たす、第二充電ステーション 21 群を決定する。

40

【0119】

1. 新着 EV 電池残存量 - 現位置から充電ステーション 21 までの必須充電量 新着 EV の電池残存量の下限値。

2. Min (新着 EV の電池残存量の上限値, 新着 EV 電池残存量 - 現位置から充電ステーション 21 までの必須充電量 + 提供可能な充電量) - 充電ステーション 21 から目的地までの必須充電量 新着 EV の電池残存量の下限値。

50

【 0 1 2 0 】

最後に、第二充電ステーション 2 1 群から充電待ち時間が一番短い充電ステーション 2 1 を決定する。

【 0 1 2 1 】

図 1 8 は複数の充電ステーション 2 1 及び充電量を決定する一手法を説明する図である。候補充電ステーション 2 1 の数が少ない場合、この手法は非常に有効である。まず、走行経路上にある充電ステーション 2 1 の組み合わせにより、候補充電場所リストを作成する。候補充電ステーション 2 1 が n 箇所の場合、候補充電場所は $2^n - 1$ になる。図 1 8 (a) の例では、候補充電ステーション 2 1 は 3 箇所であるため、候補充電場所の組合せは、 $2^3 - 1 = 7$ つである。よって、図 1 8 (b) に示すように、候補充電場所リストには 7 つの組合せがある。図 1 8 (b) の候補充電場所リストでは、 の付いた充電ステーション 2 1 を選択し、その充電ステーション 2 1 で提供可能な充電量で新着 E V 車の充電を行うことを示している。

10

【 0 1 2 2 】

次に、評価関数を用いて各候補充電場所を評価する。評価関数として、充電待ち時間と、各候補充電ステーション 2 1 及び目的地に到着時の新着 E V の電池残存量とを使う。ある候補充電場所として選択された各候補充電ステーション 2 1 では、提供可能な充電量で新着 E V を充電する。各候補充電ステーション 2 1 あるいは目的地に到着時の新着 E V の電池残存量を以下の (9) 式に従って計算する。この (9) 式では、候補充電ステーション 2 1 あるいは目的地を到着場所 i としている。

20

【 0 1 2 3 】

到着場所 i に到着時の電池残存量 = 現位置で電池残存量 + $\sum_k \text{充電ステーション } 2\ 1\ k \text{ での提供可能な充電量} - \text{到着場所 } i \text{ まで必須充電量}$... (9)

【 0 1 2 4 】

ここで、 $k = 1, 2, \dots, i - 1$ で、 $k \in \{0, 1\}$ であり、候補充電場所の中から充電ステーション k が選択された場合 (図 1 8 の)、 k は 1 になる。

【 0 1 2 5 】

最後に、候補充電場所の中から、評価関数の値が良い、例えば、充電待ち時間が最低の候補充電場所を抽出する。本例では、C S 1 と C S 3 が充電場所になり、C S 1 で 8 k W h と C S 3 で 7 k W h を充電し、充電待ち時間は 5 0 分になる。

30

【 0 1 2 6 】

候補充電ステーション 2 1 の数が多く場合、複数充電ステーション 2 1 及び充電量を決定するに大域的最適化手法 (global optimization techniques)、例えば、遺伝的アルゴリズム (GA, Genetic Algorithm) を使っても良い。図 1 9 は遺伝的アルゴリズムを用いて複数充電ステーション 2 1 及び充電量を決定する例を示すフローチャートである。このフローチャートは、図 1 7 のステップ S 5 7 の処理に対応するものである。

【 0 1 2 7 】

まず、候補充電場所を 2 進コード化する。候補充電場所の中に 1 がある場合、対応充電ステーション 2 1 を選択し、その充電ステーション 2 1 で提供可能な充電量で新着 E V の充電を行う。候補充電場所の中に 0 がある場合、対応充電ステーション 2 1 で充電を行わない。

