

48Vマイルドハイブリッド車向け電動コンプレッサの開発

Development of Electrical Compressor for 48V Mild Hybrid Vehicle

依田 泰輔^{*1} 篠原 光毅^{*1} 大橋 寛之^{*1} 多田 佳史^{*1}
Taisuke Yoda Koki Shinohara Hiroyuki Ohashi Yoshifumi Tada

*1 コンプレッサ事業部技術部

要 旨

48Vマイルドハイブリッド車(MHEV)向け電動コンプレッサは、2024年よりAUDI AG向けに搭載されている。電気自動車(BEV)や通常のハイブリッド車(HEV)向けとは異なる使用環境に適応するコンプレッサの開発が必要となるが、当社の電動コンプレッサESHシリーズをベースに、このニーズに適応するコンプレッサの開発を行った。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、マイルドハイブリッド、48V

Abstract

Electrical compressors for 48V mild hybrid electric vehicles (MHEV) have been available for AUDI AG since 2024. It is needed to develop a compressor that adapts to a different operating environment from that for electric vehicles (BEV) and hybrid vehicles (HEV), and we had developed a compressor that meets this need based on our ESH series of electric compressors. Here we present an overview of the product.

Keywords: Scroll Type Compressor, Mild Hybrid, 48V

1 はじめに

自動車の電動化ニーズの高まりに伴い、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)などさまざまな電動車の販売が増えている。

そうした電動車に搭載されるカーエアコン用コンプレッサは電動タイプが必要となり、当社は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年にわたり国内外の自動車メーカーのさまざまな電動車へ電動コンプレッサ(図1)を提供する中で技術・ノウハウを蓄積し、生産台数は2023年末に累計4100万台を突破している。

BEVへの移行期である現在においては、電動車の内に占めるBEVの割合は半分程度であり、BEV以外にもMHEV、HEV、PHEVと車両パワートレインが多様化している。また今後もインフラ整備や充電時間の問題から、BEVへの完全移行には時間がかかり、その間MHEVを含めたハイブリッド車は一定割合を維持する見込みである。そのため、BEV以外の顧客ニーズに対応した製品を開発し、ビジネスを獲得していくことも現在の重要課題の1つである。48V電動コンプレッサは、そのような多様なニーズに応える電動コンプレッサとして開発され、AUDI AG向けのマイルドハイブリッド車(MHEV)に搭載されている。ここでは、その製品概要を紹介する。



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

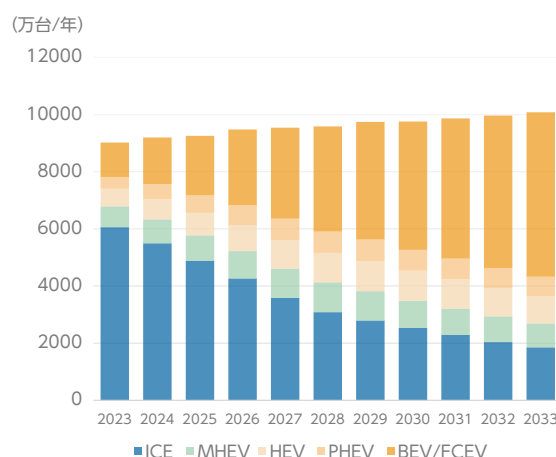


図2 車両生産市場予測[1]
Fig.2 Vehicle Production Market Forecast

2 開発コンセプト

1) 電動コンプレッサの概要

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るシステムとなっている(図3)。

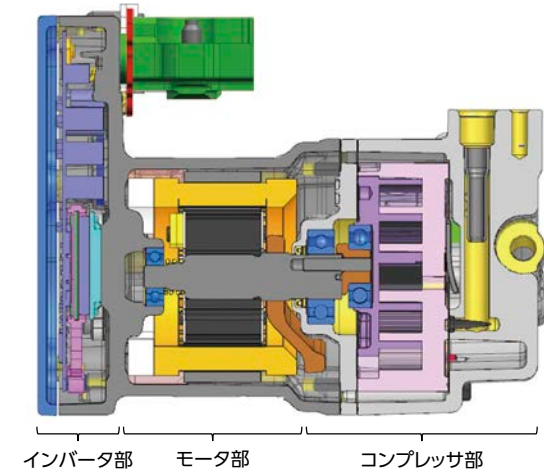


図3 電動コンプレッサのシステム概要
Fig.3 System Outline of Electrical Compressor

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を設計、評価、生産する体制を整えており、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。

