

負荷平準化機能付き EV・PHV 普通充電システムの開発

Development of Normal Charging System with Load averaging function

片平 洋一※1
Yoichi Katahira
駒田 圭成※2
Yoshinari Komada
有川 清二※1
Seiji Arikawa

1. はじめに

地球温暖化対策として、各自動車メーカーから電気自動車(以下、EV)やプラグインハイブリッド車(以下、PHV)などCO₂排出量の少ない自動車が発売されている。普及が進み市販車両が増加するにつれて、充電インフラも重要度が増してきている。

当社では、普通充電器の製造販売を行なっているが、集合住宅や企業などEV・PHVが複数台集まり、一斉に充電する可能性がある場所では、契約容量や設備容量の増強が必要となり、導入費や維持費に多額の費用が発生するという課題がある。

この導入費や維持費を抑えるため、充電に使用する電力のピークを抑える負荷平準化機能を搭載し、複数台の導入・運用を支援する充電システムを中部電力(株)殿と共同開発した。

2. EV・PHVの概要

近年のEV・PHVは、リチウムイオン電池の搭載により電池の車両本体に占めるコストを抑えられるようになったため、車両価格が下がり、さらに補助金の支給などによって市販価格が抑えられた。

現在も国内主要メーカーにとどまらず、海外メーカーからもEV・PHVの発売が相次いでおり、2020年には新車販売台数で10～15%を占めると予想されている。

また、最近ではスマートハウスという考えの中で、太陽光発電、蓄電池、燃料電池などとEV・PHVを組み合わせ、家庭内のCO₂排出量を削減する方法も検討されている。その中ではEV・PHVは単なる移動手段ではなく、家庭内の蓄電池としても機能している。

2.1 車両の仕様

2011年10月現在でEVを発売しているメーカーは3社で、航続距離は90km～200kmとなっている。主なターゲットは短距離で使用するユーザーである。またPHVのメーカーは1社で、EVとしての航続距離は主婦が1日に買い物で利用する程度の23kmとなっている。EV走行は短距離ではあるが、ガソリンとの併用で長距離使用も可能である。各社とも電池はリチウムイオン電池を使用している。

自動車メーカー各社の2011年10月現在状況を参考として本論文の最後の表5に示す。

2.2 充電の種類

EV・PHVへ充電する方法は普通充電と急速充電の2種類がある。それぞれの充電方式は、定格電圧・電流が異なるため、充電プラグも異なる。

普通充電は一般家庭用コンセントからの充電が可能で、車両へAC200VまたはAC100Vで最大3kWを供給する。AC200V時の充電時間は空の状態から満充電までに約8時間必要である。車両内部の充電装置で交流から直流へ変換し、電池に充電する。

急速充電は外出時の充電補充や緊急時の充電を主な目的としており、車両へDC300Vで最大50kWを供給する。充電時間は空の状態から80%充電までに約30分必要である。充電装置は外部に設置されており、車両からの指令によって充電電流を制御している。

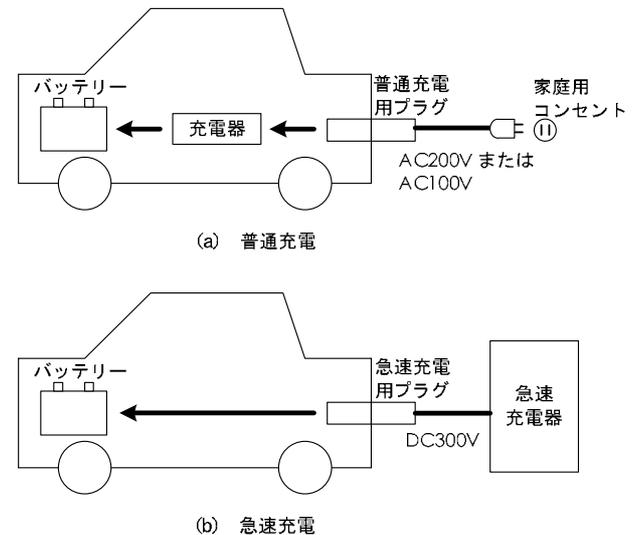


図1 充電方法

2.3 充電の課題

EV・PHVともに、普通充電・急速充電設備の整備が最重要課題である。普通充電はコンセントから行なえるため、装置費用は安価であるが、大量に導入すれば契約電力の変更が必要になる。急速充電はその名称から分かるように、大電力を電池へ注入し充電を行なうため、装置が高価なうえ、契約電力の変更が必要になる。

