

ICVS「シティパル」用自動充電装置の開発

Development of an Automatic Charger for ICVS City Pal

山 本 章 善*

Akiyoshi YAMAMOTO

内 堀 憲 治*

Kenji UCHIBORI

林 清 孝*

Kiyotaka HAYASHI

今 井 裕 道*

Hiromichi IMAI

瀧 澤 敏 明**

Toshiaki TAKIZAWA

曾 根 利 浩*

Toshihiro SONE

要 旨

2人乗り電気自動車 ICVS - シティパルの充電用として、インダクティブ充電器と自動かん合装置を開発した。インダクティブ充電器は、凸型円筒形状のインダクティブ充電カブラの採用により、車両側凹型充電インレットへの突き当て単一動作で、充電を可能とした。自動かん合装置は水平2軸・垂直1軸の多関節ロボットアーム構造とすることで、シティパルの停止位置ずれに対し、実用上問題ないレベルでかん合することを可能にした。

ABSTRACT

Inductive charger and automatic connecting unit have been developed to charge two-seater electric vehicle "ICVS-City Pal". Inductive charge coupling was accomplished with one action, just putting convex cylinder shaped inductive charge coupler with concave shaped inlet. Automatic connecting unit can follow practical vehicle stopping area by using multi-joint robot arm structure.

1. はじめに

'98年10月より栃木県茂木町にある「ツインリンクもてぎ」において近未来の共同利用型地域交通システム「ホンダICVS」⁽¹⁾の試験運用が始まった。その中で次世代のコンピュータを目指した2人乗り電気自動車シティパルが運用されている。

このシティパルは無人運転エリア内において貸出し前と返却後の自動駐迎走行が可能である⁽²⁾。またシティパルはバッテリー容量が減少すると無人で充電停止位置に移動し、自動充電装置により充電が可能である。これらの装置はツインリンクもてぎ内のサウスゲートポートとホテル前の2か所に設置、運用されている。Fig.1にインダクティブ充電器と自動かん合装置を示す。

本報ではこの自動充電システムの全体構成、インダクティブ充電器、自動かん合装置の構造と機能、および作動シーケンスについて説明する。またインダクティブ充電器と自動かん合装置の性能も明らかにする。

2. 自動充電技術

2.1. シティパルでの自動充電

シティパルの自動充電技術は、その運用において高稼働

* 栃木研究所

**朝霞東研究所



Fig.1 Inductive charger and automatic connecting unit

率化と省人化を目指して開発された。この自動充電を成立させた自動充電装置の充電器とかん合方式について述べる。

2.2. 自動かん合

EV への充電は EV の充電口(充電インレット)と充電器側の充電カブラを接続すること(以下、かん合)が必要である。

自動充電では充電インレットと充電カブラの位置を、自動でかん合可能な範囲に移動させる必要がある。

シティパルは無人ポート内の停止位置に自動走行で移動

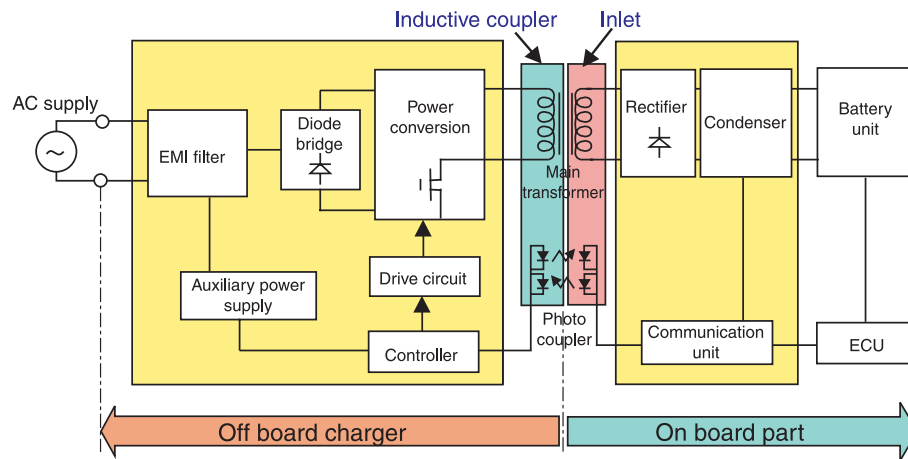


Fig.2 Inductive charging structure

し、一定の停止位置精度が確保できる。一方、充電カブラはロボットアームにより設定された3次元空間内を移動できる。シティパルが停車後、充電カブラは充電インレットとかん合できる位置まで移動しかん合を行う。その後シティパルへの充電が開始される。

