

(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2016-226288

(P2016-226288A)

(43) 公開日 平成28年12月28日(2016.12.28)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H02J 7/34 (2006.01)	H02J 7/34 B	
H02J 13/00 (2006.01)	H02J 13/00 301A	
H02J 3/32 (2006.01)	H02J 13/00 311R	
H02J 7/02 (2016.01)	H02J 3/32	
H02J 3/38 (2006.01)	H02J 7/02 F	
審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 16 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2016-150347 (P2016-150347)	(71) 出願人	000004237
(22) 出願日	平成28年7月29日 (2016.7.29)		日本電気株式会社
(62) 分割の表示	特願2013-503425 (P2013-503425) の分割	(71) 出願人	504137912
原出願日	平成24年2月10日 (2012.2.10)		国立大学法人 東京大学
(31) 優先権主張番号	特願2011-47839 (P2011-47839)		東京都文京区本郷七丁目3番1号
(32) 優先日	平成23年3月4日 (2011.3.4)	(74) 代理人	100123788
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 宮崎 昭夫
		(74) 代理人	100127454
			弁理士 緒方 雅昭
		(72) 発明者	栗林 亮介
			東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

最終頁に続く

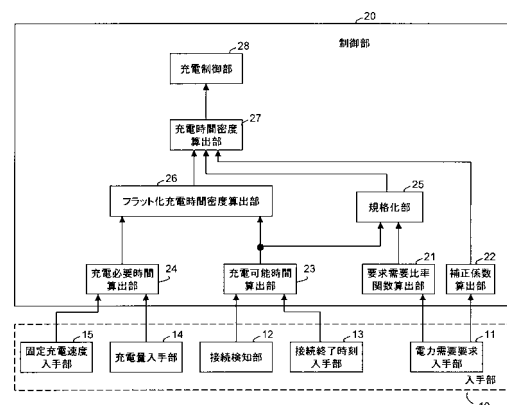
(54) 【発明の名称】 充電器、充電方法及びプログラム

(57) 【要約】

【課題】EV外部からは、充電速度の連続調整は行えず、充電のオン/オフの設定しか行えない状況でも、再生可能電源の出力変動等に対する調整手段となり得る多数EV連係充電システムの実用化を促進させることができる充電器、充電方法及びプログラムを提供する。

【解決手段】蓄電池への充電を制御する充電器は、電力供給側から要求される電力需要の変化に応じて変更される蓄電池の充電許容時間内における各時間での充電のオン時間と充電のオフ時間との割合を受信する受信手段と、該割合に基づいて、蓄電池に対して充電を行う制御手段とを備える。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

蓄電池への充電を制御する充電器であって、

電力供給側から要求される電力需要の変化に応じて変更される前記蓄電池の充電許容時間内における各時間での前記充電のオン時間と前記充電のオフ時間との割合を受信する受信手段と、

前記割合に基づいて、前記蓄電池に対して充電を行う制御手段と、
を備える充電器。

【請求項 2】

前記受信手段は、

前記蓄電池固有の充電速度で当該蓄電池を所定の充電状態とするために必要となる充電必要時間を前記充電許容時間で割ることにより算出した前記充電許容時間内における前記充電のオン時間の割合の基準値と前記電力需要の時間変化に基づく要求需要比率関数とを掛け合わせた前記充電のオン時間の割合の設定値を受信する請求項 1 に記載の充電器。

【請求項 3】

前記制御手段は、

所定時間を前記設定値で割ることにより前記所定時間をパルス幅とする充電パルスの周期を算出し、当該充電パルスの周期に従って前記充電のオンオフ設定を行う請求項 2 に記載の充電器。

【請求項 4】

前記受信手段は、

前記電力供給側から突発的な電力需要の時間変化が要求された場合に、当該時間変化に応じた補正係数を、前記要求需要比率関数および前記基準値に掛け合わせた前記設定値を受信する請求項 2 または 3 に記載の充電器。

【請求項 5】

蓄電池への充電を制御する充電器での充電方法であって、

電力供給側から要求される電力需要の変化に応じて変更される前記蓄電池の充電許容時間内における各時間での前記充電のオン時間と前記充電のオフ時間との割合を受信し、

前記割合に基づいて、前記蓄電池に対して充電を行う充電方法。

【請求項 6】

蓄電池への充電を制御するコンピュータに、

電力供給側から要求される電力需要の変化に応じて変更される前記蓄電池の充電許容時間内における各時間での前記充電のオン時間と前記充電のオフ時間との割合を受信する手順と、

前記割合に基づいて、前記蓄電池に対して充電を行う手順と、
を実行させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、蓄電池と他の動力源とを併せて搭載したハイブリッド型の電気自動車も含めて、電気を利用して走行する自動車の充電器、充電方法及びプログラムに関する。

【背景技術】**【0002】**

近年、環境問題が益々深刻化する中、導入が急速に進められている太陽電池や風力発電機等の再生可能電源は、低炭素化やエネルギー資源問題解決の有効な手段と考えられる。しかしながら、その一方で、このような再生可能電源は、出力変動が大きい。このため、電力品質の観点から、再生可能電源の出力変動を相殺するための調整手段が不可欠である。その調整手段としては、現状、主に応答速度の速い火力発電機が用いられている。このため、出力変動の大きな再生可能電源を導入すればするほど、調整手段としての火力発電機が必要になってしまうというジレンマにも陥り兼ねない。したがって、火力発電機に代

10

20

30

40

50

わる強力な調整手段を確保することが大きな課題である。その調整手段として、大容量の蓄電池（NaS電池等）を導入することは、有効ではある。しかしながら、導入及び運営コストの観点から、大容量の蓄電池の導入の障壁は非常に高いと考えられる。