※1 機器事業部 技術部 製品戦略G
※2 機器事業部 技術部 設計1G

集合住宅で普通充電器を使用する場合、大きな課題が2点ある。1点は駐車場の電源は入居者の共用物であり、そのため、充電装置使用者の個人認証と課金システムが必要となることである。

もう1点は、電源容量を考慮せず充電を行なうと、充電がある時間帯に集中した場合、大きなピーク電力が発生することである。電源設備はピーク電力に合わせて設置するため、設備容量はピーク電力同様大きなものとなる。負荷平準化機能は充電時間を分散させピーク電力を抑える。図2にピーク電力について負荷平準化機能無しと有りの比較を示す。

今回開発した負荷平準化機能付普通充電システムは前記課題を解決し、契約電力と設備容量の増加を極力抑え、維持費・導入費を抑えることが可能である。

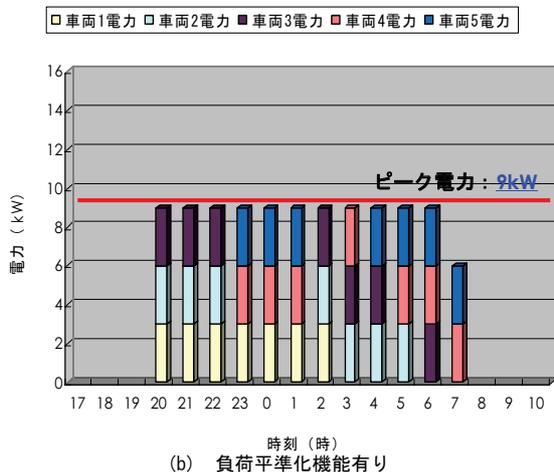
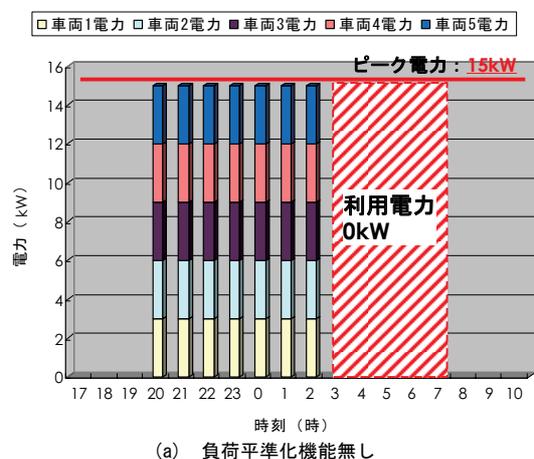


図2 ピーク電力の抑制

3. 負荷平準化機能

負荷平準化機能は、ピーク電力を指定電力以下に抑え、利用者の要求する時刻までに充電を完了する充電スケジュールを組立て、そのスケジュールに従って各充電装置

の電源を入り切りする制御を行う。

負荷平準化機能について以下に説明する。

3.1 基本手順

負荷平準化を実現するために、基本となる手順を以下に示す。

- (1) 充電完了要求時刻の入力
- (2) 充電スケジュールの組立
- (3) 充電スケジュールの実行

図3に負荷平準化機能の基本手順の流れを示し、各手順の詳細について以下に説明する。

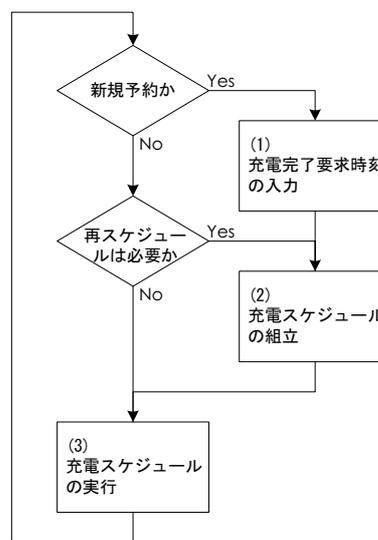


図3 負荷平準化機能の基本手順の流れ

(1) 充電完了要求時刻の入力

利用者が新規に充電を予約する場合は、充電を完了させ自動車を使用開始する時刻を入力する。これにより充電が完了する時刻を利用者と充電システムの双方で共通の認識を持つことができる。