2.3. 自動充電装置の構造と特徴

2.3.1. 充電インレットおよび自動充電装置の配置

- ・従来の自動充電は床下でかん合を行うものが多いが⁽³⁾、シティパルでは充電インレットを車両側面に配置する構造であり、手動での充電も行いやすい。
- ・路面上に自動充電装置を設置しており、埋設工事をする必要がなく工事費用を抑えられる。
- ・床下に比べ側方に配置された充電インレットは雨泥で汚れにくいと、性能が安定し信頼性が向上する。

2.3.2. 自動かん合装置構造

- ・自動かん合装置は2軸の水平多関節機構と鉛直可動機構及びバランス機構から構成されており(Fig.7参照)、姿勢保持力を必要としない。この構造のため、かん合時の車両停止姿勢の変化に追従可能であり充電を維持できる。また停電時、故障時等にも容易にかん合解除が可能である。
- ・小さなサーボモータ駆動力でかん合動作ができる。
- ・充電時間が数時間に及んでも、充電カブラのラッチ機構により姿勢保持エネルギーが不要であり省エネにつながる。

2.3.3. 水平多関節構造

- ・ロボットアームの水平多関節を2軸とすることで充電カブラは水平面内を自在に移動可能であり、かん合動作範囲を広く設定することができる。
- ・ロボットアームは収納待機時、関節を折りたたむことでコンパクトになり駐車場の壁間際に設置できる。
- ・充電ケーブルをロボットアームに沿わせて配線できるため、ゆるみが発生しにくい。

2.3.4. インダクティブ充電方式

充電器はインダクティブ充電方式を採用している。インダクティブ充電方式とは、Fig.2に示すように電磁誘導を利用して充電電力を供給する方式である。充電ケーブル端にある1次コイルを有する充電カブラと、2次コイルを有する充電インレットとの磁気結合により電力を供給する⁽⁴⁾。この方式は電気接点の直接接続が無いと、充電カブラと充電インレットのかん合が容易で防水性の確保もし易い。屋外用自動充電器にとっては最適の方式である。

3. シティパル用自動充電装置

3.1. 自動充電装置設置場所

インダクティブ充電器および自動かん合装置はFig.3に示すようにツインリンクもてぎ内のサウスゲートポートとホテル前に設置されている。シティパルでの自動駐迎走行やカルガモ走行⁽²⁾は主にサウスゲートポートで行われており、それに伴い自動充電も実施されている。その設置場所の様子をFig.4とFig.5に示す。

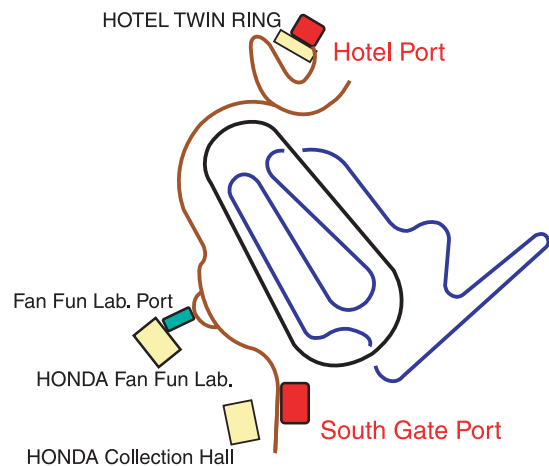


Fig.3 Installed locations of automatic charger



Fig.4 South Gate Port



Fig.5 Hotel Port

3.2. 自動充電装置のデザインコンセプト

ICVS 全体のデザインコンセプトは、“circle”：共有の輪 (round shape) で進められ、社内の多部門にまたがるプロジェクトであるため、デザインイメージを合せ、トータルでのシステムイメージを強く訴求できるようにデザインを展開した。インダクティブ充電器と自動かん合装置についても、“circle”を取り入れたデザインを採用している。