また、当社電動コンプレッサでは、各顧客、各車両のニーズに対応するため、圧縮容量と使用電圧範囲に幅広いバリエーションを有する。圧縮容量では、各車両の冷房/暖房および電池冷却に必要な能力に応じ、乗用車向けの14ccから50cc、バス向けの80ccを有する。使用電圧範囲では、MHEV向けの48Vから、HEV・PHEV向けの400V、急速充電に対応するBEV向けの800Vまで有する(図4)。

今回の開発品である48V電動コンプレッサは、AUDI AG向けのMHEVに搭載するため新規開発を行った。

電圧	MHEV	HEV/PHEV	BEV	BEV(急速充電)
用途	48V	420V	470V	800V
急速充電				ES80(バス向け)
電池冷却			ESH50 ESH41	ESH50 ESH41
車内暖房	ESH34	ESB34 ESB27 ESB20 ES14	ESH34 ESH27	ESH34
車内冷房				

図4 電動コンプレッサのラインナップ
Fig.4 Electrical Compressor Lineup

2) 開発の経緯

今回電動コンプレッサを採用する目的は、以下の機能を実現することである。

- ・プレ空調
- ・惰性走行時の空調

「プレ空調」とは、乗車前にリモコン操作で空調しておく機能、「惰性走行」とは、車両が高速走行時にエンジンを停止させ、燃費を向上させる機能である。ベルト駆動コンプレッサの場合では、コンプレッサはエンジンから動力を得ているため、どちらの機能を実現するにもエンジンを駆動させる必要がある。対して電動化することで、コンプレッサは車両のバッテリーを動力とし単独で駆動することができるため、最小限のエネルギーでこれらの機能を実現できる。

3) 開発の課題

今回の電動コンプレッサ開発の課題を以下に示す。

(1) 省スペース

MHEVには元々ベルト駆動コンプレッサが搭載されているが、車両バリエーションの追加に伴い、48V電動コンプレッサが必要となった。そのため、コンプレッサの搭載スペースは変わらない一方、コンプレッサは電動化によってモータ、インバータ、電源ケーブル等の追加が必要となる。電動コンプレッサとしての搭載スペースは厳しくなるが、車両の搭載要件を満足させる設計が必要となる。

