

電気パワートレインを試験評価する EV開発試験装置

須川雅志

要 旨

EV開発試験装置は、ハイブリッド車や電気自動車（EV）などの、電気パワートレイン各要素部品の挙動を模擬し、モータやインバータなどの性能試験に使用する試験装置です。EVパワーエミュレータと車両系制御シミュレータを組み合わせることで自動車全体をシミュレーションするHILSシステムにも対応しています。今回、EV開発試験装置における技術開発の概要と電池充放電試験装置を紹介します。

キーワード

- 電気パワートレイン ●インバータエミュレータ ●モータエミュレータ
- ハイブリッド車 ●電気自動車（EV） ●ベクトル制御 ●二次電池 ●充放電 ●リップル重畳

1. はじめに

地球温暖化などに対する世界的な環境意識の高まりや、自動車の低燃費化への要求からハイブリッド自動車、電気自動車（以下、EV）の開発が盛んに行われています。電気系パワートレイン（二次電池、インバータ、モータ）（**図1**）の開発においては、ソフトウェアシミュレータを用いて部品開

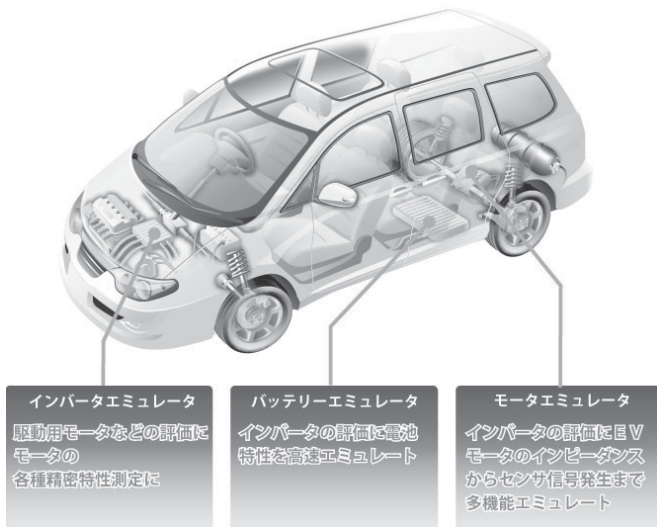


図1 電気パワートレイン構成図



写真 EVパワーエミュレータ(総合300kWシステム)外観図

発を行い、開発された部品の試験評価は入出力条件を電氣的に模擬した試験装置で評価を行う方法が主流になりつつあります。高砂製作所は2005年からEV開発試験装置の開発に取り組んでおり、高度な電源技術、DSPファームウェア技術とハードウェアアーキテクチャ技術により、バッテリー、インバータ及びモータの挙動を模擬するEVパワーエミュレータを開発しました（**写真**）。また、二次電池の評価試験用に、実車を使用することなく走行時と同様のインバータ電流波形パターンを再生できる充放電試験装置を開発しました。本稿では、EV開発試験装置の要素技術について紹介します。

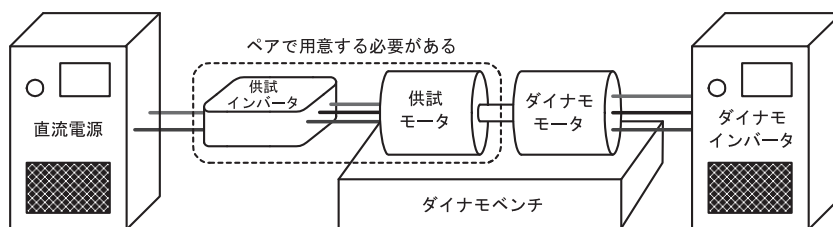


図2 従来のモータ評価システム

2. 概要

2.1 インバータエミュレータ

従来はモータの評価を行う場合、インバータとモータをペアで評価する必要があり、インバータの開発が完了しないとモータの評価試験ができず、開発期間短縮の妨げになっていました（図2）。

インバータ開発完了を待たずに、モータの評価試験を行いたいというニーズに応じて、インバータの動作を模擬するインバータエミュレータを開発しました。インバータエミュレータに使用する交流電源として、業界初の正弦波電流運転が可能な定電流駆動タイプの双方向Dクラスアンプを開発しました。この交流電源は、磁化成分電流（ I_d ）、トルク成分電流（ I_q ）をリアルタイム演算するための、DSPを用いたベクトル制御用コントローラを用いて制御を行い、モータに対して正弦波電流を通电することで、モータ設計値と同様の特性データを実機で取得することができ、理想的な評価試験を効率よく行うことが可能となりました。

図3にインバータエミュレータのブロック図を示します。

2.2 バッテリーエミュレータ

従来、インバータの評価試験は直流入力には実物のバッテリーを接続して行っていたのですが、バッテリーの特性は充電状態や温度によって変わるため、再現性の良い安定した評価試験ができませんでした（図4）。更に、バッテリーのエネルギーは有限のため、充電器を使用し充電率を調整する手間が必要でした。