アーム部のデザインは複雑に動く関節とケーブルを同時にカバーし、かつケーブル取回しとアームカバー取付け部との干渉が無い形状とし、ケーブルが露出しないようデザインされている。

自動充電器はかん合装置や他の ICVS との一体感を出すため、かん合装置のスタンバイ時の高さを考慮しながらデザインを進めた。基本シェイプは“circle”をモチーフに、外観を小さく見せるようデザインしたグレーのカバーパーツを自動充電器・かん合装置双方に採用することで、同一システムで動く2つのマシンであることを、より強調させている。Fig.6 に開発前のイメージスケッチを示す。

本開発ではこのイメージスケッチを元に、自動充電装置の部品形状・内部配置の検討を進めた。インダクティブ充電器は内部ユニットの配置を考慮し、小スペース化を可能にした。自動かん合装置は内部部品を縦長形状とし、部品配置も縦方向に積み上げることでほぼイメージスケッチ通りの形状にすることが可能になった。



Fig.6 Sketched image of automatic charger

3.3. 自動充電システムの構成

Fig.7 に ICVS 自動充電システム構成図を示す。

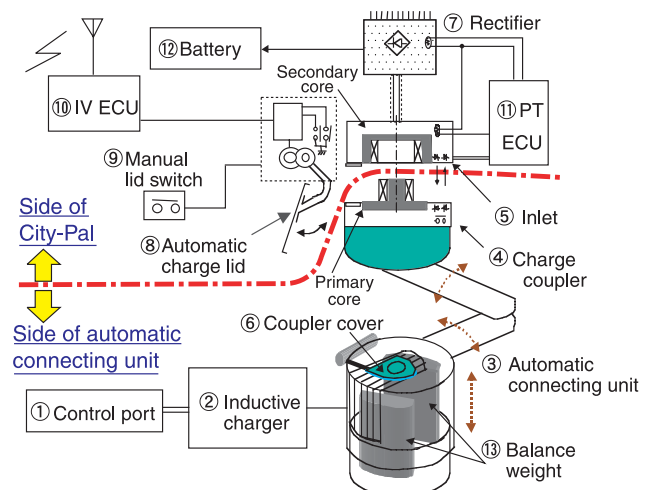


Fig.7 Automatic charging system structure

3.4. システム構成要素

システム構成要素と各機能を以下に示す。

①ポート管制

ポート内にて実車を自動充電する際、リッドの開閉・かん合開始・充電中断およびステータス要求指令を出す。

②インダクティブ自動充電器

ポート管制との間は外乱に強い RS422A ラインによって接続され、ポート管制からの充電指令にて充電を行う。パワー回路は AC200V を 100kHz の高周波電力に変換し、6 kW を出力する。内部には充電制御用コントローラとかん合装置制御用コントローラが内蔵されている。

③かん合装置

充電カプラをロボットアーム先端に取り付けた水平2軸、上下1軸の水平多関節型ロボットで、車両の有無および相対距離を測定する超音波センサとサーボ OFF 時の姿勢維持のため、バランスウエイトを内部に有する。