【0003】

そこで、再生可能電源と同じく急速に普及が進むと見られている電気を利用して走行する自動車（以下、蓄電池と他の動力源とを併せて搭載したハイブリッド型の電気自動車も含めてEV（Electric Vehicle）と称する）に搭載されている蓄電池と、この蓄電池が接続される充電器とを多数連係動作させて、電力系統安定化用の仮想的な大容量蓄電池として利用するV2G（Vehicle-to-Grid）技術に関する研究が進められている。V2Gの提案自体は1980年代からあり、電力系統網全体に亘るマクロな安定化効果の大きさ見積もり等の研究報告が継続的に行われている。さらに、ここ数年になって、具体的なシステム構築のためのミクロな制御手法、つまり、多数EVの充放電を個々に、かつ、リアルタイムに制御する技術に関しても報告がなされるようになってきた。

10

【0004】

例えば、非特許文献1には、EVの運転モデル、配電網モデル、および、電力価格の時間変動モデル等を設定し、魚群の動き等にヒントを得たParticle Swarm Optimization（PSO）による最適化スケジューリングを行う充放電制御方法が記載されている。

【0005】

また、特許文献1には、EV充電計画装置の構成について記載されており、遺伝的アルゴリズムを用いた最適充電スケジューリングにも言及している。

20

【0006】

なお、一般には、EVへの充電のみならず、EVから配電網（電力系統側）への放電も想定したものをV2Gと呼ぶ。しかしながら、EVへの充電のみを想定したものを、V2Gと区別して、G2Vと呼ぶこともある。G2Vの方が、充放電サイクル数が減る分、EV内蓄電池への負荷は減ると考えられる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2000-209707号公報

【非特許文献】

30

【0008】

【非特許文献1】G.K.Venayagamoorthy et. al., "Real-Time Modeling of Distributed Plug-in Vehicles for V2G Transactions", Energy Conversion Congress and Exposition, 2009. ECCE 2009. IEEE, 3937 - 3941(2009).

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

将来的に、EV搭載のバッテリーコントローラが、EV内の蓄電池の充電速度の制御をEV内で閉じて独自に行う場合、EV外部からは、充電速度の連続調整は行えず、充電のON/OFF（オンオフ）の設定のみしか行えない可能性が高い。

40

【0010】

このため、EV外部からは、充電速度の連続調整は行えず、充電のON/OFFの設定のみしか行えない状況でも、再生可能電源の出力変動等に対する調整手段となり得る多数EV連係充電システムの実用化を促進させる充電制御システムが望まれるという課題があった。

【0011】

本発明の目的は、上述した課題を解決可能な充電器、充電方法及びプログラムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

50

本発明の充電器は、

蓄電池への充電を制御する充電器であって、

電力供給側から要求される電力需要の変化に応じて変更される前記蓄電池の充電許容時間内における各時間での前記充電のオン時間と前記充電のオフ時間との割合を受信する受信手段と、

前記割合に基づいて、前記蓄電池に対して充電を行う制御手段と、
を備える。

本発明の充電方法は、

蓄電池への充電を制御する充電器での充電方法であって、

電力供給側から要求される電力需要の変化に応じて変更される前記蓄電池の充電許容時間内における各時間での前記充電のオン時間と前記充電のオフ時間との割合を受信し、
前記割合に基づいて、前記蓄電池に対して充電を行う方法である。

本発明のプログラムは、

蓄電池への充電を制御するコンピュータに、

電力供給側から要求される電力需要の変化に応じて変更される前記蓄電池の充電許容時間内における各時間での前記充電のオン時間と前記充電のオフ時間との割合を受信する手順と、

前記割合に基づいて、前記蓄電池に対して充電を行う手順と、
を実行させるためのものである。

【発明の効果】

【0013】

本発明は、以上説明したように構成されているので、EV外部からは、充電速度の連続調整は行えず、充電のオン/オフの設定しか行えない状況でも、再生可能電源の出力変動等に対する調整手段となり得る多数EV連係充電システムの実用化を促進させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の充電制御システムを採用した電気自動車の充電環境の一例の全体の構成を示す図である。

【図2】図1に示した電力アグリゲータの構成を示す図である。

【図3A】充電制御システムにおける充電制御方法の概要を説明するための図である。

【図3B】充電制御システムにおける充電制御方法の概要を説明するための図である。

【図4】図1に示した充電制御システムの一例を説明するための図である。

【図5A】電力需要要求入手部にて入手したデータを示す図である。

【図5B】要求需要比率関数算出部にて算出された要求需要比率関数 $F'(t)$ を示す図である。

【図6】EV50台分の充電器接続パターンの一例を示す図である。

【図7A】EV50台を想定した場合における総充電需要の形状変化をシミュレーションした結果を示す図である。

【図7B】EV50台を想定した場合における総充電需要の形状変化をシミュレーションした結果を示す図である。

【図7C】EV50台を想定した場合における総充電需要の形状変化をシミュレーションした結果を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。

【0016】

図1は、本発明の一実施形態の充電制御システムを採用した電気自動車の充電環境の一例を示した図である。図2は、図1に示した電力アグリゲータ3a~3cの構成を示す図である。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 7 】

本例は図 1 に示すように、小コミュニティ 7 や駐車場 8、急速充電スタンド 9 にて電気自動車 EV 5 a ~ 5 l を充電可能とするものである。小コミュニティ 7、駐車場 8、急速充電スタンド 9 のそれぞれに対応して電力アグリゲータ 3 a ~ 3 c が設けられている。これら電力アグリゲータ 3 a ~ 3 c は、電力配電線網及び情報通信網 1 を介して変電所 2 に接続されている。変電所 2 には電力制御サーバ 2 a が設けられている。また、小コミュニティ 7 には、H E M S (Home Energy Management System) 4 a ~ 4 d が設けられている。電力配電線網及び情報通信網 1 には、大容量エネルギーストレージ 6 も接続されている。