そこで、バッテリーの特性（IV特性）をDSPにてエミュレー

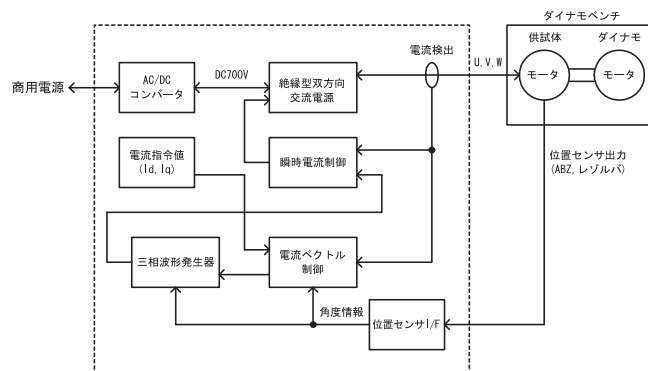


図3 インバータエミュレータのブロック図

ションすることによって、再現性の良い評価試験を連続して行うことができる、バッテリーエミュレータを開発しました。

図5にバッテリーエミュレータのブロック図を示します。

絶縁型双方向DC/DCコンバータは定電圧出力で使用し、電流計測値を元にIV特性テーブルを参照し計測した電流値に該当する電圧値を出力します。

また、バッテリーの充電特性、放電特性に近い条件でエミュレーションを行うために、充電率、電池温度、内部抵抗、開放電圧、残容量状態の条件を設定し、エミュレーションを行うこともできます（図6）。

これによりニッケル水素、リチウムイオン電池などの二次電池からキャパシタまで、幅広いエネルギー蓄積デバイスのエミュレーションを可能としました。

2.3 モータエミュレータ

インバータの開発評価を行うためには、実物のモータをダイナモベンチに設置し、供試インバータの負荷としていまし

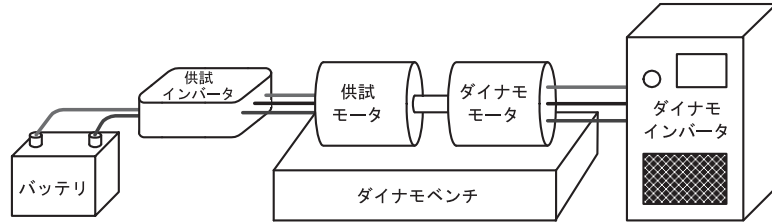


図4 従来のインバータ評価システム

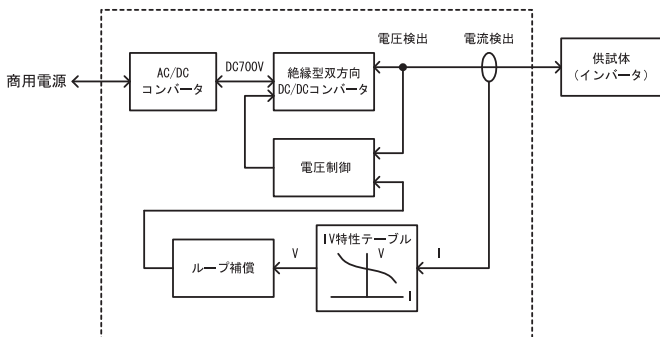


図5 バッテリーエミュレータのブロック図

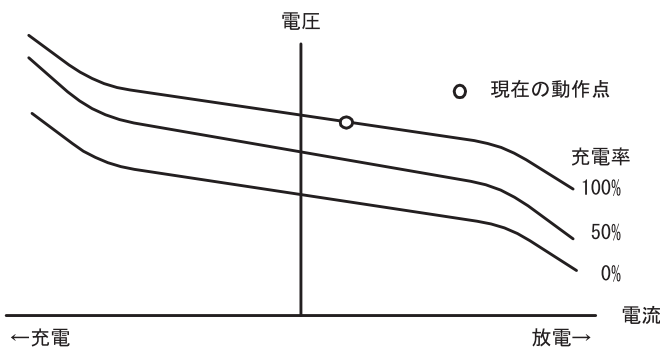


図6 充電率によるIV特性テーブルの切り替えによるエミュレーション

た。そのため、機械的騒音と回転部分の危険が伴っていました。更に、インバータの種類が変わるたびにそれに適応する特性のモータを用意する必要があり、準備に時間が掛かり開発効率を上げることができませんでした。

