

電動バス向けヒートポンプ空調用電動コンプレッサ ES80の開発

Development of ES80 Electric Compressor for Heat Pump Air Conditioning Systems in Electric Buses

角口 健一*1 猪飼 健介*1 石原 弘貴*1
 Kenichi Kadoguchi Kensuke Ikai Hiroki Ishihara

*1 コンプレッサ事業部 技術部

要旨 電動コンプレッサES80は、電動バスのヒートポンプ空調に搭載されている。乗用車だけでなく、バス市場でも電動化が進んでおり、電動バス向けにも電動コンプレッサの需要が高まっている。電動バス向けに適した電動コンプレッサが必要となる。これまでの乗用車向け技術を応用し、大容量化、高電圧化、小型軽量化に対応するES80を開発した。ここでは、その製品概要を紹介する。

キーワード: スクロール式圧縮機、電動バス、ヒートポンプ

Abstract The Electric Compressor ES80 is installed in the heat pump air conditioning systems of electric buses. Electrification is progressing not only in passenger cars but also in the bus market, increasing the demand for electric compressors for electric buses. There is a need for electric compressors suitable for electric buses. We have developed the ES80 compressor by applying the technology used for passenger cars, which is capable of handling high capacity, high voltage, and compact and lightweight design. Here, we introduce an overview of this product.

Keywords: Scroll Type Compressor, Electric bus, Heat Pump

1 はじめに

自動車業界では、環境に対する法規制強化に伴い、ハイブリッド車(HEV)、プラグインハイブリッド車(PHEV)、電気自動車(BEV)、燃料電池車(FCEV)などさまざまな電動車の販売が増えている。

これら電動車のカーエアコンには、電動タイプのコンプレッサが必要となり、当社では2003年に2代目プリウス向けに世界初(当社調べ)の量産型カーエアコン用電動コンプレッサES18の生産を開始した。その後も約20年にわたり電動コンプレッサの容量・機種バリエーションを拡大し(図1)、生産台数は2022年度に累計3300万台を突破している。



図1 電動コンプレッサの機種変遷
 Fig.1 History of Electrical Compressor

従来のガソリン車では、電動コンプレッサは冷房空調専用で搭載されていた。一方BEVでは、エンジン廃熱を利用した暖房を行うことができないため、電動コンプレッサを用いたヒートポンプ空調の需要も高まっている。ヒートポンプ空調システムとは、大気から熱を取り込んで車室内を暖房するシステムである。

さらに、電動コンプレッサに求められる機能も多様化している。車室内だけでなく、高温になりやすい電池などの車載電子機器を冷却する熱マネジメントの重要性も高まっており、電動コンプレッサは電動車に必要不可欠な部品として役割の幅を広げている(図2)。

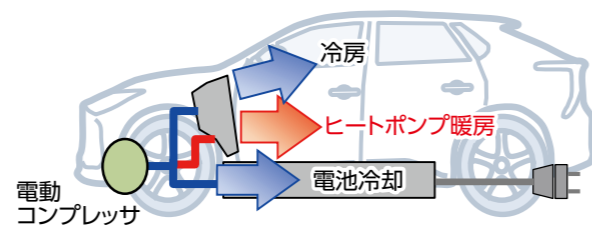


図2 電動コンプレッサを用いたヒートポンプ空調
 Fig.2 Electric Compressor-Driven Heat Pump Air Conditioning

近年では、バス市場でも電動化が進んでおり、電動バス向けにも電動コンプレッサの需要が高まっている。乗用車向けと比べ車室内が広いので、より大容量な電動コンプレッサが必要となる。ES80は、電動バスの冷暖房空調に搭載する電動コンプレッサとして開発され、2023年から市場に出る予定である。