(2) 高電流化

48V電動コンプレッサは、比較的電圧が低い環境下で使用される。コンプレッサとしては車両側から要求される冷房能力を生み出すため、高電圧

下で使用されるコンプレッサより大きい電流を流す必要があり(400V系に対し約6倍の電流値)、それに対応した設計が必要となる。

3 開発の概要

1) コンプレッサ

大電流化に伴い、接続部品の発熱が課題となった。

インバータからモータへ通電する気密端子では、鉄よりも低抵抗の銅を中心に入れたピン材を採用し、発熱を抑制した。

さらに嵌合部の発熱を抑えるため、従来のばね式接点からピンにタップ加工したバスバーを溶接してボルト締結仕様にした。

ボルト締結で接点の面圧が上がり、接触抵抗を下げることができ、発熱を抑制できた(図5)。

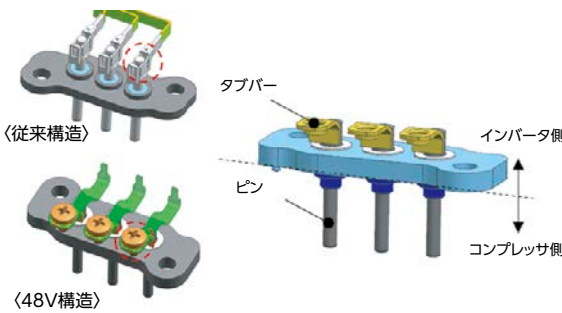


図5 48V向け気密端子の概要
Fig.5 Overview of MV Connector for 48V

また車両のバッテリーと接続するコネクタにおいても同様に、従来のばね式接点からボルト締結で接続する仕様となった。

このコネクタ形状の接合部分が外気へ露出した状態となるため、インバータ内へ水が浸入する課題も浮上し、設計的な工夫を施した。

樹脂と金属バスバー間をつたって水が浸入しないよう、界面をシールする必要がある。本仕様ではエラストマー樹脂を採用し、樹脂と金属バスバー間をシールする仕様とした。

シール性の確保のためには、エラストマー樹脂を適切な温度で再溶融させる熱処理が必要になるが、シール機能担保と量産可能な条件の両立を確立させた(図6)。

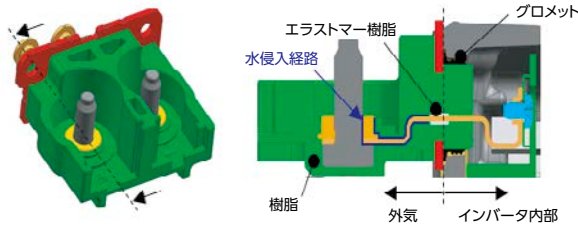


図6 48V向けコネクタの概要
Fig.6 Overview of Hermetic seal for 48V

2) モータ

48Vモータについて、従来の機種を基にしつつ、より大きな電流に耐えられるよう設計を改良した。具体的な改良点として、端子やコイルの導電路の断面積を拡大することで発熱を抑制する設計とした。コイルの場合、製造の制約によりワイヤ外径を増やすことが困難だったので、コイル内の導電路の断面積を増加させる対応案として、従来の2並列からプロト段階では12並列に増加させて対応した(図7)。

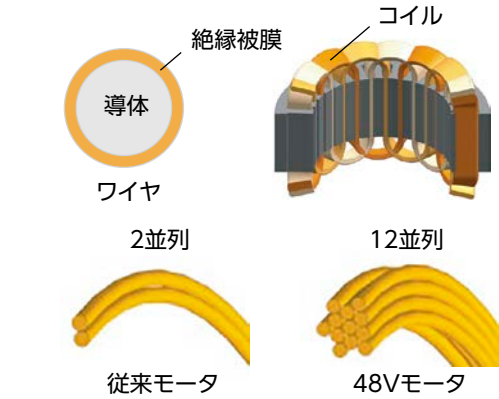


図7 大電流対応設計の概要
Fig.7 Overview of High Current Design

ただし、このような並列数の増加はコイルの皮膜剥離加工本数の増加を招き、結果として生産性が著しく低下するという課題が発生した。この問題に対処するため、当社の電動コンプレッサ用モータとしては初めてとなるデルタ結線方式を導入した(図8)。デルタ結線を採用することで、従来のスター結線に比べ相電流を $\sqrt{3}$ 分の1に削減でき、結果としてコイルの並列数を12並列から7並列に減少させ、生産性の低下を最小限に抑えることを可能とした。

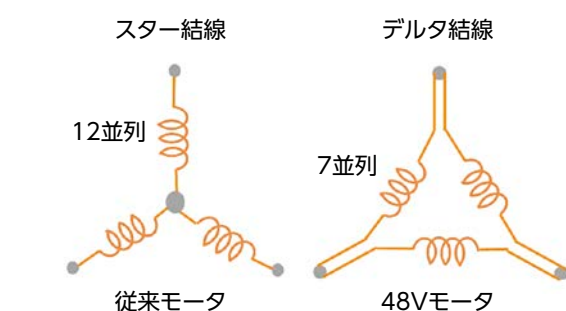


図8 結線方式の概要
Fig.8 Overview of Coil Connecting Method

3) インバータ

搭載要件を満足し大電流化に対応するため、従来製品では実施していない新しい電流検出方法や基板にスリットをいれる設計を織込んだ。

小型化のため、400V系と同じようにパワーモジュールを採用した(図9)。しかしモータに流れる電流を検出する端子が3本から1本になるため従来の方式ではOBD(On-Board Diagnostics)対応ができなくなった。従来の方式ではセンサを3個使用していたため、電流センサの故障を判断できたが、1本なので電流センサを1個しか使用しないため、センサの故障を判断できない(図10)。