2010年に当社が中部電力(株)殿から委託され開発した先着順で充電を行なうシステム⁽¹⁾では、利用者は充電完了時間が分からなかった。

負荷平準化機能では充電完了要求時刻に注目し、この時刻の早い予約を優先的に充電するようスケジュールを組立てている。

(2) 充電スケジュールの組立

充電システムは利用者が充電完了要求時刻を新たに入力するなど、再スケジュールが必要と判断した場合に充電スケジュールの組立または変更を行なう。

スケジュールの組立て手順を以下に示す。

- ①利用者の登録情報から車種・充電時間を検索し、充電完了要求時刻を確認する。
- ②各予約に優先順位を割り振る。ここで充電完了要求時刻が遅い予約ほど優先順位は低く設定される。
- ③指定電力を超過した時間帯が発生した場合は、優先順位の低い予約の充電開始時刻を延期する。

なお、各予約の充電時間を連続でスケジュールした場合は、優先順位の低い予約が後回しになり、利用者の予定が早まった場合などに全く充電できていないことがあり得る。そのため、予約ごとの充電時間を、最低限の充電を行なう優先時間とそれ以外の非優先時間に切り分け、予約の優先順位よりも優先時間を先行させることとした。図4に優先順位と優先時間の関係を示す。

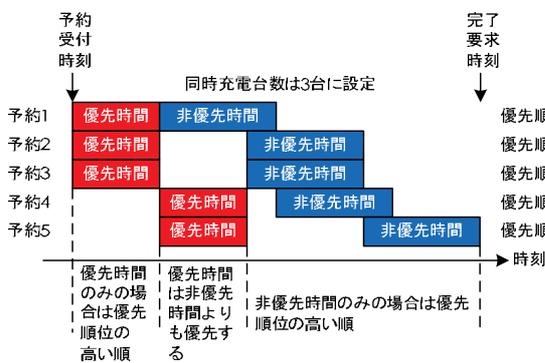


図4 優先順位と優先時間の関係

また、再スケジュールは

- ・満充電を検出した場合
- ・予約の変更や取消があった場合
- ・停電などで充電の中断が起きた場合

に実行する。

実際に組みあがったスケジュールは、予約件数・予約受付時刻・完了要求時刻・再スケジュールの実施などにより、充電開始から充電完了までの間に何度も電源の入り切りを繰り返すように細かく分断されてしまう可能性がある。そこで、スケジュールの時間単位を10分間として扱うことで、頻繁な入り切りを防止し、充電装置の接点の寿命を縮めたり、電源に悪影響を与えたりしないようにした。

(3) 充電スケジュールの実行

充電システムは出来上がった充電スケジュールに従って、各充電装置の電源の入り切りを行なう。

3.2 その他の処理

(1) 優先順位の低い予約を遅延できない場合

基本手順では優先順位の低い予約の充電開始時刻が遅延されていく。そのままでは優先順位の低い予約に充電不足

が発生してしまう。

そのため、優先順位の低い予約が充電完了要求時刻を超えるため遅延できなくなった時は、優先順位の低いほうから順に遅延できる予約を検索し、その予約を遅延させてスケジュールを組立てる。図4を元に、完了要求時刻が早くなった場合を例にして説明する。

図4では同時充電台数を3台にするため予約5の非優先時間を予約2～3の非優先時間が終わるまで待って、スケジュールしている。ここで、予約5の完了要求時刻が変更され早まると非優先時間の充電ができなくなる。そこで、優先順位の高い予約3と予約4の非優先時間の充電を一時中断し、その間に予約5を充電して完了時刻を早める。その結果、予約3と予約4は充電完了時刻が遅くなるが、全ての予約が完了要求時刻までに完了するスケジュールにできる。