【 0 0 1 8 】

電力アグリゲータ 3 a ~ 3 c は図 2 に示すように、入手部 1 0 と、制御部 2 0 と、を含む。

【 0 0 1 9 】

入手部 1 0 は、受信手段の一例である。入手部 1 0 は、電力需要要求入手部 1 1 と、接続検知部 1 2 と、接続終了時刻入手部 1 3 と、充電量入手部 1 4 と、固定充電速度入手部 1 5 と、を含む。入手部 1 0 は、例えば、電力供給側から要求される電力需要を受け付ける。

【 0 0 2 0 】

制御部 2 0 は、要求需要比率関数算出部 2 1 と、補正係数算出部 2 2 と、充電可能時間算出部 2 3 と、充電必要時間算出部 2 4 と、規格化部 2 5 と、フラット化充電時間密度算出部 2 6 と、充電時間密度算出部 2 7 と、充電制御部 2 8 と、を含む。

【 0 0 2 1 】

なお、制御部 2 0 は、制御手段の一例である。制御部 2 0 は、各 EV に対して充電のオンオフ設定を行う。また、制御部 2 0 は、電力需要の時間変化に応じて、EV への充電が可能な充電可能時間内の各時間での充電のオン時間と充電のオフ時間との割合を変更する。充電可能時間は、EV への充電が許容された時間を示す充電許容時間の一例である。

【 0 0 2 2 】

また、フラット化充電時間密度算出部 2 6 は、第 1 算出手段の一例である。フラット化充電時間密度算出部 2 6 は、EV 固有の充電速度でその EV を所定の充電状態（例えば、満充電状態）とするために必要となる充電必要時間を充電可能時間で割ることにより、充電可能時間内の各時間について当該時間に対する充電のオン時間の割合の基準値（フラット化充電時間密度）を算出する。

【 0 0 2 3 】

また、充電時間密度算出部 2 7 は、第 2 算出手段の一例である。充電時間密度算出部 2 7 は、電力需要の時間変化に基づく要求需要比率関数と基準値とを掛け合わせるにより、充電可能時間内の各時間における当該時間に対する充電のオン時間の割合の設定値（充電時間密度）を算出する。

【 0 0 2 4 】

また、充電制御部 2 8 は、充電制御手段の一例である。充電制御部 2 8 は、設定値（充電時間密度）に基づいて、各 EV に対して充電のオンオフ設定を行う。例えば、充電制御部 2 8 は、単位充電時間（所定時間）を設定値で割ることにより、単位充電時間をパルス幅とする充電パルスの周期を算出する。充電制御部 2 8 は、その充電パルスの周期に従って、各 EV に対して充電のオンオフ設定を行う。

【 0 0 2 5 】

これらの構成要素は、実際には、電力アグリゲータ 3 a ~ 3 c に実装されるプログラムで実現されることが考えられ、H E M S 4 a ~ 4 d 等に設けることも考えられる。

【 0 0 2 6 】

上記のように構成された充電制御システムにおいては、電力アグリゲータ 3 a ~ 3 c は、EV 5 a ~ 5 l 毎に、充電器（配電網）への接続開始と同時に、充電可能時間を算出する。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 7 】

電力アグリゲータ 3 a ~ 3 c は、E V に対する充電のオン / オフの制御を行うことによって、充電可能時間帯全体に亘って均一で一定の充電時間密度 (= 充電 ON 時間 ÷ 充電周期) となるような充電スケジューリング、つまり、充電時間密度のフラット化スケジューリングを行う。なお、フラット化スケジューリングにて算出した一定の充電時間密度 (フラット化充電時間密度) は、基準値の一例である。

【 0 0 2 8 】

ここで、充電 ON 時の充電速度は、E V 毎に固有な値 (E V 固有の充電速度) に固定されていると仮定する。

【 0 0 2 9 】

また、電力アグリゲータ 3 a ~ 3 c は、電力調整を行いたいと考える電力供給 (電力会社) 側 (例えば、制御サーバ 2 a) から、電力需要制御の目標とすべきデータである電力需要要求を入手する。

【 0 0 3 0 】

なお、電力需要要求は、一般の電力需要予測に加え、中長期的な再生可能電源の出力変動予測等も反映した時系列データ (中長期的な電力需要要求を反映した時系列データ) であり、例えば、時間変動型電力価格を示すデータである。

【 0 0 3 1 】

また、電力需要要求は、当初の電力需要計画からのズレや事故などの緊急時や短期的な再生可能電源の出力変動等に起因する突発的な電力需要要求も含む。

【 0 0 3 2 】

電力アグリゲータ 3 a ~ 3 c は、中長期的な電力需要要求を反映した時系列データを用いて、中長期的な要求電力需要の時間変化の形状を表す比率関数を作成する。また、電力アグリゲータ 3 a ~ 3 c は、突発的な電力需要要求を用いて、突発的な電力需要要求に対応するリアルタイム補正係数を作成する。

【 0 0 3 3 】

電力アグリゲータ 3 a ~ 3 c は、フラット化スケジューリングにて算出した一定の充電時間密度に、比率関数とリアルタイム補正係数とを掛け合わせることで、充電時間密度に変調をかける。なお、変調後の充電時間密度は、設定値の一例である。

【 0 0 3 4 】

電力アグリゲータ 3 a ~ 3 c は、充電可能時間内の各時刻 (各時間) における変調後の充電時間密度 (設定値) に応じて、各時刻 (各時間) における充電の ON / OFF 状態を決定、つまり充電スケジューリングを行う。電力アグリゲータ 3 a ~ 3 c は、充電スケジューリングの結果に基づき、E V 5 a ~ 5 l の蓄電池および充電機器の制御を行う。