40

次に、ランダムに充電ステーション 2 1 を組み合わせて、初期候補充電場所リストを作成し、評価する (ステップ S 6 1)。評価関数として、充電待ち時間や目的地に到着まで電欠可能や充電回数などを用いる。

【 0 1 2 8 】

図 2 0 (a) は初期候補充電場所リストの一例を示す図である。リスト中の「 1 」が候補充電場所を示している。充電待ち時間が「 9 9 9 9 9 」は、電欠場所を過ぎた後の充電ステーションを候補充電場所として選択したことを示している。

【 0 1 2 9 】

次に、終了条件を満たすかどうかをチェックする (ステップ S 6 2)。終了条件として

50

、最大反復回数、目的地に到着時新着EVの電池残容量の下限値、充電回数、充電待ち時間などを用いる。もし、終了条件を満たす場合、評価値が一番良い候補充電場所の中から選択された充電ステーション21及び充電量を返す(ステップS63)。評価値が一番良いのは、電欠なしで充電待ち時間及び充電回数が最低の場合である。

【0130】

もし、終了条件を満たさない場合、前候補充電場所リストに選択や交叉や突然変異操作をM/2回適用して新たなM個の候補充電場所を生成する(ステップS64)。

【0131】

図20(b)は、ステップS64にて、交叉及び突然変異操作を適用して新たな候補充電場所を生成する例を示す。この例に示すように、選択や交叉や突然変異の順番で操作を行う。

10

【0132】

次に、生成した新たなM個の候補充電場所を以前に使った評価関数を用いて評価する(ステップS65)。次に、前候補充電場所リストと新たなM候補充電場所の中から評価値が良いN個の候補充電場所を選択する(ステップS66)。

【0133】

図20(c)は評価値が良いN個の候補充電場所リストの一例を示す図である。解2は、図20(a)よりも充電待ち時間が短いことがわかる。

【0134】

その後、ステップS62に戻って、終了条件を満たすかどうかを再度チェックする。

20

【0135】

このように、第4の実施形態では、複数の充電ステーションを管理する上位EMS22を設けて、いずれかの充電ステーション21に到着したEV車の走行経路とEV情報に基づいて、次に充電を行うべき充電ステーション21の場所と充電量等の情報をEV車に提供する。これにより、各EV車は、目的地まで走行する間に、どの充電ステーション21で充電すればよいかを自ら検索する必要がなくなり、利便性が向上する。

【0136】

上述した実施形態で説明した充電管理装置および充電管理システムの少なくとも一部は、ハードウェアで構成してもよいし、ソフトウェアで構成してもよい。ソフトウェアで構成する場合には、充電管理装置および充電管理システムの少なくとも一部の機能を実現するプログラムをフレキシブルディスクやCD-ROM等の記録媒体に収納し、コンピュータに読み込ませて実行させてもよい。記録媒体は、磁気ディスクや光ディスク等の着脱可能なものに限定されず、ハードディスク装置やメモリなどの固定型の記録媒体でもよい。

30

【0137】

また、充電管理装置および充電管理システムの少なくとも一部の機能を実現するプログラムを、インターネット等の通信回線(無線通信も含む)を介して頒布してもよい。さらに、同プログラムを暗号化したり、変調をかけたり、圧縮した状態で、インターネット等の有線回線や無線回線を介して、あるいは記録媒体に収納して頒布してもよい。

