

低燃費で地球に優しく力強いHEVシステムの開発

Development of Hybrid Electric Vehicle Systems

浜田 晴喜 Haruki Hamada

濱野 宏 Hiroshi Hamano

吉原 重之 Shigeyuki Yoshihara



疾走するEV

車両後部搭載の電源をインバータで交流に変換し、モータを回転させ、車両を駆動する。

HEV(ハイブリッド電気自動車)はこのEV(電気自動車)技術に応用したシステムで、モータとエンジンを組み合わせた協調制御により、低燃費、高出力化を実現する。

EV(Electric Vehicle),HEV(Hybrid Electric Vehicle),FCEV(Fuel-Cell Electric Vehicle)用の電気駆動システムでは、モータとインバータの車両搭載性が重視される。そのため日立グループは、モータとインバータの小型・軽量化、高出力化をメインテーマに開発を推進している。

これまでの成果として、モータは出力・質量比で約4.5倍、インバータは容量・容積比で約5.2倍の小型・高出力化をそれぞれ達成した。現在は次のステップとして、性能にとどまらず、信頼性でも自動車メーカーの高い要求にこたえるモータとインバータを提供できる体制を整えている。

1 はじめに

電動モータを使用した自動車は、EV(Electric Vehicle),HEV(Hybrid Electric Vehicle),およびFCEV(Fuel-Cell Electric Vehicle)の3方式に大別される。

その中で、自動車本来の走行性能を損なわずに燃費を改善し、車両コストを増やさず、最も量販が見込める方式として、HEVが今後の自動車の核になると考えられている。エンジンと電動モータそれぞれの効率のよい領域を制御によって組み合わせたHEVでは、低燃費かつ力強い走りが得られる。

日立グループは、伝統あるモータの開発技術力と、パワーモジュールを中心にした三相交流モータ制御技術を結集して、小型・軽量、高効率、低価格のHEVシステムを開発した。

ここでは、このHEVシステム用のモータとインバータの開発

状況と、信頼性評価について述べる。

2 モータ

HEV用駆動システムでは、車両の限られたスペースの中でエンジン回りにモータを搭載する必要があり、小型、高出力、高効率、高信頼性が求められる。

2.1 モータ小型化のトレンド

日立グループは、小型・軽量、高出力、高効率を達成するために、永久磁石方式同期電動機を採用し、出力・質量比(質量当たりの出力)が大きいモータの開発に取り組んでいる。モータの小型・軽量化の推移を図1に示す。日立グループの誘導電動機システムの第1世代モータの出力・質量比を