【 0 0 3 5 】

以下に、上記のように構成された充電制御システムにおける充電制御方法について説明する。

【 0 0 3 6 】

図 3 A および 3 B は、図 2 に示した充電制御システムにおける充電制御方法の概要を説明するための図である。

【 0 0 3 7 】

ステップ A では、制御部 2 0 は、各 E V について、フラット化された一定の充電時間密度 d_n を算出する。

【 0 0 3 8 】

ここで、ステップ A の詳細を説明する。

【 0 0 3 9 】

E V 5 a ~ 5 l が駐車場 8 等において充電器 (配電網) に接続されると、接続検知部 1 2 がその旨を検知し、また、接続終了時刻入手部 1 3 が、E V 5 a ~ 5 l 毎に、E V 5 a ~ 5 l の接続終了 (出発) 予定時刻を各時刻毎に入手する。なお、各時刻は、一定時間間隔の時刻でもよいし予め設定された時刻でもよい。

10

20

30

40

50

【0040】

充電可能時間算出部23は、EV5a～51毎に、接続終了（出発）予定時刻と現在時刻と所望の充電時間マージンとから充電可能時間（充電許容時間） T_n を各時刻毎に算出する。

【0041】

また、充電量入手部14は、EV5a～51毎に、所定の充電状態（例えば、満充電状態）とするために必要となる充電量 Q_n を各時刻毎に入手する。固定充電速度入手部15は、EV5a～51毎に、EVに固有の充電速度（固有充電速度） p_n を各時刻毎に入手する。

【0042】

充電必要時間算出部24は、EV5a～51毎に、充電量 Q_n を固有充電速度 p_n で割ることにより、EVを所定の充電状態（例えば、満充電状態）とするために最低必要となる時間である充電必要時間 Y_n を算出する。

【0043】

ここで、 u を単位充電時間（所定時間）とし、充電速度 $p_n \times$ 単位充電時間 u で表される矩形パルス状の充電需要量（充電パルス）を想定し、これを断続的に並べることで、必要充電量 Q_n を達成させることを考える。

【0044】

また、ある時刻におけるこの断続的な充電の周期を $w_n(t)$ と定義する。

【0045】

フラット化充電時間密度算出部26は、EV5a～51毎に、単位充電時間 u を各時刻における充電周期 $w_n(t)$ で割ったものを各時刻における充電時間密度 $D_n(t)$ と定義する。フラット化充電時間密度算出部26は、さらに、充電必要時間 $Y_n \div$ 充電可能時間 T_n から、充電可能時間帯内において均一で一定の充電時間密度、つまり、フラット化された充電時間密度 d_n を算出し、 $D_n(t) = d_n$ とする。なお、 n は、各EV5a～51のID番号を示す。

【0046】

続いて、ステップBでは、制御部20は、フラット化された充電時間密度 d_n と電力需要要求とに基づいて、EV5a～51毎に、充電のオンオフ設定を行う。

【0047】

ここで、ステップBの詳細を説明する。

【0048】

電力需要要求入手部11は、電力調整を行いたいと考える電力供給側から上述したような電力需要要求を入手する。

【0049】

要求需要比率関数算出部21は、電力需要要求入手部11が入手した電力需要要求のうち、中長期的な電力需要要求を反映した時系列データに基づいて、中長期的な電力需要の時間変化に応じた要求需要比率関数 $F'(t)$ を算出する。

【0050】

規格化部25は、EV5a～51毎に、充電可能時間帯内における平均値が“1”となるように $F'(t)$ を規格化して、要求需要比率関数 $F_n(t)$ を算出する。

【0051】

また、補正係数算出部22は、電力需要要求入手部11が入手した電力需要要求のうち、突発的な電力需要要求に基づいて、この突発的な電力需要要求に対応するリアルタイム補正係数 $C(t)$ を算出する。

【0052】

充電時間密度算出部27は、要求需要比率関数 $F_n(t)$ とリアルタイム補正係数 $C(t)$ とを、フラット化された充電時間密度 d_n に掛け合わせ、充電時間密度 $D_n(t)$ に変調をかける。

【0053】

10

20

30

40

50

なお、充電時間密度 $D_n(t)$ への変調とは、結果的に、上記の矩形パルス状充電パルスの時間軸上における詰まり具合を、充電可能時間内の各時刻（各時間）に応じて変化させることを意味している。また、各 EV の充電速度は、あくまでも充電 ON 時は p_n 、充電 OFF 時は 0 に固定されている。

【0054】

充電制御部 28 は、変調後の充電時間密度 $D_n(t)$ を用いて、 $u \div D_n(t)$ を計算して、各時刻（各時間）における矩形パルス状充電パルスの断続周期 $w_n(t)$ を算出する。充電制御部 28 は、断続周期 $w_n(t)$ に従って、各時刻の充電の ON / OFF 状態、つまり、各時刻の充電速度 $P_n(t)$ が p_n であるか 0 であるかを決定する（図 3 B 参照）。

10

【0055】

なお、この要求需要比率関数 $F_n(t)$ は、EV 5a ~ 5l 毎に充電可能時間帯内の平均値が“1”となるように、規格部 25 にて規格化されている。また、補正係数算出部 22 にて算出されたリアルタイム補正係数 $C(t)$ は、EV 5a ~ 5l に共通の比例係数である。フラット化された充電時間密度 d_n に対する要求需要比率関数 $F_n(t)$ の掛け合わせが、数時間～数日前の要求を基に行われる“事前スケジューリング”に対応する。フラット化された充電時間密度 d_n に対するリアルタイム補正係数 $C(t)$ の掛け合わせが、充電制御直前の要求を基に行われる“リアルタイム応答”に対応する。

【0056】

なお、要求需要比率関数 $F_n(t)$ は規格化されているのに対し、リアルタイム補正係数 $C(t)$ は規格化されていない任意の値を取り得る。このため、リアルタイム応答を行うことで、そのままでは、総充電量 Q_n に差が生じてしまう。それを避けるため、リアルタイム応答直後に、再度、フラット化充電時間密度 d_n の算出を含めた再スケジューリングを行うことが望ましい。

20

【0057】

充電時間が短縮してしまうことを許容する場合には、充電必要時間が充電可能時間を超過してしまう場合のみ、再スケジューリングを行うということも可能である。

【0058】

以上により、各 EV 5a ~ 5l において、出発時における蓄電量不足を回避しつつ、各時刻における充電速度 $P_n(t)$ ($= p_n$ または 0) のスケジューリングならびにリアルタイム応答を行うことができる。