【0138】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

40

【符号の説明】

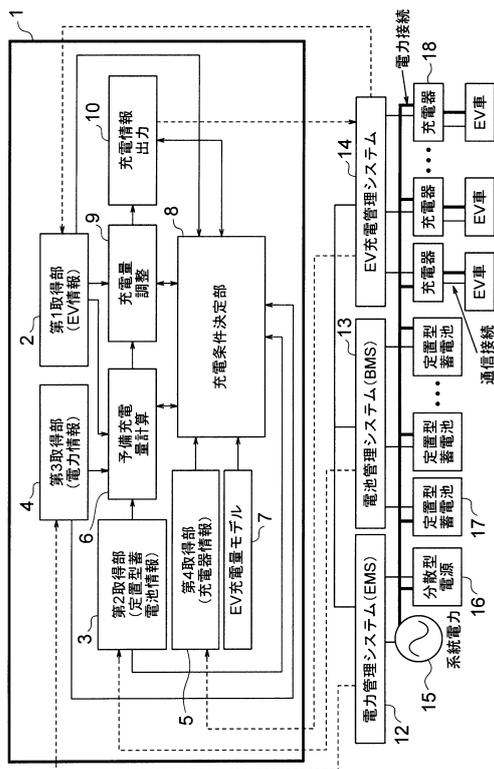
【0139】

1 充電管理装置、2 第1取得部、3 第2取得部、4 第3取得部、5 第4取得部、6 予備充電量計算部、7 EV充電量モデル格納部、8 充電条件決定部、9 充電量調整部、10 充電情報出力部、11 径路周辺情報取得部、21 充電ステーション

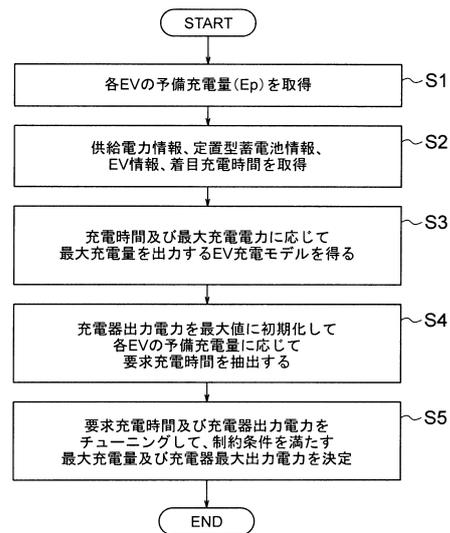
50

ン、22 上位EMS、23 充電管理システム、24 径路充電場所情報取得部、25 EV情報取得部、26 電費・走行情報取得部、27 充電情報提供部、28 充電誘導部

【図1】



【図2】



【図3】

EV充電量モデル

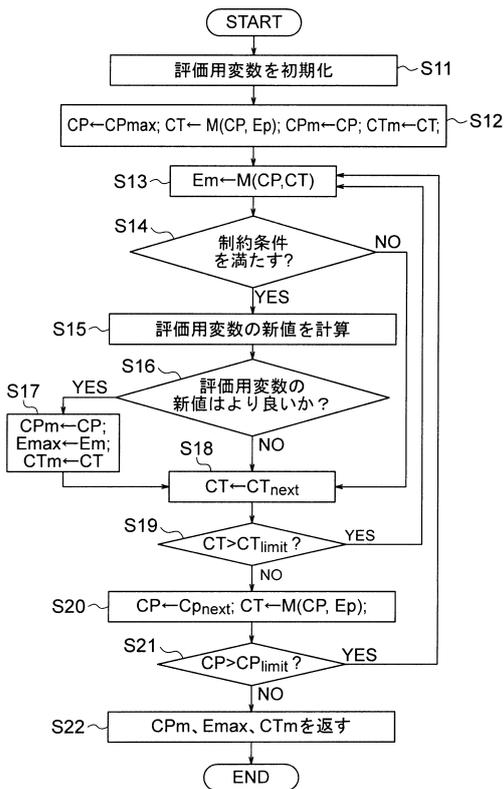
| 充電時間 (分) | 充電器最大出力電力 | | | |
|-------------|-----------|------|------|-----|
| | 50kW | 45kW | 40kW | ... |
| 30 | 15 | 13 | 12 | ... |
| 29 | 14 | 13 | 11 | ... |
| 28 | 13 | 11 | 10 | ... |
| 27 | 12 | 10 | 9 | ... |
| ... | ... | ... | ... | ... |

