



“V2X” に対応した双方向充電ユニット

Bidirectional Charging Unit for Vehicle-to-X Power Flow

泉 達也*

Tatsuya Izumi

磯山 芳一

Yoshikazu Isoyama

廣田 将義

Masayoshi Hirota

佐野 勝彦

Katsuhiko Sano

畑中 健一

Kenichi Hatanaka

高山 浩一

Koichi Takayama

スマートグリッドの構成要素として、EV (Electric Vehicle) やPHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) の車載バッテリーの電力を車両の走行以外の用途で活用する“V2X (Vehicle to X)”という概念が注目されている。当社では、“V2X”の実現に向けて、ハーネス・コネクタから通信機器、電力変換機器に至るまで、各種要素技術開発を進めている。本稿では、“V2X”を実現するための双方向充電システムとそのキー技術である双方向充電器の概要について紹介する。

The concept of vehicle-to-X (V2X), which transmits electricity from an on-board battery to infrastructure, is expected to be a key to smart grids. With the V2X technology, we can use electricity stored in the large-capacity batteries of electric vehicles (EVs) and plug-in hybrid electric vehicles (PHEVs) when necessary. To realize this concept, Sumitomo Electric Industries, Ltd. has developed various technologies related to EVs, PHEVs, and infrastructure. This paper outlines our EV and PHEV bidirectional charging system to be used for “V2X” power flow.

キーワード：電気自動車 (EV)、プラグインハイブリッド車 (PHEV)、V2X (V2G/V2H/V2L)、双方向充電、車載充電器

1. 緒 言

近年、世界的な環境意識の高まりと燃料価格高騰を受けて、CO₂排出量削減や低燃費走行に優れたEV (Electric Vehicle)、PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) の開発が世界各国にて進められている。EV/PHEVの本格普及を睨み、欧米日が連携して充電関連技術の国際標準化に取り組んでおり、当社も2009年より標準化活動に参画している。

従来、商用電力にて車載バッテリーを充電するという視点で標準化が進められてきたのに対し、車載バッテリーの電力を車両の走行以外の用途で活用する“V2X”という概念が注目を集めている。“V2X”とは、V2L (Vehicle to Live)、V2H (Vehicle to Home)、V2G (Vehicle to Grid) などの総称で、車から他者へのエネルギーの流れを表す (図1)。例

えば、V2Lは、車両から電気製品等へ電力を直接供給するため、非常用電源として期待されている。また、V2H/V2Gは、電力需給のピークシフトや再生可能エネルギーの安定化を目的として、国内外で様々な実証実験が進められ、一部実用化も始まっている。

当社では、“V2X”の実現に向けて、ハーネス・コネクタから通信機器、電力変換機器に至るまで、各種要素技術開発を進めている。本稿では、“V2X”を実現するための双方向充電システムとそのキー技術である双方向充電器の概要について紹介する。

2. 双方向充電システムの概要

図2に双方向充電システムのブロック図を示す。本システムは車両 (EV/PHEV) 側機器とインフラ (EVSE: Electric Vehicle Supply Equipment) 側機器とで構成されており、両者は充電ケーブル・コネクタを介して接続される。従来の車両、EVSEがIEC61851-1のControl Pilot信号※1に基づく充電機能のみに対応しているのに対し、本システムでは“V2X”に対応するため、駆動用バッテリーへの充放電が可能な双方向充電器を新たに追加した。

車両とEVSE間の通信情報は充電管理ECUに集約される。充電管理ECUはControl Pilot信号や駆動用バッテリーのSoC (State of Charge) 情報に基づいた充放電管理を行い、車両に搭載された全ユニットの起動・停止指示、各種要求出しと応答確認の役割を担っている。また、スマート