30

【0059】

電力系統網（電力供給）側から見える各時刻における総充電需要は、その $P_n(t)$ の各時刻における全 EV 5a ~ 5l 分の総和 $P_{total}(t)$ となる。以上の手法を用いることで、調整手段として EV 充電需要を操作することが可能となり、再生可能電源の出力変動をも吸収することが可能となる。

【0060】

なお、本実施形態では、EV の充電のみを制御する G2V システムにフォーカスして説明を行うが、充電速度にマイナス符号を許容するなどの拡張により、EV からの放電も含めた一般の V2G システムへの適用も可能である。

40

【0061】

以下に、上述した充電制御方法の具体例について、シミュレーション結果を交えて説明する。

【0062】

図 4 は、図 1 に示した充電制御システムにおける充電制御方法の具体例を説明するための図である。

【0063】

まず、接続終了時刻入手部 13 は、各 EV の充電器（配電網）接続時刻や充電量等に関する過去実績データ（平日・休日共に）を入手する（ステップ 1）。

【0064】

50

次に、接続終了時刻入手部 1 3 は、過去実績データを基に、各時刻における充電需要の予測（平日・休日共に、翌日～数日後まで）を行うとともに、EVの到着（充電器接続）および出発（充電器切り離し）の時刻の平均値（予測値）を算出する（ステップ 2）。

【0065】

また、これらと併行して、電力需要要求入手部 1 1 は、充電需要制御の目標とすべき要求電力需要の時間変化データ（電力価格などを含む）を電力供給側から入手する。このデータは、電力供給側から要求される電力需要であって、時間によって変化するものである。

【0066】

そして、要求需要比率関数算出部 2 1 は、このデータから、時間変化する要求需要比率関数 $F'(t)$ を算出する（ステップ 3）。ただし、ここでは未だ、各EVの充電可能時間内の規格化は行っておらず、全EVに共通の関数となっている。この要求需要比率関数 $F'(t)$ の算出方法としては、特に限定はしない。ここでは、規格化前の要求需要比率関数 $F'(t) = (\text{最大電力価格} - \text{電力価格}) \div (\text{最大電力価格} - \text{最小電力価格})$ として算出している。

【0067】

図 5 は、要求需要比率関数算出部 2 1 における処理を説明するための図である。図 5 A は電力需要要求入手部 1 1 が入手したデータを示す図である。図 5 B は要求需要比率関数算出部 2 1 にて算出された要求需要比率関数 $F'(t)$ を示す図である。

【0068】

上記準備の下、接続検知部 1 2 が、EVが充電器（配電網）に接続されたことを感知すると（ステップ 4）、充電量入手部 1 4 は、そのEV毎に、現蓄電量 Z_n および必要充電量 Q_n を入手し、固定充電速度入手部 1 5 は、そのEV毎に、EV固有の固定充電速度 p_n を入手する（ステップ 5）。

【0069】

そして、充電可能時間算出部 2 3 は、接続終了時刻入手部 1 3 が算出した出発予定（予測）時刻と現在時刻とに基づいて、マージンも考慮した充電器（配電網）接続の継続保証時間である充電可能時間 T_n を算出する（ステップ 6）。なお、ここで示すシミュレーションでは、通勤（朝と夕方にEV運転）に使用されるEV50台を想定する。

【0070】

図 6 は、EV50台分の充電器接続パターンの一例を示す図である。

【0071】

本実施形態においては、EV毎に図 6 に示すようなランダムな充電器（配電網）の接続パターン（休日 - 平日 - 平日の3日分）を生成し、EVが運転されていない時間帯は全て充電器に接続されている、つまり充電制御対象になっているものと仮定し、それに対して、本実施形態を適用している。

【0072】

続いて、充電必要時間算出部 2 4 は、EV毎に、充電量 Q_n を固有充電速度 p_n で割ることにより、充電必要時間 Y_n を算出する。続いて、フラット化充電時間密度算出部 2 6 は、EV毎に、充電必要時間 Y_n を充電可能時間 T_n で割ることにより、出発時の所望蓄電量を満足可能な、充電可能時間帯全体に亘り均一で一定の充電時間密度、つまり、フラット化充電時間密度 d_n を算出する（ステップ 7）。

【0073】

また、規格化部 2 5 は、まず、EV毎に、充電可能時間帯内における平均値が“1”となるように $F'(t)$ を規格化して、要求需要比率関数 $F_n(t)$ を算出する（ステップ 8）。

【0074】

また、実際の充電制御を行う直前に、電力供給側から突発的な需要変化要求がある場合には（ステップ 9）、補正係数算出部 2 2 は、その要求度合いに応じて、充電速度のリアルタイム補正係数 $C(t)$ を初期値として設定した“1”から任意の値に変更する（ステ

10

20

30

40

50

ップ10)。

【0075】

続いて、充電時間密度算出部27は、フラット化充電時間密度 d_n に対して、規格化された要求需要比率関数 $F_n(t)$ とリアルタイム補正係数 $C(t)$ とを掛け合わせ、各EV毎に、各時刻における充電時間密度 $D_n(t)$ を算出する(ステップ11)。

【0076】

また、電力供給側から突発的な需要変化要求がない場合は、充電時間密度算出部27は、フラット化充電時間密度 d_n に対して、規格化された要求需要比率関数 $F_n(t)$ と初期値(“1”)のままのリアルタイム補正係数 $C(t)$ を掛け合わせ、EV毎に、各時刻における充電時間密度 $D_n(t)$ を算出する(ステップ12)。

10

【0077】

その後、充電制御部28は、EV毎に、充電時間密度 $D_n(t)$ に応じて、各時刻における充電のON/OFF状態、つまり、各時刻の充電速度 $P_n(t)$ が p_n であるか0であるかを決定する。