【図4】

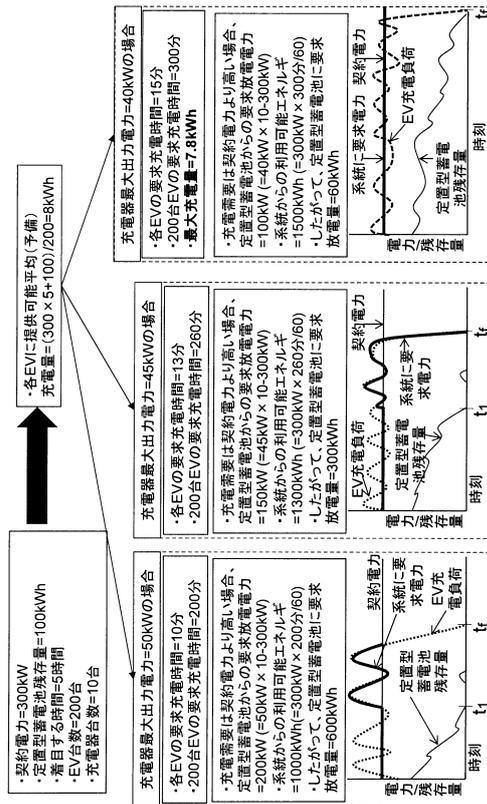
EV充電量モデル

| 充電時間 (分) | EVタイプ | | | | A | | | | 未知 | |
|-------------|----------------|---------|---------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | SOC | SOC<10% | SOC<20% | SOCは未知 | ... | ... | ... | ... | 50 | 40 |
| 30 | 充電器最大出力電力 (kW) | 50 | 40 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 29 | 最大充電量 (kWh) | 15 | 12 | ... | ... | ... | ... | ... | 12 | 10 |
| 28 | | 14 | 11 | ... | ... | ... | ... | ... | 11 | 9 |
| 27 | | 13 | 10 | ... | ... | ... | ... | ... | 10 | 8 |
| ... | | 12 | 9 | ... | ... | ... | ... | ... | 9 | 7 |

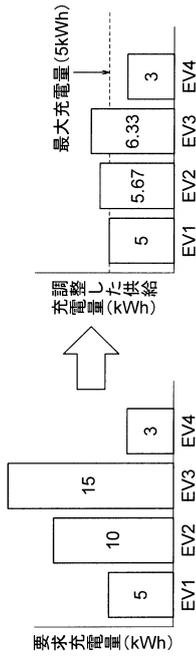
【図5】



【図6】



【 図 7 】



【 図 8 】

EV充電情報

| EVId | 最大充電量 (kWh) | 充電器最大出力電力 (kW) | 充電時間(分) |
|------|-------------|----------------|---------|
| ABC | 8.4 | 45 | 12 |
| BCD | 10.0 | 45 | 15 |
| CDE | 8.6 | 45 | 13 |
| DEF | 9.0 | 45 | 14 |
| ... | ... | ... | ... |

充電サービス情報

| 時刻 | 提供可能な最大充電量(kWh) | 最大充電時間(分) | 充電待ちEV台数 | 充電待ち時間(分) | エネルギー価格(¥/kWh) |
|-------|-----------------|-----------|----------|-----------|----------------|
| 11:15 | 8.0 | 30 | 20 | 40分 | 50 |

(a)

(b)

【 図 9 】

過去充電データ

| 時刻 | 台数 | 平均充電量 (kWh) |
|-------|-----|-------------|
| 7:00 | 5 | 9 |
| 8:00 | 7 | 8 |
| 9:00 | 10 | 10 |
| 10:00 | 15 | 7 |
| 11:00 | 20 | 9 |
| ... | ... | ... |

【 図 1 1 】

充電ステーションを通過するEV

| 時刻 | 台数 | 充電確率 |
|-------|-----|------|
| 7:00 | 20 | 0.7 |
| 8:00 | 30 | 0.6 |
| 9:00 | 50 | 0.5 |
| 10:00 | 40 | 0.4 |
| 11:00 | 30 | 0.6 |
| ... | ... | ... |