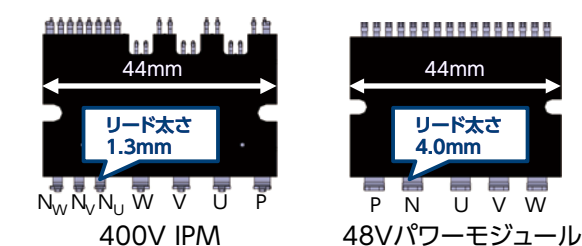


図9 パワーモジュール比較
Fig.9 Comparison of Power Module.

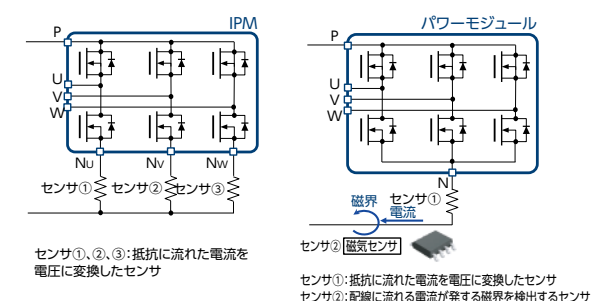


図10 電流検出方式
Fig.10 Current Detection Method.

そこでコンプレッサでは初めて磁気センサを採用した。

磁気センサは流れる電流経路をマグネットコアで囲み、コアに発生する磁界をICで測定することで電流を検出することが一般的だが、この方式で

は体格が大きくなるため、電流経路に流れる電流の磁束を外部の磁気センサで検出することで省スペースを実現した。

車両側コネクタとインバータ基板の接続部にも大電流が流れるので、接触面積を増やし発熱を低減するためはんだ付けからネジ締結に変更した。これにより基板と筐体、基板とコネクタをネジ締結するため、基板が歪み、基板上に配置されるノイズ対策部品(積層セラミックコンデンサ)に応力がかかり破損する可能性がある。シミュレーションを実施し許容体格内に収まる案として、基板にスリットをいれる設計を織込み、基板の歪を規定内に収めることができた(図11)。

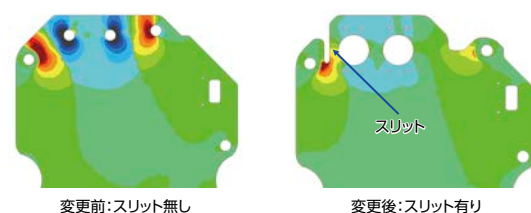


図11 基板歪概要
Fig.11 Overview of PCB Distortion

4 まとめ

2003年にES18の生産を開始して以来、ESHシリーズは当社として第4世代となる電動コンプレッサとなる。多様化する顧客ニーズへの対応として挑んだ本開発においては、低電圧使用環境に伴う大電流化に適応する技術開発が必要となった。当社コンプレッサとして初の技術を採用するなどして課題を克服することができ、2024年量産に至った。

参考文献

[1] S&P Global Mobilityデータを元に当社にて分析・作成

著者紹介



開発の経緯と開発者の思い

本開発品は既存ESHシリーズの派生コンプレッサではありますが、新技術や仕様変更を多く織り込んだコンプレッサとなりました。開発の過程では、顧客と直接打合せを実施し課題の対策を協議してきました。また、新技術を採用しながらも車両開発プログラムのマイルストーンに間に合わせるため、スピード感ある対応が求められるなど大変さはありませんでしたが、開発メンバー全員で課題解決に取り組んでいました。

冒頭記載しておりますが、今回MHEV向けのコンプレッサを電動化する目的は、エンドユーザの快適性向上となります。些細な場面かもしれませんが、開発者としてはお客様がより快適に自動車を使用していただけのこと、また製品価値向上に貢献できることを光栄に思います。

最後に、本製品の開発、生産準備、および生産にあたり多大なご指導・ご協力を頂いた社内関係者の方々、仕入先の皆様に深くお礼申し上げます。