【0078】

例えば、充電制御部28は、単位充電時間 u を充電時間密度 $D_n(t)$ で割ることにより、単位充電時間 u をパルス幅とする充電パルスの周期を算出する。充電制御部28は、充電パルスがその周期で発生したとした場合に、充電パルスが存在するときには充電速度 $P_n(t) = p_n$ とし、充電パルスが存在しないときには充電速度 $P_n(t) = 0$ とする。

20

【0079】

充電制御部28は、充電速度 $P_n(t)$ を、各EV充電器へ伝達し、最終的に充電機器の制御、つまり電力需要制御がなされることとなる(ステップ13)。

【0080】

図7A、7Bおよび7Cは、EV50台を想定した場合における総充電需要の形状変化をシミュレーションした結果を示す図である。ただし、ここでは、リアルタイム応答の要請が無かったと仮定し、全時間帯で $C(t) = 1$ とした。また、単位充電時間 u は、全EV共通で、0.1時間としている。

【0081】

本実施形態による充電スケジューリングを行わない場合、つまり、時間変化する電力価格データに基づいて充電コストが最小となるように各EVオーナーが独自に充電スケジューリングを行った場合は、図7Aに示すように、スタートとなる電力価格曲線の形状にも依存するが、充電需要が特定の時間に集中してしまう。このため、再生可能電源の出力変動等を吸収するどころか、急峻で大きな需要変動を新たに誘発する可能性がある。

30

【0082】

本実施形態によるフラット化スケジューリングを行った場合は、図7Bに示すように、今回採用した通勤使用型のEVでは、平日に運転時間帯が2回あるため、3日間でトータル5つの時間帯に分けられるが、急峻で大きな需要変動を抑制することはもちろん、その各時間帯毎のフラット化スケジューリング、つまり、電力需要のフラット化が正確に実現されている。

40

【0083】

なお、図7Bにおいて、各時間帯における充電需要グラフの上部が完全にフラットになっていない理由としては、EV毎に充電周期 $w_n(t)$ が異なり、それらを重ね合わせた際のランダムな位相関係によって、総充電需要の振幅が大きくなったり小さくなったりする干渉現象が起きていることが挙げられる。

【0084】

この干渉現象に起因する白色雑音的な振る舞いは、EV台数が増えるに従って相対的に消えてゆくが、充電制御部28が、充電パルスの初期位相をずらしたり、また、定期的に充電パルスの位相を反転させるなど、各EVの充電周期の位相が揃うのを避けるための処理を積極的に導入することにより、EV台数が少ない場合においても、より充電需要のフ

50

ラット化度合いを高めることが可能である。

【0085】

さらに、本形態による充電スケジュールリングを完了すると、図7Cに示すように、各時間帯毎に要求需要比率関数 $F'(t)$ の形状を正確に再現したスケジュールリングが実現されており、再生可能電源の出力変動等に対する電力調整力となり得る多数EV連係充電システムの電力需要制御機能が十分に働くこととなる。

【0086】

なお、本実施形態による充電制御により、各EVオーナーが負担する充電コストが上昇してしまうように見えるが、実際には、電力系統安定化寄与に対する対価が、電力供給側から多数EV連係充電システムの運営者を介してフィードバックされる様なビジネスモデル上で使用されることを想定しているため、各EVオーナーの負担する充電コストはむしろ削減される形となる。

【0087】

さらに、リアルタイムに $C(t)$ の値を初期値の“1”から任意の値へ変化させることにより、突発的な電力需要の増減要求に対する“リアルタイム応答”も可能である。

【0088】

ただし、リアルタイム応答をすることにより、総充電量 Q_n が事前スケジュールリング時の値からずれてしまう可能性があるが、そのずれ分を補償するため、リアルタイム応答直後に、充電時間密度の再フラット化スケジュールリングを含む、それ以降の充電スケジュールリングを、再度リアルタイムに行うことが望ましい。それにより、EV発車時刻における所望蓄電量の必達を実現させることが可能となる。

【0089】

なお、本実施形態の充電スケジュールリング方法では、各充電時間帯のエッジ部分や、リアルタイム応答直後において、複数EVの充電周期の位相が揃ってしまうことによる充電需要スパイクが発生し易い。その場合には、充電制御部28が、EV毎に充電周期の初期位相をずらしたり、充電周期の位相を反転させたりするなど、意図的に位相が揃わないような処理を導入することにより、そのスパイク発生を回避することが可能である。

【0090】

次に、本実施形態の効果を説明する。

【0091】

出発時における所望蓄電量（例えば、満充電）の必達を実現可能である。その理由としては、充電可能時間で持続するフラット化充電時間密度 d_n に対して、その充電可能時間内の平均値が“1”となるように規格化された要求需要比率関数 $F_n(t)$ を掛け合わせしており、また、それと同時に、突発的な需要変化要求に対してリアルタイムに応答した場合にも、その直後に、再度の充電時間密度フラット化を含む再スケジュールリングを行うことが挙げられる。このため、いかなる電力需要要求があっても、EVが充電器に接続された当初のスケジュールリングにおける総充電量に変化が発生しないことが可能になる。

【0092】

また、任意時刻における、限られたEVやそれらの駐車場への充電集中の回避（EV内蓄電池や充電インフラに対する負荷の分散・最小化）が可能となる。その理由としては、全てのEVの充電時間密度に対してほぼ平等に要求需要比率関数 $F_n(t)$ とリアルタイム補正係数 $C(t)$ を掛算していることが挙げられる。

【0093】

また、調整手段に対するリアルタイムな要求（需要変化要求）にも対応することができ。その理由としては、まず、本実施形態では、EVの充電可能時間を最大限利用するような充電時間密度（電力需要）フラット化スケジュールリングがベースとなっており、充電時間シフトの自由度が最大限に高められていることが挙げられる。また、リアルタイムに各EVの充電速度を決定する際に、中長期的な“事前スケジュールリング”部分と切り離し、別途、補正係数を導入することで、充電器制御までの冗長な計算処理工程を排除し、即応性を向上させている点が挙げられる。