ここでは、その製品概要を紹介する。

2 開発コンセプト

電動コンプレッサは、スクロール式のコンプレッサ部、コンプレッサを駆動するモータ部、モータを駆動制御するインバータ部から構成されている(図3)。

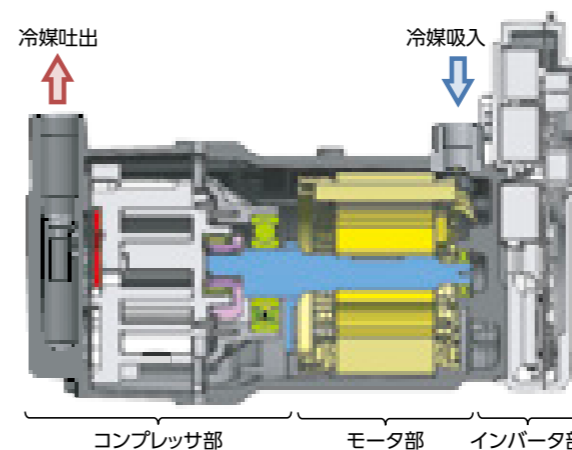


図3 ES80のシステム概要
 Fig.3 System Outline of ES80

当社では、コンプレッサ、モータ、モータ制御ソフトウェア、インバータといった基本構成部品の設計、評価、生産体制を整えており、車両ニーズに対応した最適な製品作りに取り組んでいる。電動バス向け電動コンプレッサに求められる主な顧客ニーズは以下である(図4)。

1) 大能力

電動バスでは、エンジン廃熱を利用して暖房を行うことができない。そのため、大気から熱を取り込んで暖房する、電動コンプレッサを用いたヒートポンプ空調システムの採用が検討されている。乗用車向けと比べ車室内が広いので、大容量な電動コンプレッサが必要になっている。

2) 長寿命化

電動バスでは、夏場の車室内の冷房だけでなく冬場の暖房にも使われるため、使用時間が長くなる。そのため、従来のコンプレッサと比べ、より長寿命化が求められている。

3) 高電圧化

電動バスでは、運行スケジュールに影響しないよう急速充電するために、電池の高電圧化が進んでいる。そのため、電池から電力供給を受ける電動コンプレッサは、モータやインバータの高電圧化対応が求められている。

4) 小型・軽量化

バリアフリー電動バスは、低床化設計から床下にスペースがなく、冷暖房空調は天井に配置されるため軽量化が必要である。また、同じ天井に配置される電池や充電器のスペースを確保するためには、冷暖房空調の省スペース化も必要である。そのため、電動コンプレッサは小型・軽量化対応が求められている(図5)。

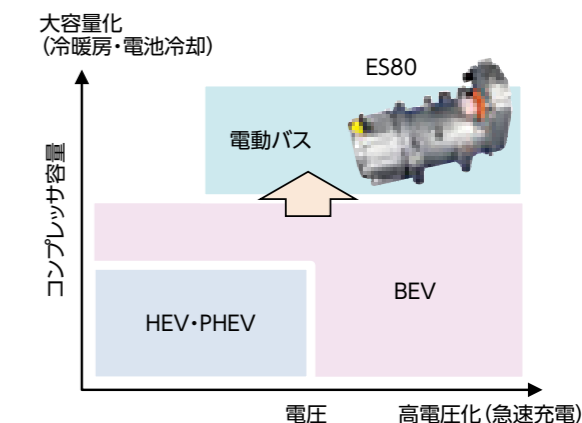


図4 電動コンプレッサの高電圧化・大容量化の拡充
 Fig.4 Expanding of High-Voltage / Large-Capacity Electrical Compressor

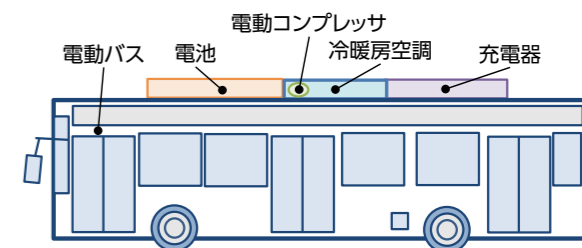


図5 電動バスへの冷暖房空調の搭載
 Fig.5 Installation of Air Conditioning for Heating and Cooling in Electric Buses