図5に優先順位の低い予約が遅延できない場合のスケジュールを示す。

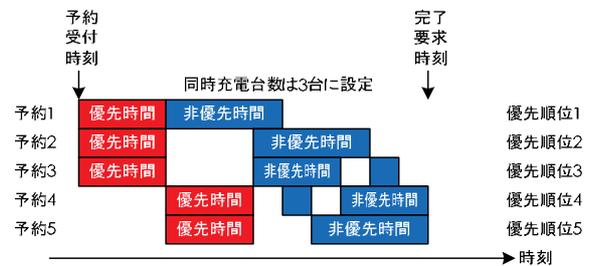


図5 遅延できない場合のスケジュール

(2) 優先順位の高い予約を後で受付けた場合

優先順位の高い予約を後で受付けた場合は、優先順位の低い充電が優先時間の充電を実施していても中断し、優先順位の高い予約の充電を実行する。

図4を例に予約5のみ完了要求時間が他の予約よりも早く優先順位が高くなった場合の例を図6に示す。予約5を受付けた時のスケジュール変更によって、予約3は優先時間の充電が中断されている。

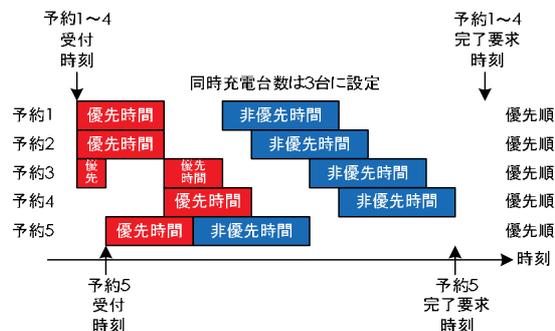


図6 優先順位の高い予約が割込む場合のスケジュール

(3) スケジュールが調整できず充電不足となる場合

スケジュールを調整しても完了要求時刻までに充電完了するスケジュールができない場合は、それぞれの予約に10分間の充電時間を順番に割り当てて、できる限り充電を均等に行なうスケジュールを組立てる。

充電不足時は、全く充電できない車両が出ることをさけるため、それまでの充電要求時刻による優先順位を無視し、その時刻までに充電した時間の少ない予約を充電するように充電時間を割り振る。