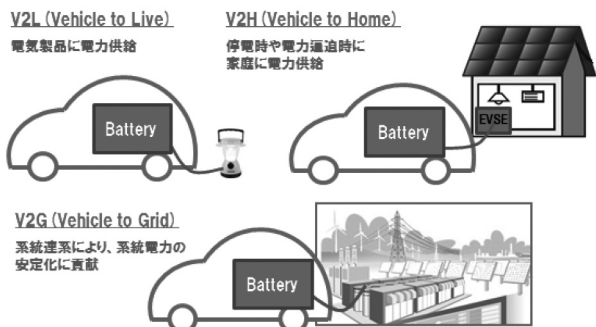


図1 V2X概念図

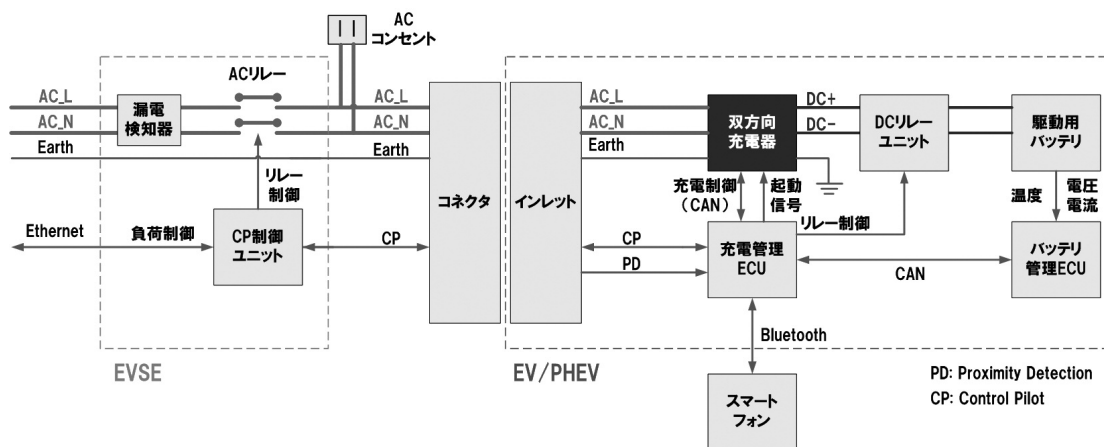


図2 双方向充電システムのブロック図

フォンとの通信により、充放電動作の遠隔操作やモニタ機能にも対応しており、各種通信内容を充電管理ECUが統括することで、各ユニットが協調して動作する仕組みとなっている。

2-1 システムの動作概要

本システムは、今後普及が予想される通信機能付きEVSEだけでなく、通信機能を持たない従来のEVSEによる充電にも対応できる構成とした。

充電コネクタを車両のインレットに接続すると、充電管理ECUが起動する。充電管理ECUはControl Pilot信号のDutyを確認し、(1)充放電通信なしモード or (2)充放電通信ありモードのどちらで動作するか決定する。

(1) 充放電通信なしモードの場合

充電管理ECUが双方向充電器を起動し、CAN通信にて充電指示を送る。指示を受けた充電器は充電モードで動作する。充電出力は、Control Pilot信号に基づく最大出力電流と駆動用バッテリーのSoCを加味して、充電管理ECUが決定する。

(2) 充放電通信ありモードの場合

充電管理ECUがEVSEとの間で所定の通信処理を行った後、双方向充電器を起動する。指示を受けた充電器は充電モード or 放電モード (V2X) で動作する。動作モードおよび充放電出力は、EVSEからの指示値と駆動用バッテリーのSoCを加味して、充電管理ECUが決定する。

2-2 双方向充電器

従来、駆動用バッテリー充電用の充電器と放電用のインバータが別ユニットで構成されていたのに対し、当社では、1ユニットで充放電が可能な双方向充電器を開発した(図3、写真1)。

開発した双方向充電器の回路ブロック図を図4、主要緒元を表1に示す。3つのブリッジ回路とコイル部品(リアクトル、トランス、チョークコイル)で構成されており⁽²⁾、計12個のパワーデバイスを使用している。各回路ブロッ