これまで当社では、電動コンプレッサの容量・電圧帯のバリエーションを拡充してきたが、以上のようなニーズに対応するコンプレッサは存在しない。現有機種で対応するには、能力が足りないため容量34ccの電動コンプレッサESB34を2台使い、高電圧対応していないため電圧を降圧させるDC-DCコンバータを併用するなどの対応が必要となる。

そこで、1台でも電動バスのニーズに対応するために、新たなラインナップとして高電圧対応した容量80ccの電動コンプレッサES80を開発した。

3 開発の概要

1) コンプレッサ

ES80向けコンプレッサは、大能力、長寿命化を両立するために、市場実績のある容量80ccのエンジン車向けスクロールコンプレッサSCSA08を流用した。しかし、エンジン車向けよりも電動バス向けは使用時間が長く、従来のメインベアリングでは十分な寿命を確保できないことが判明したため、新規メインベアリングを採用することで目標寿命を満足することができた。

メインベアリングとは、回転するシャフトを介して、固定スクロールと旋回スクロールで発生する圧力変動を支える部品であり、コンプレッサにとって重要な機能部品である。メインベアリングの目標寿命を満足するには軸長を伸ばす方法もあるが、体格アップし小型化ニーズに対応できない。そこで、従来の複列アンギュラ玉軸受から単列深溝玉軸受に変更し、スペースに余裕のある胴径方向に拡大することで、軸短化も達成し目標寿命を満足することができた(図6)。このようにして、大能力、長寿命化、小型化を実現した。

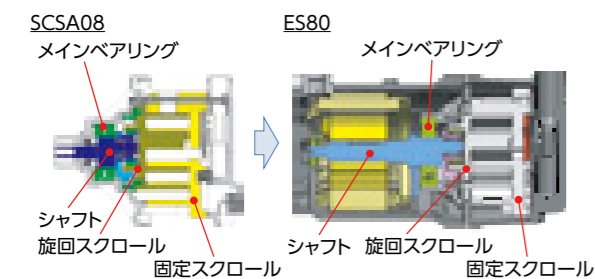


図6 SCSA08とES80の構造比較
Fig.6 Structural Comparison between SCSA08 and ES80

2) モータ

ES80モータは、車両電池の高電圧化に対応する設計を行った。具体的には、国際電気標準会議(IEC)規格に準拠した絶縁距離拡大、高電圧特有の現象である部分放電*1の発生防止である。その達成のために様々な変更を織り込んでいるが、特に大きな変更が「巻線方式変更」である。従来機種で採用している巻線方式である分布波巻では、3相の各相間がコイルエンドで近接していること、

及び、コイル内の電位差の大きい部位が近接しているため、部分放電の発生防止が困難であった。

そこで、当社電動コンプレッサとしては初採用であったが、部分放電発生防止に有利な集中巻モータを愛知電機(株)と共同で開発した(図7)。

*1 部分放電:電位差が大きく近接したワイヤ間で放電が発生し、長時間放電が繰り返されることでワイヤの絶縁皮膜が徐々に損傷し絶縁破壊に至る現象

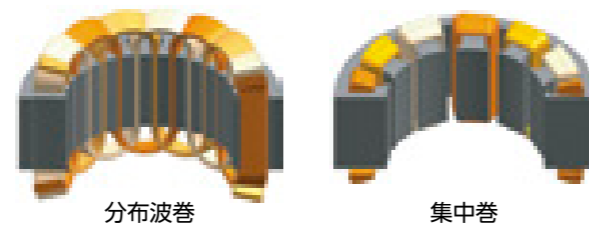


図7 巻線方式の概要
Fig.7 Outline of Coil Winding Method

集中巻とすることで各相コイル間の絶縁距離を確保し相間の放電を防止、また、各相内のコイルを直列に接続し、電圧を各コイルに分担させることでコイル内の電位差を低減して放電を防止し(図8)、体格アップや絶縁部材のコストアップなく高電圧化を実現した。

