



ET (Energy Test) システム用直流回生コンバーター

DC Regenerative Converter for ET (Energy Test) Systems

横山 晋一*¹
Yokoyama Shinichi

梶 芳久*¹
Kaji Yoshihisa

松岡 玲*¹
Matsuoka Akira

あらまし

ET (Energy Test) システムは、ハイブリット車専用の高性能電池や大容量キャパシタの性能評価に使用される。通常の充放電テストのほか、実車走行電流シミュレーション、モーター駆動インバーターのリップル電流を模擬した電池の特性評価などを行うために、高速応答、低リップル動作可能な直流回生コンバーターを開発した。

さらに、従来必要であった放電用バイアス電源を削除した方式を開発して、省スペース化を図った。従来コンバーターと電氣的・構造的互換を保っているため、直流回生コンバーターを交換するだけで、ETシステムの機能アップが可能である。

Abstract

The ET (Energy Test) system is used for evaluating advanced batteries or capacitors in hybrid vehicles. To carry out an actual traveling electric current simulation, characteristic evaluation of batteries by simulating the ripple current of the motor driven inverter, etc, as well as the existing charging/discharging test, this time, we have developed a quick response DC regenerative converter supporting the low ripple action.

Further more, this converter saves space by eliminating the bias power supply previously required for discharging. As this converter is electrically and structurally compatible with the traditional one, the ET system can be improved only by replacing the DC regenerative converter.

* 1 パワトロシステム事業部 第二パワトロシステム部

1. ま え が き

化石燃料の大量消費によって二酸化炭素の排出量は図1のように年々増加しており、地球温暖化などの環境問題が生じている。これらの背景から二酸化炭素などの温室効果ガス^{注1)}の削減を定めた京都議定書^{注2)}が合意され、各国の対応が始まっている。環境問題や石油高騰によりハイブリット車^{注3)}などの低排出ガス車両は非常に注目され、その開発が活発になっている。

ハイブリット車のキーパーツは、ニッケル水素およびリチウムイオン電池や大容量キャパシタであり、その開発や製造にET (Energy Test) システムは欠かすことができない。

電池やキャパシタなどの充放電テスト、実車走行電流エミュレーション、車のECU (Electric Control Unit)^{注4)}との連携テストを可能とするため、ETシステムは高速応答、低リップル電流での動作が求められている。また、電池の放電エネルギーを熱エネルギーとして捨てるのではなく、交流電力へ回生して効率を高める必要がある。

今回、高速応答、低リップル電流の直流回生コンバーターを開発したので報告する。

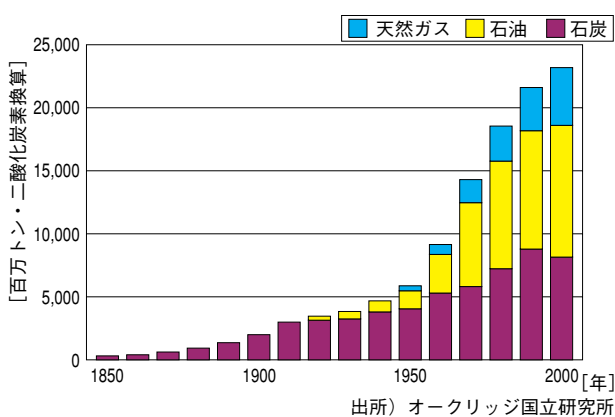


図1 燃料別に見る世界の二酸化炭素排出量

2. 概 要

2.1 装置概要

図2に回生型ETシステムの構成例を示す。

回生型ETシステムは、絶縁トランス部、交流から直流への力行、直流から交流への回生を行う交流回生コンバーター部と今回開発した直流回生コンバーター部、また、直流回生コンバーターを制御して、安全保護、電圧・電流のデータ取得を行うコンピュータ部で構成している。