④充電カプラ⁽⁴⁾

Fig.8に示すように、充電カプラは凸型円筒形フェライト

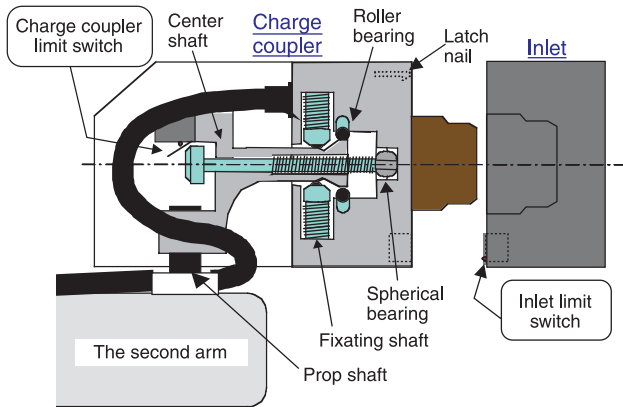


Fig.8 Set of charging coupler and inlet

コア外周に1次コイルを有している。充電カプラ表面には車両側の充電インレット位置を検出するための赤外線光電センサと、充電器と車両の双方向光通信を行うための受発光素子を取り付けている。充電カプラ背部には小型電動ファンを内蔵しており、充電カプラから充電インレットまでを強制的に空冷している。充電カプラ支持シャフト後端部に充電インレットとのかん合を検出するためのマイクロスイッチが取り付けられている。充電カプラ外周には、かん合時の外乱によるかん合はずれを防ぐためのラッチ機構が設けられている。

⑤充電インレット

コア内周に2次巻線を有している。かん合時には1, 2次間の結合係数が高い重ね巻き配置となり、この時の電力伝達効率 η は99.6%となる。充電インレット表面には赤外線光電センサ用反射板と光通信用受発光素子およびかん合維持検出用マイクロスイッチが取り付けられている。

⑥カプラカバー

非かん合時充電カプラ正面部を覆い、被水・じんあいの影響を少なくしている。かん合作動時、カプラカバー駆動用モータとネジ歯車の働きでカプラカバーの開閉を行い、可倒機能も有している。

⑦レクチファイヤ

充電カプラ及び充電インレットを介して供給された高周波電力を整流し、バッテリー充電用の直流電力に変換する。

⑧電動充電リッド

リッドはインレットの雨泥による汚れ、石跳ね、およびいたずら防止の目的で取り付けられている。このリッドは電動化されていて、IV ECUの指令により充電開始と終了に合わせて自動開閉する。

⑨マニュアルリッドスイッチ

手動で充電する時にはトランクルーム床面にあるマニュアルリッドスイッチでリッドを開閉する。

⑩ IV ECU (Intelligent vehicle ECU)

自動充電を含む自動走行系すべての制御を行っている。電動リッド開閉指令、ポート管制への充電要求指令等も

制御している。

⑪ PT ECU (Power train ECU)

EV 駆動系およびバッテリーマネジメント全般を制御しており、バッテリー残容量が少なくなると、IV ECUを通じてポート管制に充電を促す指令を出す。また、充電カプラとレクチファイヤの温度をチェックし、異常の有無を監視している。

⑫ バッテリー⁽⁵⁾

50AhのNi-MHバッテリー24個を使用し、総電圧はDC288V、バッテリーの総重量は250kgである。

⑬ バランスウエイト

サーボモータを小容量で成立させるため、かん合装置本体内部にアームと充電カプラの重量と同等のウエイトを2個取付けバランスさせている。

3.5. 自動かん合装置作動シーケンス

自動充電を行う際のかん合装置作動シーケンスについて、以下にその詳細を示す。

3.5.1. 相対距離測定

- ・ポート管制からの充電要求により充電リッドが開く。
- ・待機位置に静止している自動かん合装置(Fig.9参照)が作動基準位置に上昇する。
- ・その位置で車両とかん合装置間の相対距離を超音波センサによって測定する。



Fig.9 Stand-by posture

3.5.2. カプラカバー開動作

- ・待機中に充電カプラ保護用としてセットしていたカプラカバーが自動的に開く。
- ・カプラカバーは、ネジ歯車による可倒機能により、かん合装置本体上部に納まる。

3.5.3. 充電カプラのサーチ動作

- ・測定された車両とかん合装置との相対距離により充電カプラは充電インレットサーチ開始位置に移動する。
- ・充電リッドとの干渉が無いよう車両と一定の間隔を保ちながら、車両前後方向を200mm/sの速度でサーチスイープする(Fig.10参照)。充電カプラ正面に取付けてある赤外線光電センサで充電インレット側反射板位置を大まかに検出する。
- ・その後、車両と一定間隔を保ちながら反射板位置とほぼ