【 0 0 9 4 】

また、低負荷の計算処理によるスケジュール最適化が可能。その理由としては、あたかも金型成型をするかのように、要求需要比率関数 $F_n(t)$ と補正係数 $C(t)$ とをフラット化充電時間密度 d_n に掛算するだけで所望の充電スケジュールリングがほぼ完了することが挙げられる。

【 0 0 9 5 】

また、EV台数に対するスケラビリティの確保（EV数1台～増大過渡期対応）が可能となる。その理由としては、本実施形態は、基本的にEV1台毎のスケジュールリングがベースになっていることが挙げられる。

【 0 0 9 6 】

また、EV外部から充電速度を連続的に調整できない場合にも、総EV充電需要が制御可能となる。その理由としては、充電速度の連続調整の代わりに、各EV充電のON/OFF調整のみを行うことにより、総EV充電需要を変化させていることが挙げられる。

【 0 0 9 7 】

これにより、再生可能電源の出力変動等に対する電力調整力となり得る多数EV連係充電（G2V）システムの実用化を、さらに促進することが可能となる。

【 0 0 9 8 】

なお、本発明においては、電力アグリゲータ3a～3c内の処理は専用のハードウェアにより実現されるもの以外に、その機能を実現するためのプログラムを電力アグリゲータ3a～3cにて読取可能な記録媒体に記録し、この記録媒体に記録されたプログラムを電力アグリゲータ3a～3cに読み込ませ、実行するものであっても良い。電力アグリゲータ3a～3cにて読取可能な記録媒体とは、ICカードやメモリカード、あるいは、フロッピーディスク（登録商標）、光磁気ディスク、DVD、CD等の移設可能な記録媒体の他、電力アグリゲータ3a～3cに内蔵されたHDD等を指す。この記録媒体に記録されたプログラムは、例えば、制御ブロックにて読み込まれ、制御ブロックの制御によって、上述したものと同様の処理が行われる。

【 0 0 9 9 】

以上、実施形態を参照して本願発明を説明したが、本願発明は上記実施形態に限定されるものではない。本願発明の構成や詳細には、本願発明のスコープ内で当業者が理解し得る様々な変更をすることができる。

【 0 1 0 0 】

例えば、上記実施形態では、充電パルスの幅を一定にしたが、充電パルスの幅を電力需要の時間変化に応じて変更してもよい。一例としては、充電制御部28は、電力需要が高くなるほど充電パルスの幅を広くしてもよい。

【 0 1 0 1 】

この出願は、2011年3月4日に出願された日本出願特願2011-047839を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

【 符号の説明 】

【 0 1 0 2 】

- 1 電力配電線網及び情報通信線網
- 2 変電所
- 2a 電力制御サーバ
- 3a～3c 電力アグリゲータ
- 4a, 4b, 4c, 4d HEMS
- 5a～5l 電気自動車EV
- 6 大容量エネルギーストレージ
- 7 小コミュニティ
- 8 駐車場
- 9 急速充電スタンド
- 10 入手部

10

20

30

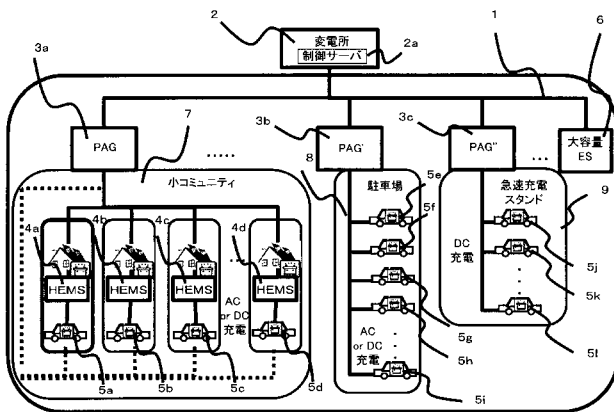
40

50

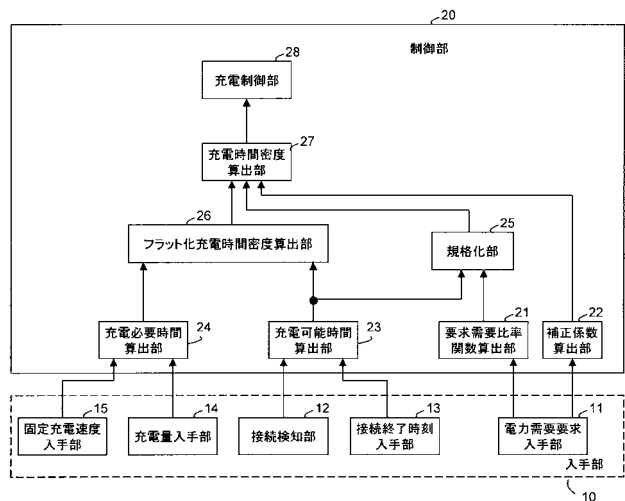
- 1 1 電力需要要求入手部
- 1 2 接続検知部
- 1 3 接続終了時刻入手部
- 1 4 充電量入手部
- 1 5 固定充電速度入手部
- 2 0 制御部
- 2 1 要求需要比率関数算出部
- 2 2 補正係数算出部
- 2 3 充電可能時間算出部
- 2 4 充電必要時間算出部
- 2 5 規格化部
- 2 6 フラット化充電時間密度算出部
- 2 7 充電時間密度算出部
- 2 8 充電制御部