図3に直流回生コンバーターの外観、表1に仕様一覧を示す。

直流回生コンバーターは60V / 30A, 300V / 20A, 600V / 10Aタイプの3種類を基本ユニット

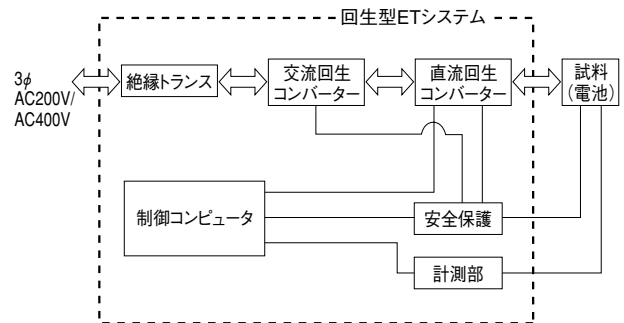


図2 回生型ETシステムの構成例

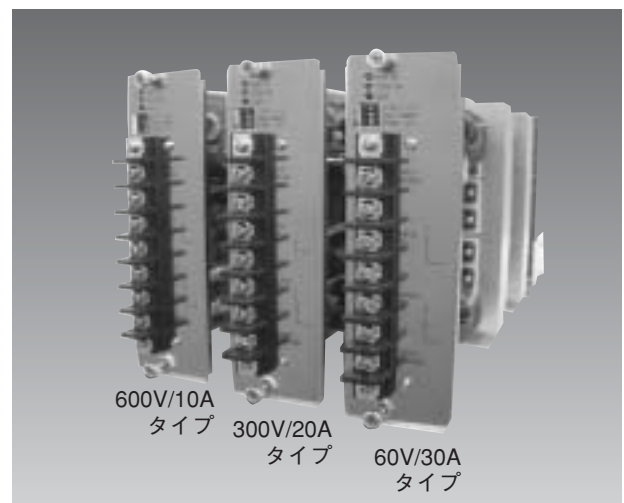


図3 直流回生コンバーターの外観

注1) 大気中の二酸化炭素・メタンといった気体は、赤外線のように地表から宇宙に逃げていくエネルギーを吸収して大気を暖め、地球の平均気温を上げる働きをする。このような働きは温室効果と呼ばれ、この効果を持つ気体を温室効果ガスと呼ぶ。

注2) 地球温暖化を防止するための国際条約。先進国から排出される温室効果ガスの具体的な削減目標や達成方法などを定めている。

注3) 複数の動力源を組み合わせ、状況に応じて動力源を同時にまたは個々に作動させて走行する自動車。動力源としてガソリンエンジンやディーゼルエンジンと電動機の組み合わせなどがある。

注4) 自動車のエンジンをはじめ、ブレーキやエアバッグなどを電子制御する装置の総称。

表1 仕様一覧

項目	内容		
機種	60V/30Aタイプ	300V/20Aタイプ	600V/10Aタイプ
回生側電圧	DC320V~DC350V	DC320V~DC350V	DC640V~DC700V
充放電電圧	0~60V	0~300V	0~600V
充放電電流	0~±30A	0~±20A	0~±10A
動作温度	0℃~40℃		

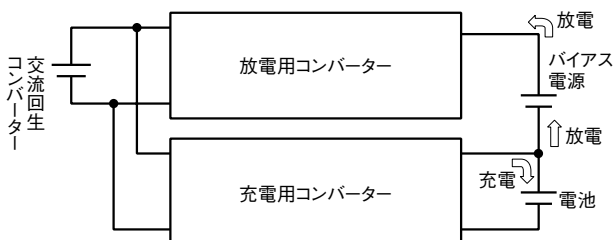


図4 従来のコンバーター方式のブロック図

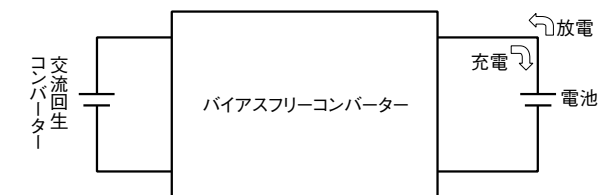


図5 バイアスフリーコンバーター方式のブロック図

とし、ETシステムの仕様によりユニットを組み合わせ柔軟にシステム構築可能である。

2.2 開発の課題

バイアス電源の削除、高速応答、低リプル電流のETシステムを構築するため、今回開発した直流回生コンバーターの課題は次のとおりとした。

- 1) バイアスフリーコンバーター方式の開発
- 2) コンバーターフェーズシフトによるリプル低減
- 3) コンバーター2相化による高速応答
- 4) 直流回生コンバーターの並列運転
- 5) 従来コンバーターと電氣的・構造完全互換

3. 開発の内容

3.1 バイアスフリーコンバーター方式の開発

図4に従来方式のブロック図を示す。

この方式では、充電用（力行）コンバーターと放電用（回生）コンバーターが分かれており、充放電の際には別々に動作する。放電用コンバーターには、電池を0V放電するため、バイアス電源が接続されている。そこで今回、省スペース化のため、バイアス電源が不要なバイアスフリーコンバーター方式を開発した。

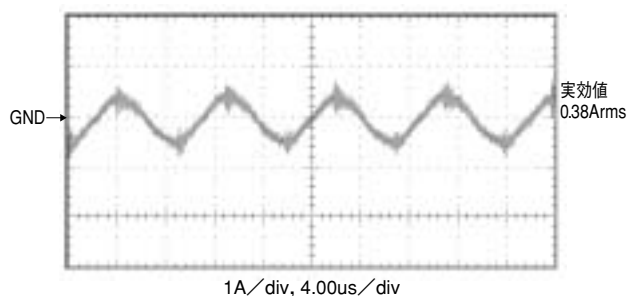


図6 1相バイアスフリーコンバーターのリプル電流

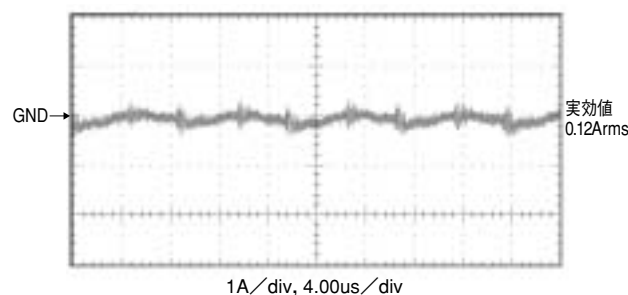


図7 2相バイアスフリーコンバーターのリプル電流

図5にバイアスフリーコンバーター方式のブロック図を示す。

本方式によりバイアス電源を削除でき、システムの信頼性向上および省スペースを実現した。

3.2 コンバーターフェーズシフトによるリプル低減

1相バイアスフリーコンバーターでは、図6のようにリプル電流が0.38Armsあった。そこで、リプル電流を低減するため、図8のようにコンバーターのスイッチングを180°フェーズシフトさせて2相化とした。これにより、図7のようにリプル電流を0.12Armsとして1相比約1/3を実現した。