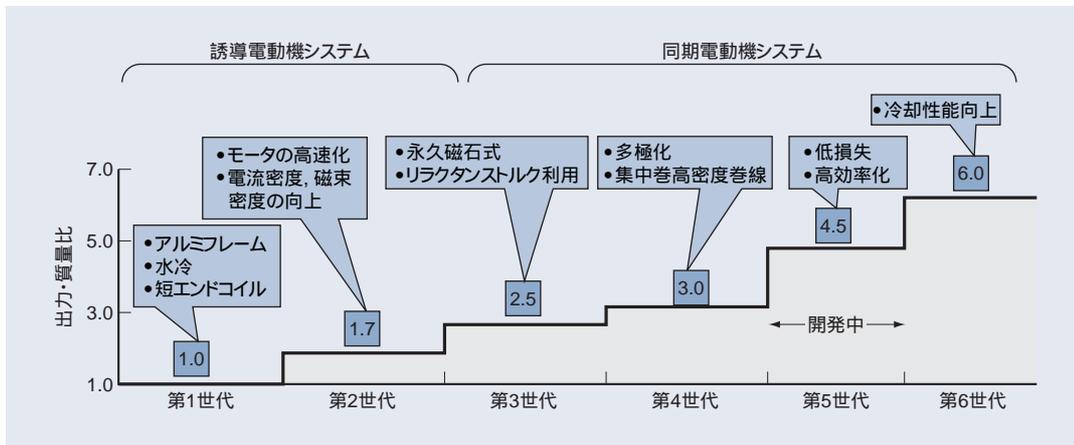


図1 HEV用モータの小型・軽量化の推移
HEV用モータの小型・軽量化の推移と達成手段を示す。第6世代は、今後の目標である。

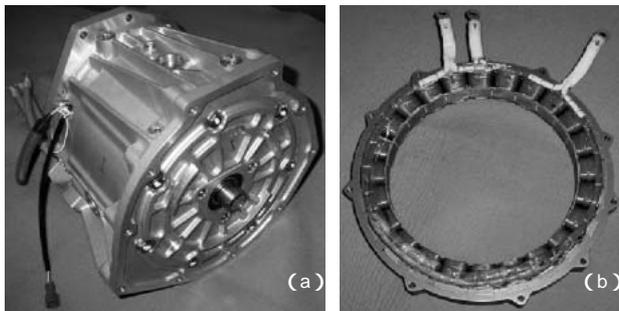


図2 100 kW級モータ(a)と薄型モータ(b)
開発中の高出力、小型・軽量の試作モデルを示す。

1.0とすると、永久磁石同期電動機システムの第5世代モータでは4.5を達成し、さらに、第6世代の開発を推進中である。

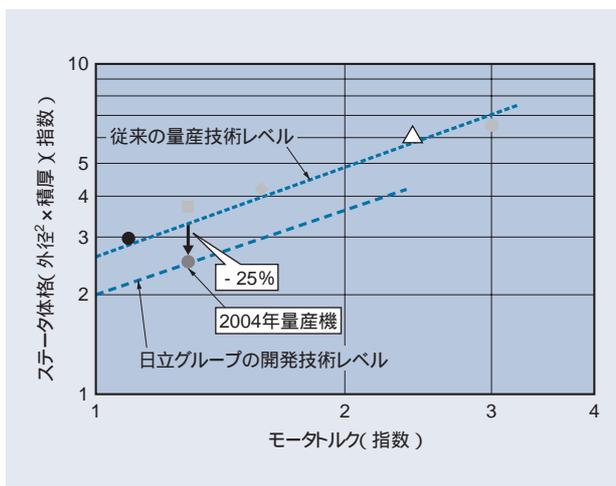
また、HEVであっても高い走行性能を確保することが重要であり、それを可能にする最大出力100 kWを超えるモータの試作を完了している(図2(a)参照)。一方、車両搭載寸法制限から薄型モータへのニーズも高く、それについても開発を完了し、評価中である(図2(b)参照)。

2.2 モータ小型化の技術レベル

モータの小型、高トルク化の指標となるステータ体格に対するモータトルクの関係を図3に示す。現在のHEV用モータ小型化の技術レベルでは、従来の量産技術レベルに対してステータ体格を25%低減することが可能である。この小型、高トルクモータは2004年からの量産開始を予定しており、す



図4 HEV用モータ巻線の量産ライン
月産5,000台分の製造能力を持つ。



注：記号説明 (当社従来量産機A), (当社従来量産機B)
(当社従来量産機C), (当社従来量産機D)
(当社従来量産機E), (2004年量産機)