図7に予約5の受け付けにより一部利用者が要求時刻までに充電完了できない場合のスケジュール例を示す。

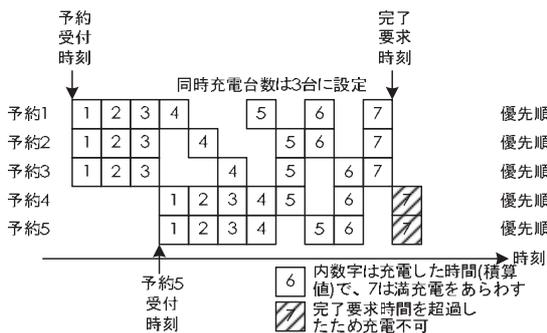


図7 要求時刻までに充電完了できない場合

3.3 共用電源全体の制御

共用電源とは集合住宅の共用部分(廊下、駐車場など)に使用する電源のことである。電気自動車の充電装置もこの電源を利用して電気を供給する。

本装置は共用電源全体の電流を測定し、充電装置とそれ以外の負荷を含めた共用電源全体の電力を指定電力以下に制御することができる。

充電装置以外の負荷について入り切りの制御を行なうことはできないが、全体の電流を測定した結果を履歴として残し、その履歴を使ってスケジュールを組立てるため、充電装置

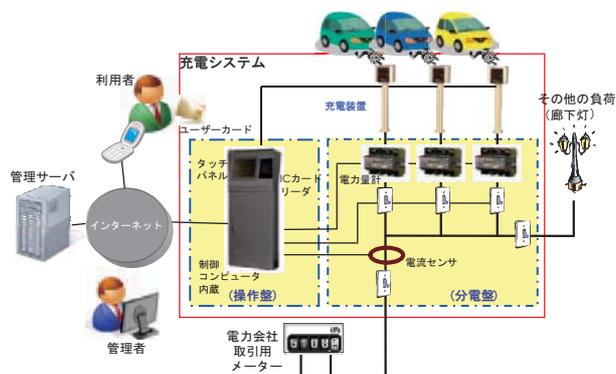


図8 共用電源全体を制御する普通充電システムの概要図

以外の負荷が増えてくる時間帯は充電台数を少なく、充電装置以外の負荷が減る時間帯は充電台数を多くするようにスケジュールを組立てる。

図8に共用電源全体を制御する普通充電システムの概要を示す。

3.4 負荷平準化機能の効果

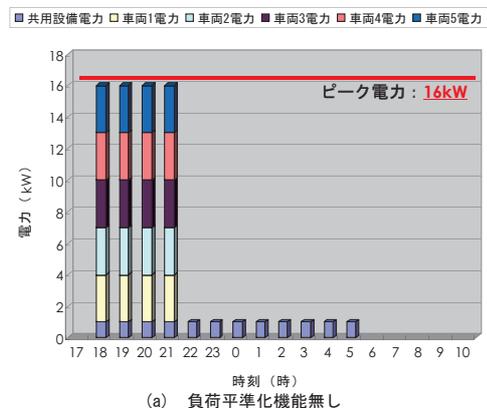
負荷平準化機能を導入することによるピーク電力の抑制効果について述べる。

ここでの結果についてはある環境下ということで、実際に使用する場合はその場所の負荷条件やEV・PHVの台数と利用率などにより結果に差が出る。

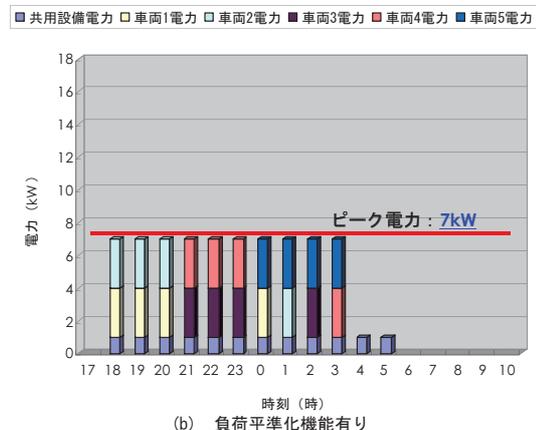
(1) ピーク電力の抑制効果

EVを5台導入した場合について検討する。EV利用者は18時に帰宅、翌朝7時に外出、EVの利用率は50%、充電電力は3kW、充電は満充電までに7時間かかるとする。EVの充電以外の負荷は、18時から翌朝6時まで100Wの廊下灯10本が点灯していることとする。

上記条件で負荷平準化機能が有る場合と無い場合の電力推移を図9に示す。



(a) 負荷平準化機能無し



(b) 負荷平準化機能有り

図9 負荷平準機能の効果比較

結果からピーク電力を16kWから7kWに削減し9kW抑えることができた。

(2) 電力基本料金の抑制効果

上記(1)の条件で契約電力を最大電力と同じ設定とした時の基本料金について試算する。なお、基本料金は平成23年9月時点の中部電力(株)殿の低圧電灯契約料金を使用した。表1に試算結果を示す。

低圧の場合、月額2,457円のコストダウン効果が期待できる。

また、高圧電力契約の場合は基本料金が1,570円/kWであるため、月額14,130円とより大きなコストダウン効果が期待できる。

表1 基本料金の試算

負荷平準化機能	契約電力	基本料金
無し	16 kW	4,368円
有り	7 kW	1,911円

※基本料金単価(月額)：273円/kVA
概算のため力率1.0とした。

4. 充電システムの仕様

4.1 製品構成

本装置は操作盤、充電装置および分電盤で構成される。図8に製品の概要を示す。

操作盤はスケジュールの組立て・充電装置の入り切りを実行し、利用者からの充電予約を受付ける。個人の認証は非接触ICカードで行う。充電装置はEV・PHV用コンセントを内蔵し、自動車に電力を供給する。分電盤は引込盤からの電力を各充電装置に分配する。さらに共用電源全体の電流や、各充電装置の電力量を測定する。

操作盤は分電盤に内蔵した電磁接触器を動作させることで充電装置への電源入り切りを制御している。

本装置は、上記構成で独立したシステムを構築することが可能であるが、さらにインターネット上に管理サーバーを設置すれば、充電システム・利用者・管理者との情報共有を行うことで利用範囲がより広がる。

充電システムは管理サーバーへスケジュールや現在の充電状況をアップロードし、管理サーバーから充電時間などの車種情報・利用者情報・利用者からの新規充電予約をダウンロードし、登録情報の更新やスケジュールの組立てに利用する。