3.3 コンバーター2相化による高速応答

3.1項のバイアスフリーコンバーターを直流回生コンバーターに応用すると、MOS-FET内部のボディダイオードの逆回復損失により、スイッチングロスが大きくなるため、スイッチング周波数を下げる必要があり、高速応答できなくなる問題がある。

しかし、3.2項でリプル電流を低減したことにより、コンバーターのチョークコイル、平滑コンデンサの容量を小さくすることができる。

これによって周波数帯域を広域化でき、高速応答を実現した。

3.4 並列動作時の同期運転

ETシステムを構成する際、直流回生コンバーターは電流量を増やすために並列接続する。しかし、

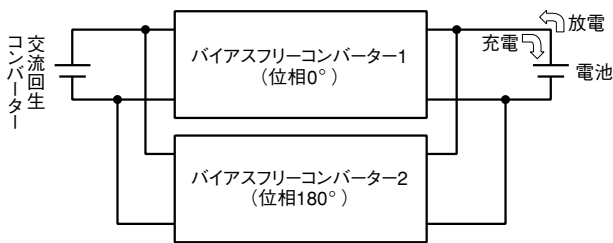


図8 フェーズシフトしたコンバーターのブロック図

コンバーターごとのスイッチング周波数のばらつきによりビートを発生する場合があります。そこで、スイッチングを同期させることにより、ビートの発生を抑えて低リプルを実現した。

3.5 従来コンバーターと電氣的・構造完全互換

コンバーター以外の従来機種をそのまま活用するため、コンバーターは従来品と電気・構造完全互換で開発した。これにより、制御ユニット、FANユニットなどを流用でき、短期間でETシステム開発することができた。

4. 応用分野

直流回生コンバーターは、ETシステムに組み込みハイブリット車両の電池評価試験以外にも、以下の用途としても最適である。

4.1 電源/負荷装置

コンバーターの充電機能により電源として動作、また放電機能により回生負荷として動作が可能である。これによって大容量電源、回生負荷としてモーター・コンバーターなどの評価に活用できる。

4.2 バッテリーエミュレーション

ETシステムにバッテリーの放電・充電特性をプログラム設定することにより、擬似バッテリーとしての使用を可能とした。これによって、バッテリーの代わりとしてインバータなどの評価に活用できる。

図9にバッテリーエミュレータのI-V特性を示す。

5. むすび

今回の開発によって、直流回生コンバーターの充放電電流の高速応答、低リプル電流を実現した。

さらに、バイアスフリーコンバーター方式を開発

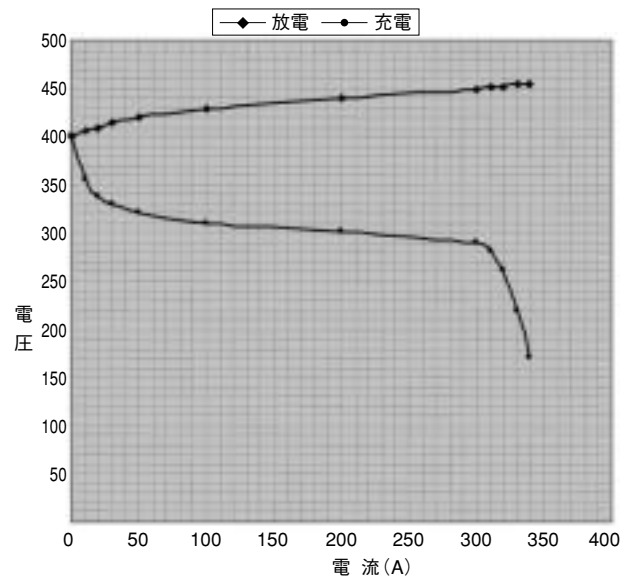


図9 バッテリーエミュレータのI-Vパターン特性

することで、放電用バイアス電源を削除し、ETシステムを小型化できた。

今後、ハイブリット車の本格量産に備えて、更に総合性能向上と低コストなシステムを開発して行く。

参考文献

- 1) 引用元「全国地球温暖化防止活動推進センターホームページより (<http://www.jccca.org/>)」, 温室効果ガス排出量 (世界) (2000年), 14項「燃料別に見る世界の二酸化炭素排出量の推移」, 出所「オークリッジ国立研究所」.



【開発者】左から、松岡、梶、横山