図3 HEVモータの小型化技術レベル

モータ体格を-25%にしても、モータトルクは同じになる。



図5 HEV用モータの組立ライン
月産5,000台の量産能力を持つ。

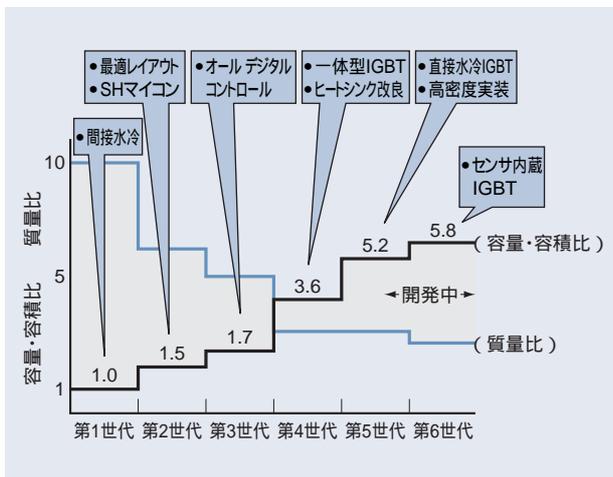
で生産能力月産5,000台の生産ライン導入を完了している
(図4,図5参照)。

3 インバータ

3.1 インバータ小型化のトレンド

HEV用インバータには、車両の限られた配置スペースに対応した小型化、走行性能確保に対応した出力の大容量化、および低コスト化が求められている。

日立グループは、スイッチング素子にIGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)を使用したPWM(Pulse Width Modulation)方式のインバータを採用している。日立グループ



注: 略語説明 IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)

図6 インバータのトレンド

インバータの小型・軽量化のトレンドと達成手段を示す。

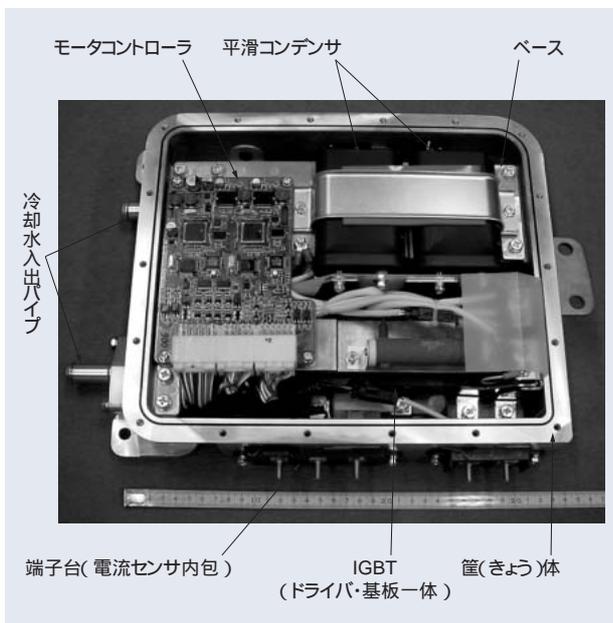


図7 第5世代インバータの内部

直接水冷方式のIGBTツインインバータを採用した小型・軽量化の例を示す。

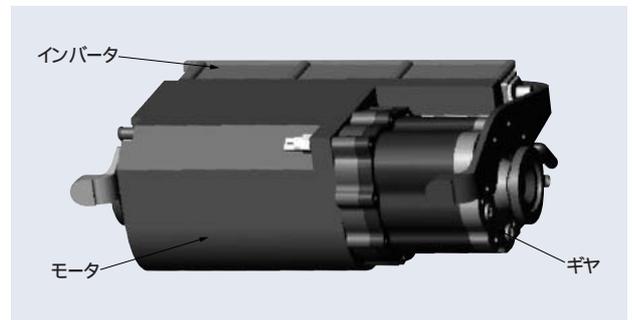


図8 HEV駆動用機電一体ユニットの外観

モータ、インバータおよびギヤを一体化することにより、システム全体としての小型化と低コスト化を図った。

ブのインバータ小型化のトレンドを図6に示す。現在の開発段階は第5世代を終了しており、第6世代の開発に着手している。第5世代の容積当たりの出力容量では、第1世代に比べて約5.2倍の小型・高出力化を達成している。これは、独自に開発した直接水冷式IGBTの採用を中心にした、高密度実装化によるものである。また、高密度実装の発熱対策として、熱伝導性に優れた形状の中間プレートを設置して、冷却水側への放熱性能を向上させている。

3.2 モータ・インバータ・ギヤの一体化

日立グループは、モータ、インバータおよびギヤを一体化したHEV駆動用機電一体ユニットを開発中であり、試作対応体制を整えた。一体ユニットにすることでシステム全体としての体積効率を向上でき、冷却系の簡素化、部品コストの削減が可能になる。