ODデータ

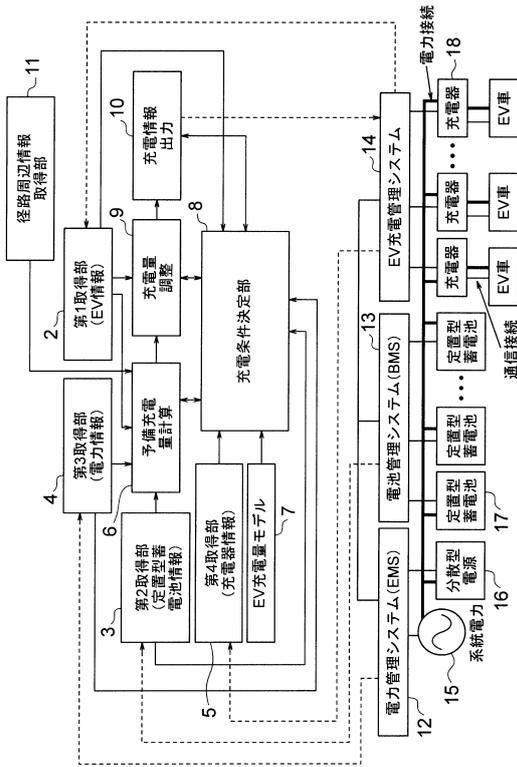
| EV | 7:00 | | 8:00 | |
|------|------|-----|------|-----|
| | IC1 | IC2 | IC1 | IC2 |
| IC0 | 8 | 7 | 10 | 15 |
| IC1 | 7 | 7 | 20 | 20 |
| IC3 | ... | ... | ... | ... |
| JCT0 | ... | ... | ... | ... |
| IC4 | ... | ... | ... | ... |
| IC5 | ... | ... | ... | ... |
| ... | ... | ... | ... | ... |

【 図 1 0 】

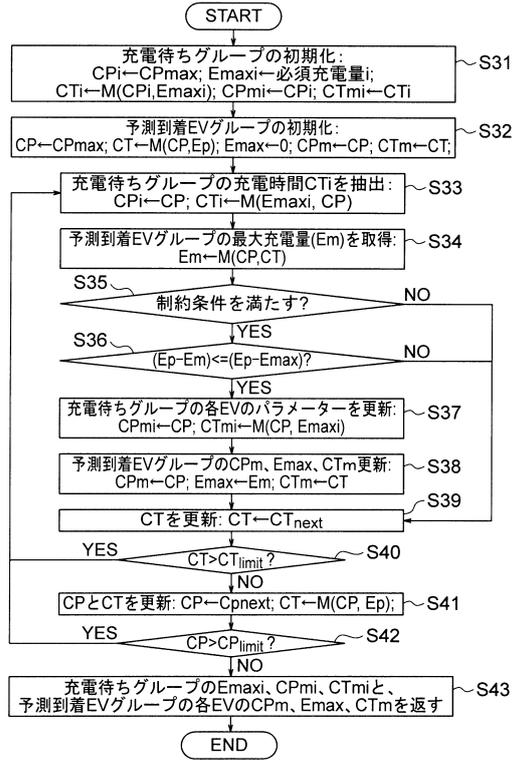
充電予約データ

| EVId | 要求充電量 (kWh) | 到着予定 |
|------|-------------|-------|
| XYZ | 9 | 11:00 |
| YUI | 8 | 12:00 |
| PQR | 10 | 13:00 |
| ZWQ | 7 | 10:00 |
| PUT | 9 | 9:00 |
| ... | ... | ... |