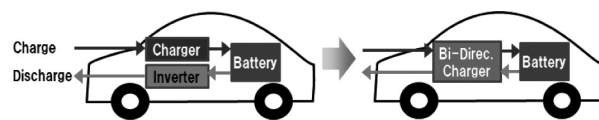


図3 双方向充電器のコンセプト

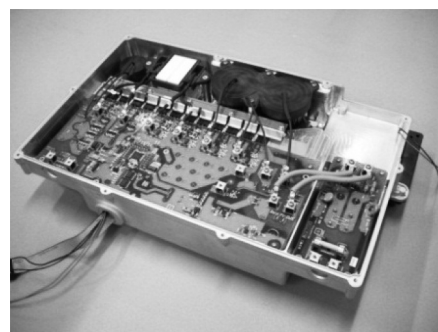


写真1 開発した双方向充電器

表1 主要緒元

| | 項目 | 値 |
|----|------|----------------------|
| 充電 | 入力電圧 | AC85~264V |
| | 出力電圧 | DC250V (typical) |
| | 定格出力 | 1kW/2kW |
| 放電 | 入力電圧 | DC250V (typical) |
| | 出力電圧 | AC85~132V/AC180~264V |
| | 定格出力 | 1kW/2kW |

ク、コイル部品は充電時と放電時とで異なる役割を担っており、パワーデバイスのON/OFFをソフトウェア(DSPマイコン)で緻密に制御することで、充電と放電の両機能に対応している。また、高周波トランスの活用により、高周波絶縁と双方向化の両立を実現している。

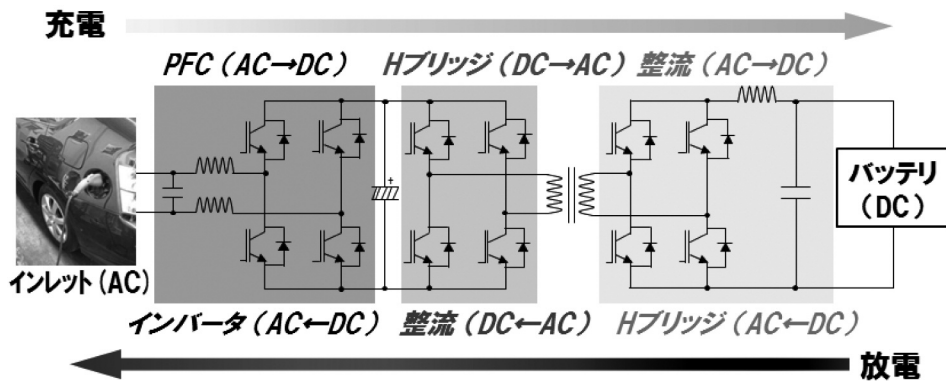


図4 双方向充電器の回路ブロック図

(1) 充電機能

充電ケーブルを介して外部から供給された交流電圧をPFC（力率改善）回路^{※2}で直流電圧に変換（昇圧）した後、Hブリッジ回路^{※3}にて高周波交流電圧に変換（降圧）する。その後、変圧・絶縁の役割を果たす高周波トランスと整流・平滑回路により直流電圧に変換し、駆動用バッテリーを充電する。充電管理ECUからの出力指示に対応するため、定電力、定電流、定電圧といった各種充電制御に対応している。

(2) 放電機能

駆動用バッテリーから供給された直流電圧をHブリッジ回路にて高周波交流電圧に変換（昇圧）し、高周波トランスと整流・平滑回路にて直流電圧に変換する。その後、インバータ回路にて交流電圧に変換する。インバータ回路は、電気製品等に電力供給可能な自立運転モード（V2L）と系統電力に連系可能な系統連系モード（V2G, V2H）の両者に対応しており、充電管理ECUからの指示に基づいて動作する。

(3) “V2X”に求められる機能

V2G/V2Hモード動作時は、電力系統に連系することになるため、日本国内の場合は系統連系規程（JEAC 9701-2012）、海外の場合は例えばIEEE1547等の規格に対応する必要があり、従来の車載部品には見られない電力品質確保や系統保護といった考え方が重要となる。表2に今回対応した機能の一例を示す。過電圧、過電流、過熱といった通常の充電器の保護機能に加え、単独運転^{※4}防止機能など