このため、モータ定数を自由に設定でき、安全に評価試験

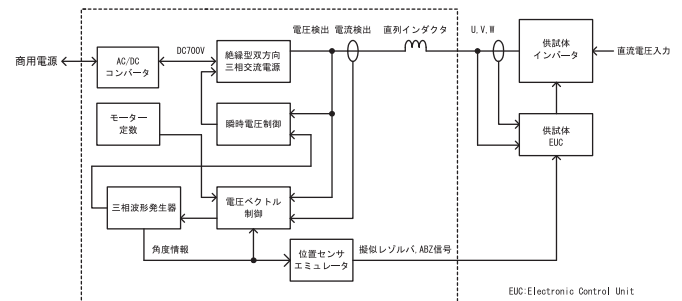


図7 モータエミュレータ評価システムのブロック図

ができる静止型モータエミュレータを開発しました。

モータモデルは、電気自動車やハイブリッド車に使用されている永久磁石型同期モータのエミュレーションを行います。

図7にモータエミュレータのブロック図を示します。

絶縁型双方向三相交流電源、直列インダクタ、制御回路で構成されています。絶縁型双方向三相交流電源は定電圧出力で動作し、あらかじめ設定された誘起電圧定数により、設定された周波数に比例したモータ誘起電圧を出力します。また、供試体インバータからの負荷電流を計測し、ベクトル制御にてモータインピーダンスの抵抗成分、インダクタ成分を発生させ、モータのエミュレーションを行います。このモータエミュレータを使うことでダイナモベンチが不要となり、設置面積の大幅な縮小が可能となりました。

2.4 充放電試験装置

二次電池の開発には、信頼性、寿命、特性を評価するために、いろいろな充放電モード制御が可能な充放電装置が必要になります。充放電試験ソフトウェアは、試験パターンを階

層構造で作成することができ、繰り返し試験を効率よくプログラミングできる手法を採用しています。設定する試験パターンは、評価グループを上位階層として、充放電モードの設定、時間移行、移行条件を最大50ステップ登録可能なパターン、実車の走行パターンなどを最大30,000ステップのパルス波形の登録ができます（図8）。

豊富な充放電モードを備えているため、あらゆる充放電試験に対応できます。

1) 定電流充電/放電

設定した電流値で充電または放電を行うモードです。

2) 定電流定電圧充電/放電

設定した電流値で充電または放電を行いながら、一定の電圧になるように充電または放電を行うモードです。

3) 定電力充電/放電

設定した電力で充電または放電を行うモードです。

4) パルス充放電

実車の走行時と同様の電流波形で充放電を行うモードです。

次に、ハードウェアの特徴について説明します。

1) 充放電試験装置は高精度高分解能の16bitD/Aコンバータ採用で、高精度の分解能、高い設定精度で充放電試験が可能です。

2) 実車の走行時と同様のインバータ電流波形（図9）を再現し二次電池の評価を行うために、双方向コンバータ技術を使用して、充電と放電が切り替わるクロスポイントがスムーズに切り替わり、電流波形のオーバーシュート、アンダーシュートが発生しない性能を実現しました（図10）。

評価グループ

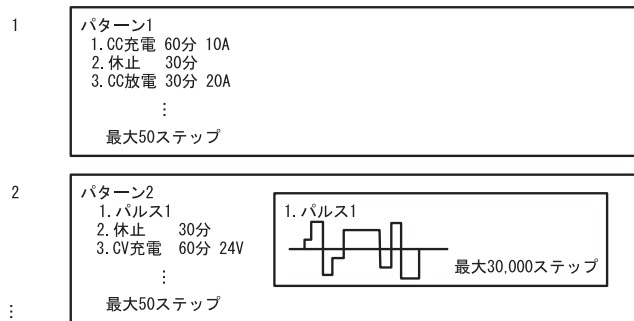


図8 階層構造による試験パターン概略

3) モータ用インバータの高周波リップル電流（数千Hz～数10kHz）による性能劣化を評価するため、充放電電流に交流電流を重畳する機能が要求されています。60Vタイプの充放電装置は10kHzまでゼロクロス歪みのない正弦