利用者は管理サーバーのホームページに携帯電話やスマートフォンなどでアクセスして充電の新規予約や変更、利用履歴の確認ができる。

管理者は後述する管理者支援ソフトを使用して管理サーバーにアクセスし、利用状況の把握・料金集計の管理・契約電力と料金設定のシミュレーションができる。

4.2 製品仕様

本装置の構成品である操作盤、充電装置、分電盤および管理者支援ソフトについて以下に説明する。

(1) 操作盤

個人認証確認、充電の予約受付け、充電状態の確認を行うための操作部と、充電スケジュールの組立と実行、電力量や全体電流の測定値の収集を行うための制御部を内蔵する。

個人認証用の非接触ICカードリーダー、利用者インターフェースにはタッチパネルディスプレイを使用している。電力量の測定には操作盤と分電盤の配置を考慮し長距離信号伝送に適したRS-485によるシリアル通信を採用した。

管理サーバーとのインターフェースには有線LANを使用する。

表2に仕様を、図10に外観を示す。

表2 操作盤仕様

項目	仕様	
定格入力	AC 100 V	
内蔵品	タッチパネルディスプレイ付コンピュータ ICカードリーダー	
外部インターフェース	RS-485、LAN	
寸法	幅	520 mm
	奥行き	190 mm
	高さ	1250 mm



図10 操作盤外観

(2) 充電装置仕様

充電装置は利用者がEV・PHVの充電プラグを挿入するコンセントを内蔵しており、自動車の駐車スペース内に設置する。

自立型、壁掛け型の2種類ある。

表3に仕様を、図11に外観を示す。

表3 充電装置仕様

項目	仕様	
定格入力	AC 200 V 20 A	
コンセント	接地極付き平型コンセント	
表示機能	充電中表示ランプ	
保護機能	漏電ブレーカー内蔵	
寸法	幅	270 mm
	奥行き	170 mm
	高さ	1200 mm (壁掛け型 250 mm)



図11 充電装置外観

(3) 分電盤仕様

分電盤は電力量測定用の電子式電力量計、電流測定用のトランスデューサーを内蔵している。また、充電装置に電力を分配するブレーカーと電源を切り切りする電磁接触器も内蔵している。

設置場所は系統から設備内へ電源を引込み、分電盤へ電力を供給する引込盤の付近を想定している。

表4に仕様を示す。

表5 EV・PHVの仕様

車種	EV	EV	EV	PHV
	三菱自動車 i-MiEV	富士重工業 ステラ	日産自動車 リーフ	トヨタ自動車 プリウス
航続距離	180 km	90 km	200 km	23 km
電池種類	リチウムイオン	リチウムイオン	リチウムイオン	リチウムイオン
総電力量	16 kWh	9 kWh	24 kWh	5.2 kWh
充電時間	7時間	5時間	8時間	1.5時間

表4 分電盤仕様

項目	仕様	
定格入力	単相3線 AC 100 V	
定格出力	単相2線 AC 200 V	
内蔵品	検定付き電子式電力量計 トランスデューサー ブレーカー 電磁接触器	
寸法	幅	800 mm
	奥行き	200 mm
	高さ	1200 mm

(4) 管理者支援ソフト

管理者支援ソフトは充電システムを運用する上で管理者が行なう業務の負担を軽減するためのアプリケーションである。

運用時に必要となる機能として、料金の回収管理機能、料金設定シミュレーション機能、利用登録者の登録・編集機能、利用状況モニター機能を有する。また、募集・契約申込書の作成機能、設備導入や切り替え検討時の契約電力シミュレーション機能も有しており、設備の拡張や変更にも容易に対応できる。

5. あとがき

今回、集合住宅でのEV・PHVの普及促進につながる負荷平準化機能付き普通充電システムを開発した。

今後、負荷平準化機能に自動車の充電残量を含めより効率のよいスケジュール化を行うことや、機能充実のため太陽光発電や蓄電装置、急速充電器などの組み合わせにより、スマートグリッドにも対応できるような製品開発を進めていく。

参考文献

- (1)「集合住宅向け電気自動車用負荷平準化機能付き普通充電システム」愛知電機技報No.31(2010)