表2 系統連系機能の一例

| | 項目 | 仕様 |
|------|--------|------------------------------|
| 電力品質 | 力率 | 0.95 以上 |
| | 電流歪率 | 総合 5%以下、各次 3%以下 |
| | 連系運転範囲 | 電圧：定格値±10%以内 周波数：定格値±1%以内 |
| 系統保護 | 電圧 | 過電圧（OVR）、不足電圧（UVR） |
| | 周波数 | 周波数上昇（OFR）、周波数低下（UFR） |
| | 単独運転 | 受動方式、能動方式 |

異常発生時の解列機能を実現した。使用した評価系を図5に示す。

当社双方向充電器は同一回路にて充電と放電の両者に対応しており、小型化と低コスト化に寄与している。定格出力2kWにおいて、充放電ともに効率は92%以上、力率は0.99以上を実現した。

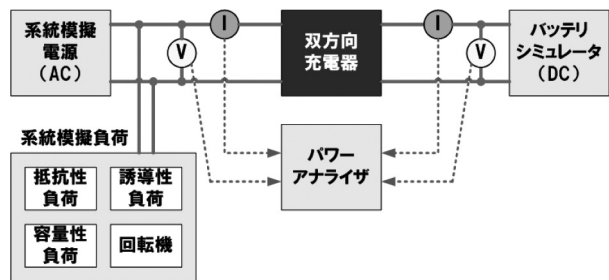


図5 双方向充電器の評価系

3. 結 言

“V2X”を実現するための双方向充電システムを開発し、双方向充電器の原理試作を通じて、1ユニットでの充放電が原理的に可能であることを実証した。充電関連技術の国際標準化が急速に進んでおり、今後もこれら標準化活動に貢献していくとともに、製品化に向けた技術開発を推進していく。

用語集

※1 Control Pilot信号

IEC61851-1で定義されている充電制御用のPWM信号。PWMのピーク電圧やDutyに基づいて、EV/PHEVとEVSE間の接続確認、充電シーケンスの管理などを行う。

※2 力率改善回路 (PFC: Power Factor Correction)

力率は、実効電力÷皮相電力で定義される。力率改善回路は、電流波形を入力電圧波形と相似になるよう制御し、高調波発生を抑制する回路。

※3 Hブリッジ回路

単一の電源を用いて、対角上にある半導体スイッチを交互にONすることで高周波交流電圧を作り出すことのできる回路。

※4 単独運転

電力系統に停電などの異常が生じた際に、インバータ出力が停止せずに通電を継続すること。作業員の安全性確保のため、単独運転防止機能が義務付けられている。

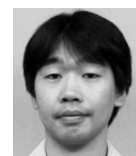
・ Bluetoothは、Bluetooth SIG Inc.の登録商標です。

参考文献

- (1) 廣田 他、「PHEV/EV用給電コンバータの開発」、SEIテクニカルレビュー第179号、P.76 (2011)
- (2) 鄭 他、「圧粉磁心による車載充電器用小型、高放熱型チョークコイルの開発」、SEIテクニカルレビュー第181号、P.58 (2012)
- (3) IEC 61851-1 Ed. 2.0 b:2010, Electric vehicle conductive charging system - Part 1: General requirement
- (4) SAE J2894-1: 2011, Power Quality Requirements for Plug-In Electric Vehicle Chargers
- (5) JEAC9701-2012、系統連系規程、一般社団法人日本電気協会、系統連系専門部会
- (6) IEEE1547-2003: IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems

執筆者

泉 達也* : 自動車新領域研究開発センター 主査



廣田 将義 : 自動車新領域研究開発センター 主査



畑中 健一 : 自動車新領域研究開発センター
グループ長



磯山 芳一 : 自動車新領域研究開発センター 主幹



佐野 勝彦 : 自動車新領域研究開発センター
グループ長



高山 浩一 : 自動車新領域研究開発センター 部長



*主執筆者