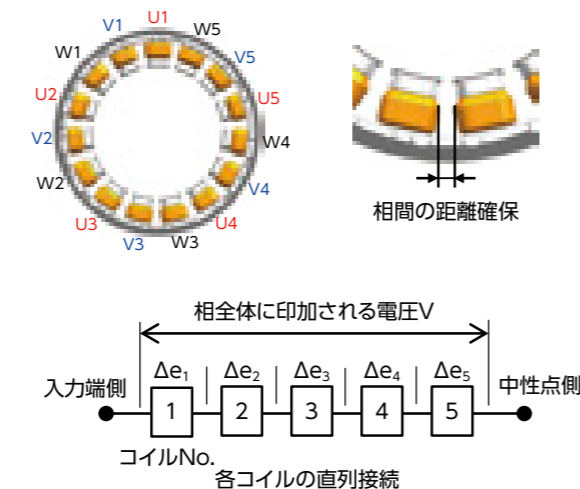


図8 高電圧対応設計の概要
Fig.8 Overview of High Voltage Design

3) インバータ

ES80のインバータは、高電圧化に対応するために従来機種に対し、入力フィルタ(コモンコイル、キャパシタ)、出力素子(IPM: Intelligent Power Module)を高耐圧部品へ変更し、要求仕様を満足できる設計を実施した。構造に関しては、高電圧に伴い、必要な絶縁距離を確保するため部品体格が大きくなるが(IEC規格に準拠)、部品配置の最適化と、インバータ固定用のネジ位置の共通化を図

り、既存ラインで製造が可能なインバータを実現した(図9)。

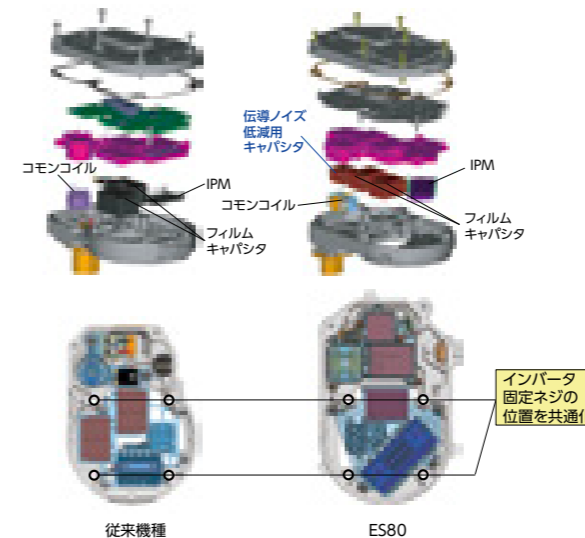


図9 新旧機種の部品構成比較
Fig.9 Comparison of Component Composition between New and Old Models

また、ES80インバータは今後の様々な車両メーカーへの拡販に対応できるよう開発を進めた。拡販するためにはノイズ対応が課題となり、車種によっては車両側キャパシタがなく、インバータ動作時に配線を伝って発する伝導ノイズが大きくなるため、他機器に悪影響を及ぼす可能性がある。そこで、インバータ内にノイズ伝搬を低減するキャパシタを電動コンプレッサとして初めて採用し、車両側のキャパシタ有無に関係なく、国際的なEMC規格(ECE-R10、CISPR25)を満足できるように設計した(図10)。車両側キャパシタは通常、数100uF程度の容量が必要だが、検証の結果、伝導ノイズの低減用途としては数uFの容量で規格準拠できることが分かった。なおキャパシタ容量は大きくとると体格が大きくなり、他製品との干渉や、振動しやすくなるといった背反が出てくるため、EMC性能を満足できる必要最小限の容量とした。