Fig.10 Search action

相対する位置に充電カブラを移動する。

- 20mm/s の速度で精密サーチスイープを行い反射板の平面座標位置を決定する。

3.5.4. かん合動作

- 充電カブラは反射板位置と充電インレット中心とのオフセット分を修正した後、充電インレット方向へ 100mm/s の速度で近づく。
- 充電インレットにかん合する約 50mm 手前で速度 20mm/s に減速し、充電カブラと充電インレットがかん合する。
- この時点で充電インレット側かん合スイッチが入り、車両側はかん合完了を認識する。

3.5.5. 充電カブラ揺動およびかん合完了

- さらに充電カブラがサーボモータにより充電インレット方向に押込まれると (Fig.11 参照) 充電カブラの軸受けが固定シャフトから外れ、今までアーム上で固定されていた充電カブラが自由に動く状態になる。
- この状態で充電カブラは、車両側傾き (ピッチ角やヨー角等) に沿ってかん合され充電インレットに密着する。
- 同時に、充電カブラによって押し込まれたセンタシャフトが充電カブラ側リミットスイッチを押し、その信号で充電カブラの動きが停止し、同時にサーボフリーとなる。
- その後、充電カブラはロボットアーム側のフリクションにより充電インレットへ押込まれたまま安定状態となる。ここでかん合動作が完了し充電が開始される。



Fig.11 Connecting action

4. 自動充電装置の性能

4.1. インダクティブ充電器性能

Fig.12 にインダクティブ充電器の充電出力特性を示す。

充電出力はバッテリー電圧 DC335V 以上で 6kW を達成している。この高出力化により、シティパル用 Ni-MH バッテリーを容量 20% から 100% まで約 2 時間で充電可能となった。充電時間の短縮化により車両の高稼働率が達成された。また、効率はバッテリー使用電圧範囲のほぼ全域で 87% 以上であり、従来の車載型充電器に対して高効率で達成できた。

一方、力率においては 0.85 程度であり、従来品に比べるとやや低い値となっている。これは充電器の小型化を優先したためであり、将来力率改善回路を追加することで改善は可能である。

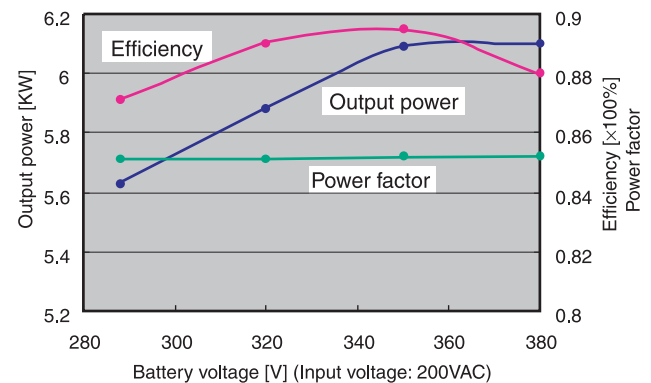


Fig.12 Characteristics of inductive charger for City Pal

4.2. 自動かん合装置性能

自動充電装置による自動充電は、ポート内の自動充電停止位置に駐車されたシティパルの電動リッド内に取り付けられた充電インレットが、ある一定の 3 次元空間範囲内に存在する時に実施される。車両前後方向、左右方向、上下方向およびピッチ角、ヨー角、ロール角を Fig.13 のように定める。

自動かん合を可能とする充電カブラと充電インレットの相対的な位置ずれとかん合角度ずれの許容範囲を Table 1 および Fig.14 に示す。またそれらの実測値も同様に示す。許容範囲と実測値との関係から、本装置が十分実用に耐える性能を持っていることが証明された。