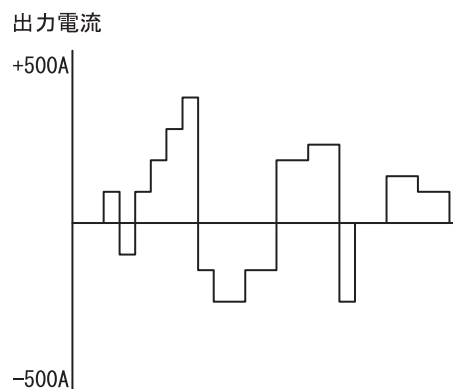


図9 実車走行時のインバータ電流を模擬した電流波形

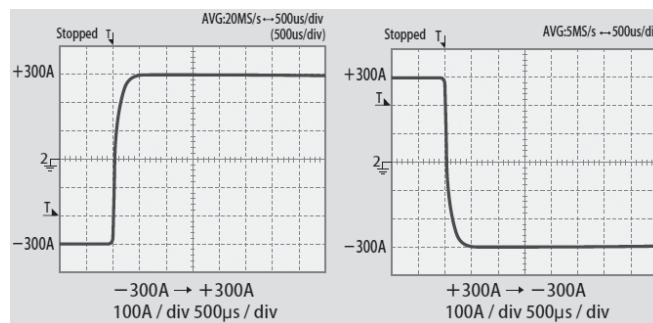


図10 放電から充電、充電から放電時の電流波形

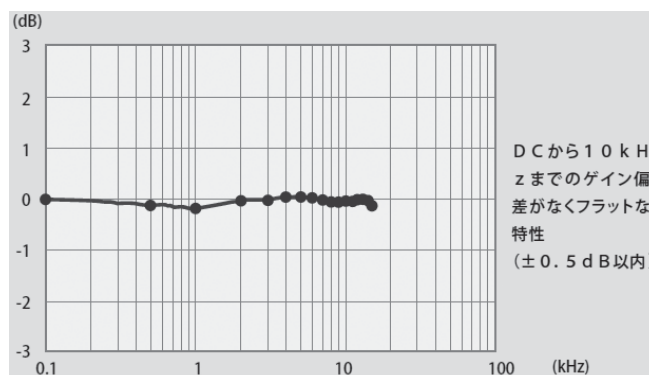


図11 リップル重畳周波数特性対利得のグラフ

波を実現し、更にDCから10kHzまでのゲイン偏差がなくフラットな特性を実現しました（図11）。

- 4) 放電時のエネルギーを高効率で一次側の電源系統に電力回生することができ、環境に配慮したシステムを実現しました。

3. おわりに

今後は環境にやさしい電気自動車の普及がこれまで以上に見込まれるため、EV開発試験装置のアナログ制御回路のフルデジタル化や小型化などにより、低価格化を実現することで自動車業界のスタンダード試験装置となるように更なる商品の開発を進めていきます。

参考文献

- 1) 本田一晃「ハイブリッド車開発におけるパワートレイン模擬装置について」、EPD Vol.24 No.5、コスモ・リパティ社、2007
- 2) 本田一晃「絶縁型コンバータによる高出力モータ模擬システム」、PED Vol.15、マイウェイ・テクノサービス、2006
- 3) モータ技術用語辞典編集委員会「モータ技術用語辞典」、日刊工業新聞社、2002.11

執筆者プロフィール

須川 雅志
高砂製作所
技術本部
電源技術部
主任

NEC 技報のご案内

NEC技報の論文をご覧くださいありがとうございます。
ご興味がありましたら、関連する他の論文もご覧ください。

NEC技報WEBサイトはこちら

NEC技報(日本語)

NEC Technical Journal(英語)

Vol.65 No.1 スマートエネルギー特集

スマートエネルギー特集によせて
NECのスマートエネルギー事業
特別寄稿：情報と電力の融合したデジタルグリッドとその適用

◇ 特集論文

EV充電インフラ

電気自動車向け充電インフラ整備を支える技術開発
蓄電・充電統合システム(BCIS)の開発
電気パワートレインを試験評価するEV開発試験装置
充電インフラを形成する大容量急速充電器「TQVC500M3」とCHAdeMOプロトコル
EV充電サービス用充電コントローラの開発

蓄電システム

効率的な電力管理と環境対応を実現した家庭用蓄電システム
大規模蓄電システムの開発とグローバル展開の戦略
高い安全性と長寿命を実現したリチウムイオン二次電池技術とその応用
リチウムイオン二次電池の長寿命化技術
多様なエネルギーを高効率で活用するマルチソースパワーコンディショナー

エネルギーマネジメントシステム(EMS)

HEMSソリューションへの取り組み
業務改善につなげるエネルギー見える化の推進
オフィスの省エネを支援する「エネパル Office」
エネルギー需要を最適に制御するBEMS「スマートビル」
ICTを活用したエネルギーマネジメントシステム
電力検針自動化に向けた取り組み

エネルギーデバイス

表面実装対応焦電型赤外線センサ
有機ラジカル電池の開発
待機電力ゼロの電子機器を目指す不揮発ロジック技術の開発

◇ 普通論文

省エネに貢献するLEDシーリングライト連続調光・調色照明器具
低損失金属磁性材“センティクス”を用いた大電流用チョークコイル「MPCG」

◇ NEC Information

C&Cユーザーフォーラム& iEXPO2011

人と地球にやさしい情報社会へ～みんなの想いが、未来をつくる～
NEC講演
展示会報告

NEWS

2011年C&C賞表彰式開催

NECグループ会社紹介

電気自動車から蓄電システムまで広がる用途独自技術で高い安全性と高出力を両立



Vol.65 No.1
(2012年2月)

特集TOP