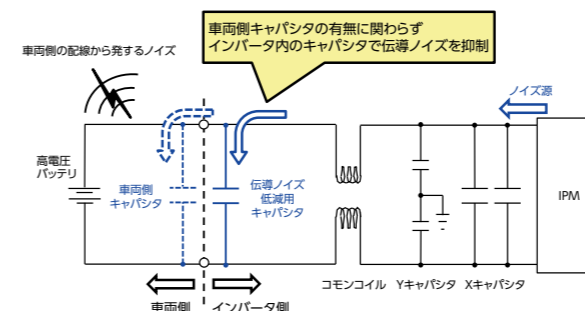


図10 EMC低減回路構成の概要
Fig.10 Overview of EMC Reduction Circuit Configuration

4 まとめ

ES80はスクロールコンプレッサの容量を80ccとすることで、従来機種ESB34(34cc)に対して最大冷房能力を135%向上できた(図11)。

メインベアリングの新設による長寿命化で、従来機種SCSA08に対して設計寿命を41%向上できた(図11)。

モータとインバータの高電圧化対応により、従来機種ESB34に対して最大使用電圧を95%向上できた(図11)。

ES80は高電圧化対応により、DC-DCコンバータを併用することなく電動バスの冷暖房空調に搭載可能となった。その結果、DC-DCコンバータを併用し従来機種ESB34を2台使ったものに対して、重量を18%低減し、体積を9%低減できた(図12)。

上記のように、電動バス向けニーズに対応するES80の開発・量産化を実現することで、当社の電動コンプレッサに新たなラインナップを拡充することができた。今後も電動車両に対応する製品の開発を通じて、地球環境保全に貢献していきたい。本稿においては、機密の観点からグラフの数値、表記を省略しています。

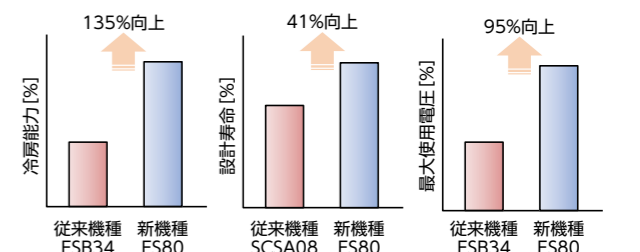


図11 新旧機種の性能比較
Fig.11 Performance Comparison between New and Old Models

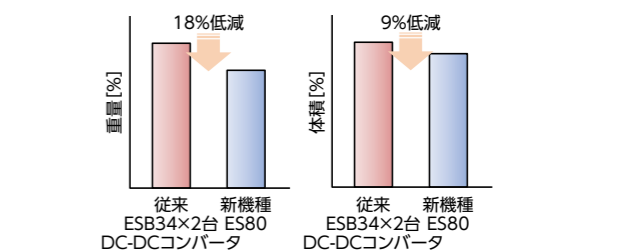


図12 新旧機種の体格比較
Fig.12 Size Comparison between New and Old Models

■ 著者紹介 ■



角口 健一

猪飼 健介

石原 弘貴

開発の経緯と開発者の思い

2015年のパリ協定で温室効果ガス排出削減目標が設定されたため、各国で排出削減の取組みが開始されました。その流れがバス市場にも押し寄せ、世界各国でバスの電動化ニーズが高まっています。電動バスに対応する電動コンプレッサは、大容量、長寿命、高電圧、小型・軽量である必要がありますが、市場にはそれら全てを満足する電動コンプレッサがありませんでした(当社調べ)。ニーズに合った製品を早期に投入して成長市場を押さえていくことは、当社にとって拡販のチャンスだと判断し開発をスタートしました。これまで乗用車向けで培ってきた技術を集結することで、ES80を世に送り出すことができました。

最後に、本製品の開発・量産化にあたり多大なる御協力を頂いた社内外の関係者の皆様に、深くお礼申し上げます。