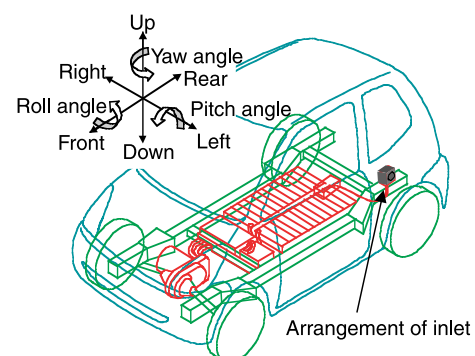
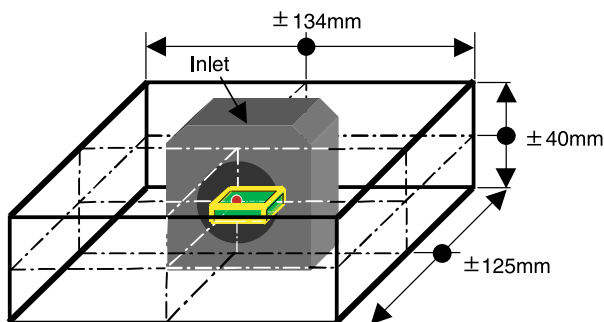


Fig.13 Definitions of directions and angles

Table 1 Test data of automatic connecting unit

Items		Connectable range of automatic connect unit itself	Automatic stoppable range of City-Pal
Difference of relative position	Front-rear	$\pm 134\text{mm}$	+7 mm -20
	Left-right	$\pm 125\text{mm}$	+5 mm -37
	Up-down	$\pm 40\text{mm}$	+4 mm -2
Difference of connected angle	Roll angle	$\pm 5^\circ$	+0.5° -2.5°
	Pitch angle	$\pm 5^\circ$	+0.5° -1.5°
	Yaw angle	$\pm 5^\circ$	+0.16°



Frame of black: Connectable range of automatic connecting unit itself
 Frame of yellow: Automatic stoppable range of City-Pal
 Red point: Ideal center point of connect

Fig.14 Test result of connectable range

5. まとめ

以上のようにインダクティブ充電器と自動かん合装置を用いた自動充電システムを開発した。この開発の成果として、次の内容が上げられる。

- ・インダクティブ充電方式の採用により、充電カプラと充電インレットの形状を円筒形状にできた。これにより突き当て単一動作でのかん合が可能になった。
- ・自動かん合装置を水平2軸・垂直1軸の多関節ロボットアーム構造とすることで、シティパルの停止位置ずれに対し実用上問題ないレベルでかん合可能にした。

このことにより、シティパルへの充電時間の短縮、車両の高稼働率化および省人化が達成できた。

6. おわりに

将来の自動充電の姿を考える上で、家庭用自動充電器のような手動運転時への応用は、停止位置の許容範囲が規定されることからまだまだ課題が多い。

一方、近未来のEVの方向性を考えると、走行範囲の拡大要求から来る急速充電により充電設備の大電力化・大型化が予測され、その際の操作性から自動充電へのニーズが

考えられる。今後、手動運転にも対応可能な、より実用型自動充電システムの検討が必要になると考えられる。

謝 辞

最後に、本開発に関し多大なご協力を頂いた住友電気工業(株)及び(株)ハーネス総合技術研究所の皆様に対し深く感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 安達章男, 小椋正己, 林徹, 畑中薫, 矢口忠博, 立田勝男: 近未来型地域交通システム「ホンダ ICVS」の紹介, HONDA R&D Technical Review, Vol.11, No.1, p.1-6 (1999)
- (2) 武井明彦, 荒晴哉, 小林幸男, 土佐貢, 橋本英樹, 森直樹: ICVS「シティパル」における自動化技術, HONDA R&D Technical Review, Vol.11, No.2, p.29-36 (1999)
- (3) 兵庫隆: 電動車用電磁給電装置, 特開平 07-227007
- (4) 陳登, 九鬼平次, 米谷敏夫, 嶋田俊郎, 佐久間悌二, 義村昌伸, 渡邊邦彦, 村上一仁, 泊潤一郎, 岩元富夫, 藤井正章: 本田技研工業(株)ICVS 用自動充電システム, SEI(住友電工)テクニカルレビュー, 第 156 号, p.47-53 (2000)
- (5) 小椋正己, 三田義訓, 高橋龍夫: 2人乗り小型電気自動車 ICVS「シティパル」の開発, HONDA R&D Technical Review, Vol.11, No.2, p.23-28 (1999)

■ 著 者 ■



山本章善



林 清孝



瀧澤敏明



内堀憲治



今井裕道



曾根利浩