10

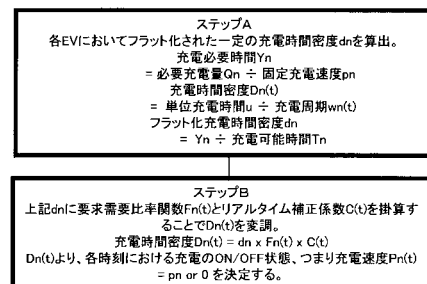
【図 1】



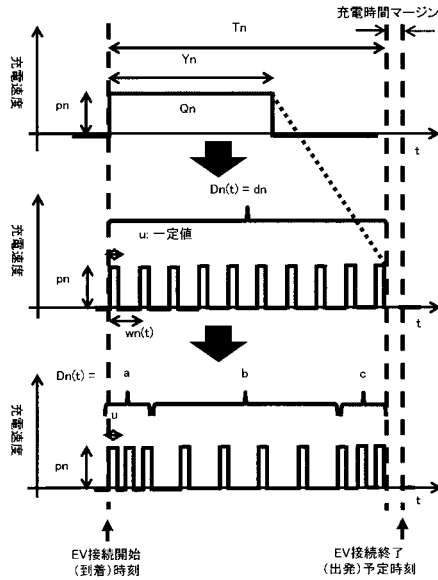
【図 2】



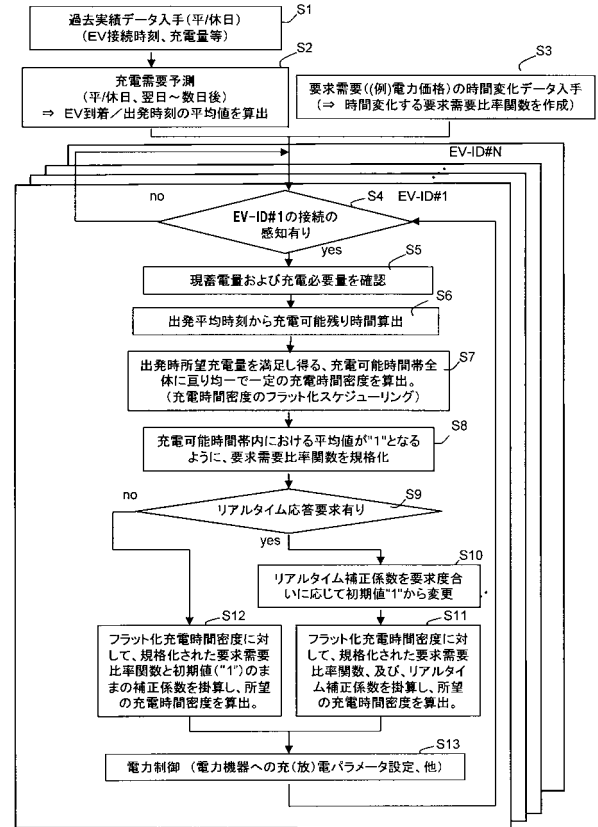
【図 3 A】



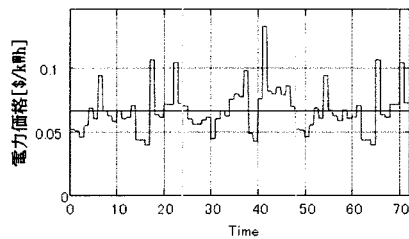
【図 3 B】



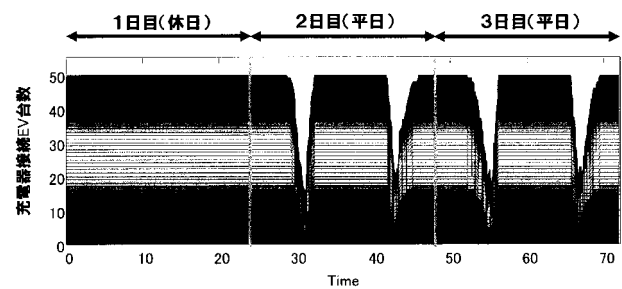
【図 4】



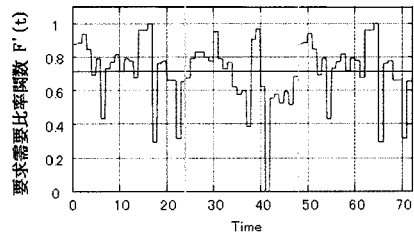
【図 5 A】



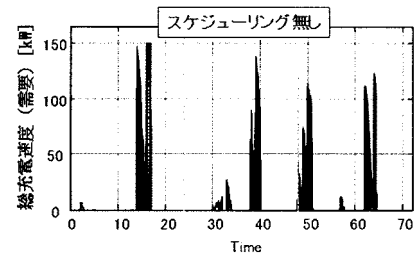
【図 6】



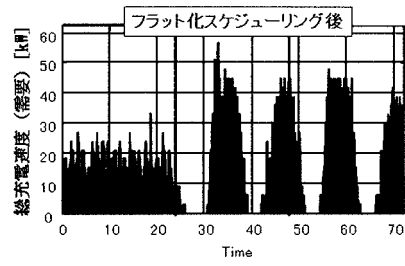
【図 5 B】



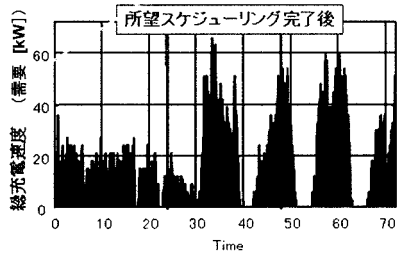
【図 7 A】



【図 7 B】



【図 7 C】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
H 0 1 M 10/44 (2006.01)		H 0 2 J 3/38	1 1 0	
B 6 0 L 11/18 (2006.01)		H 0 1 M 10/44		Q
		B 6 0 L 11/18		C

- (72) 発明者 矢野 仁之
東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内
- (72) 発明者 工藤 耕治
東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内
- (72) 発明者 荻本 和彦
東京都文京区本郷七丁目 3 番 1 号 国立大学法人 東京大学内
- (72) 発明者 片岡 和人
東京都文京区本郷七丁目 3 番 1 号 国立大学法人 東京大学内
- (72) 発明者 池上 貴志
東京都文京区本郷七丁目 3 番 1 号 国立大学法人 東京大学内