4 信頼性評価設備

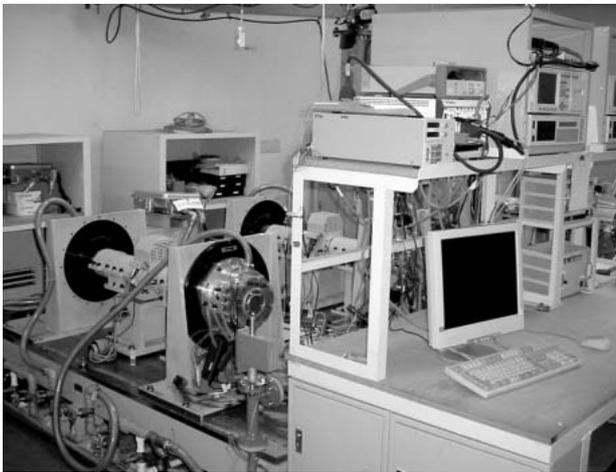
4.1 性能試験設備

性能試験設備では自動車の環境条件を再現するために、バッテリー電圧、冷却水温や外気温を可変制御しながら、モータの出力や効率などを自動測定する。近年の自動車通信システムのトレンドであるCAN(Controller Area Network)によって制御し、モータトルクや回転の物理データ測定と、コントローラが扱う制御データの同時モニタを可能にしている(図9参照)。

4.2 耐久試験設備

インバータとモータに任意の振動条件を与えながら運転が可能な耐振動評価設備を導入した。従来は無通電状態での評価であったが、この設備によって、さらに高度な信頼性評価が可能になった(図10(a)参照)。

また、大型熱衝撃試験装置を導入した。製品の質量が大きいため、従来は急速な温度変化を与えることが困難であったが、この装置の導入により、さらに厳しい試験を可能にし、



- 電源電圧：100～800 V
- 回転速度：20,000 r/min
- 最大トルク：500 Nm
- LLC冷却：-30～100

- 走行パターン運転
- 自動測定(定常, 過渡)
- 測定項目: トルク, 回転, 温度, 振動, 電圧, 電流
- 解析: 効率マップ, 振動成分

注：略語説明 LLC(Long-Life Coolant)

図9 試験・評価設備

信頼性を評価するために、さまざまな試験を行っている。

加速評価と実力値把握に貢献している(図10(b)参照)。

以上の信頼性試験設備の導入により、自動車メーカーのさまざまな評価試験や耐久条件の要求にこたえることができると考える。

5 おわりに

ここでは、主にHEV用電気駆動システムを構成するモータとインバータの小型・高出力化のトレンドと開発の過程および現状を明示し、信頼性評価における日立グループの対応状況について述べた。

執筆者紹介



浜田 晴喜

1974年日立製作所入社、オートモティブシステムグループ EP本部 エレクトリックパワートレイン開発センタ 所属
現在、主に高電圧型インバータの設計に従事
E-mail : h-hamada @ cm. jiji. hitachi. co. jp



吉原 重之

1980年株式会社日立カーエンジニアリング入社、設計本部 EVグループ 所属
現在、HEVインバータ制御の設計に従事
SAE会員
E-mail : y-yoshi @ cm. jiji. hitachi. co. jp



図10 耐久試験設備

振動と熱衝撃に対する信頼性評価のための設備の外観と評価の諸条件を示す。

HEVの市場規模は、近い将来、速度を上げて拡大すると思われる。日立グループは、今後も継続して自動車メーカーとユーザーのニーズに合わせた開発を推進させ、ベストソリューションを提案し、環境保全・化石燃料削減に貢献する取り組みを強化していく考えである。

参考文献

- 1)堀,外:自動車用モータ技術,日刊工業新聞社
- 2)K. Oyama, et al.: Novel 600-V Trench High-Conductivity IGBT(Trench H : GT)with Short-Circuit Capability, 417-ISPSPD 2001



濱野 宏

1987年日立製作所入社、オートモティブシステムグループ EP本部 エレクトリックパワートレイン開発センタ 所属
現在、高電圧HEVモータの開発, 設計に従事
E-mail : h-hama @ cm. jiji. hitachi. co. jp