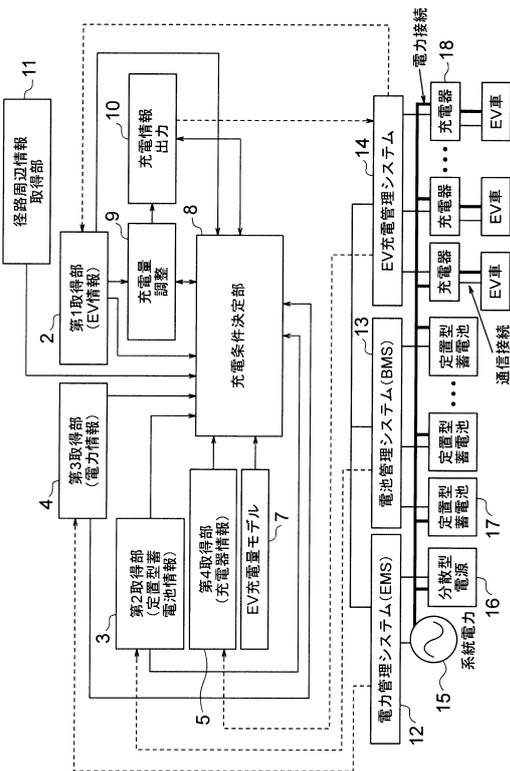
【図12】



【図13】



【図14】

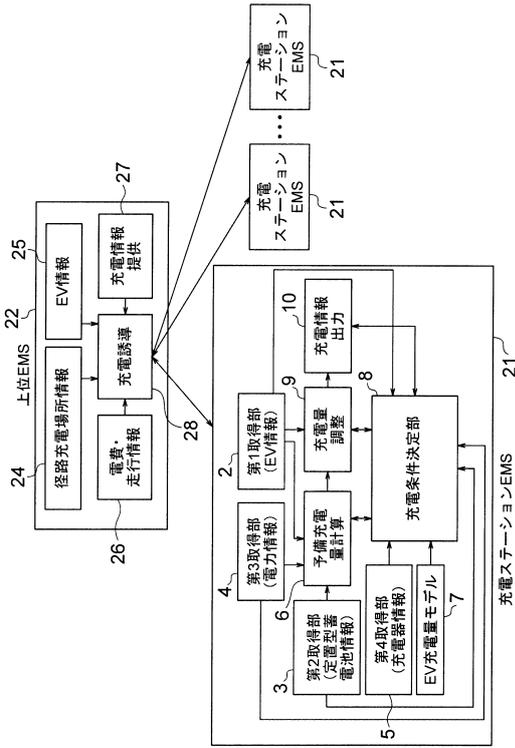


【図15】

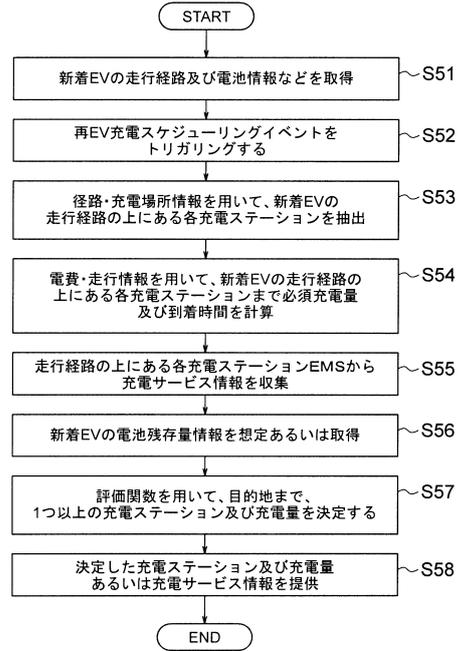
定置型蓄電池からの必要放電量

| 充電器の最大出力電力 | |
|------------|-----|
| 充電時間 | 30 |
| 50kW | 10 |
| 45kW | 8 |
| 40kW | 6 |
| 35kW | 4 |
| ... | ... |
| 29 | 9.9 |
| 28 | 9.8 |
| ... | ... |
| ... | 7.8 |
| ... | 5.8 |
| ... | 3.9 |
| ... | 3.8 |
| ... | ... |

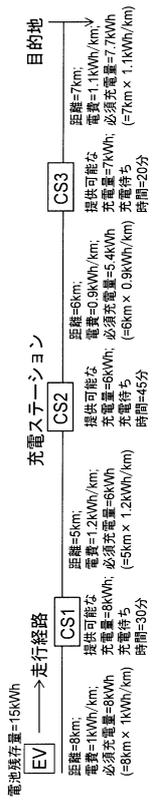
【図16】



【図17】



【図18】

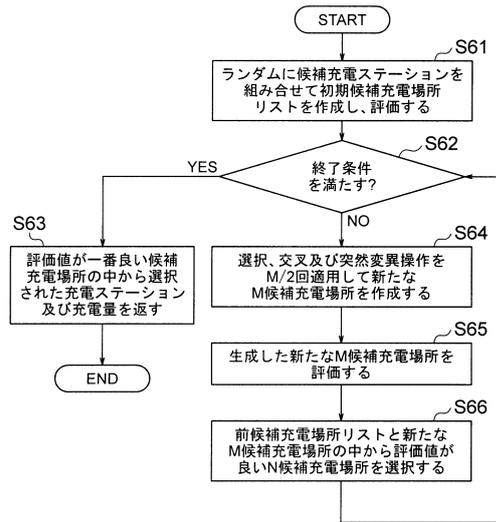


(a)

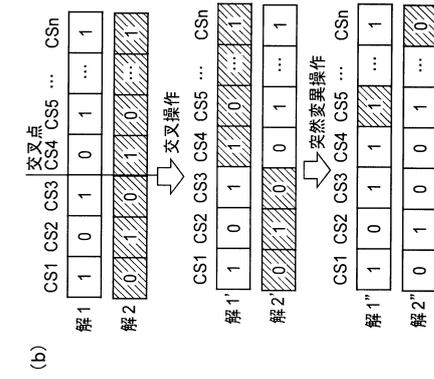
| 候補充電場所 | 評価 | | | |
|--------|-----------|---------------|-------|-------|
| | 充電待ち時間(分) | 到着時電池残存量(kWh) | | |
| | | CS1 | CS2 | CS3 |
| CS1 | x | 7 | 7 | 7 |
| CS2 | x | 7 | 7 | 7 |
| CS3 | x | 7 | 7 | 7 |
| | | 途中で電欠 | 途中で電欠 | 途中で電欠 |
| | | 45 | 1.6 | 0.9 |
| | | 65 | 1.6 | 0.9 |
| | | 30 | 3.6 | 途中で電欠 |
| | | 50 | 3.6 | 2.9 |
| | | 75 | 9.6 | 1.9 |
| | | 95 | 9.6 | 8.9 |

(b)

【図19】



【 図 20 】



(a)

| 解 | 候補充電場所 | | 評価値 | |
|-----|--------|-----|-----------|-----|
| | CS1 | CSn | 充電待ち時間(分) | 電次 |
| 1 | 0 | 1 | 9999 | YES |
| 2 | 0 | 0 | 45 | YES |
| 3 | 0 | 1 | 65 | NO |
| 4 | 1 | 0 | 30 | YES |
| 5 | 1 | 0 | 50 | NO |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| N | 1 | 1 | 95 | NO |

(c)

| 解 | 候補充電場所 | | 評価値 | |
|-----|--------|-----|-----------|-----|
| | CS1 | CSn | 充電待ち時間(分) | 電次 |
| 1 | 0 | 1 | 9999 | YES |
| 2 | 1 | 0 | 28 | NO |
| 3 | 0 | 1 | 65 | NO |
| 4 | 0 | 1 | 43 | NO |
| 5 | 1 | 0 | 50 | NO |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| N | 1 | 1 | 95 | NO |

フロントページの続き

審査官 田中 慎太郎

(56)参考文献 特開2012-100449(JP,A)
特開2013-176182(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02J 7/00 - 7/12
7/34 - 7/36
B60L 11/18