

電車用全密閉形モータ

省メンテナンスと低騒音化を目指す電車用モータ

“人と環境に優しい交通システム”への取組みとして、省メンテナンスと低騒音化を実現できる電車駆動用の全密閉形モータの開発を進めてきました。

開発の課題は、密閉化によるモータ内部の発熱を効率よく冷却できる構造を実現することです。

東芝では、熱-流体解析シミュレーションを用いて、冷却構造の最適化に取り組み、他社に先駆け全密閉形モータを製品化しました。

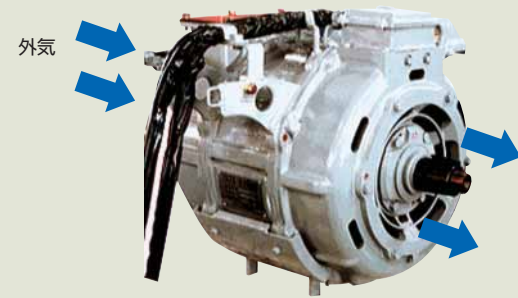


図1. 開放形モータ—外気を取り入れて冷却します。

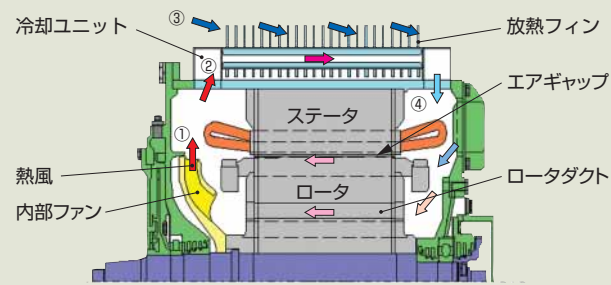


図2. 全密閉形モータの冷却原理—走行風を利用した放熱器(冷却ユニット)で内部ファンから運ばれた熱風が冷却され、再び機内へ循環します。

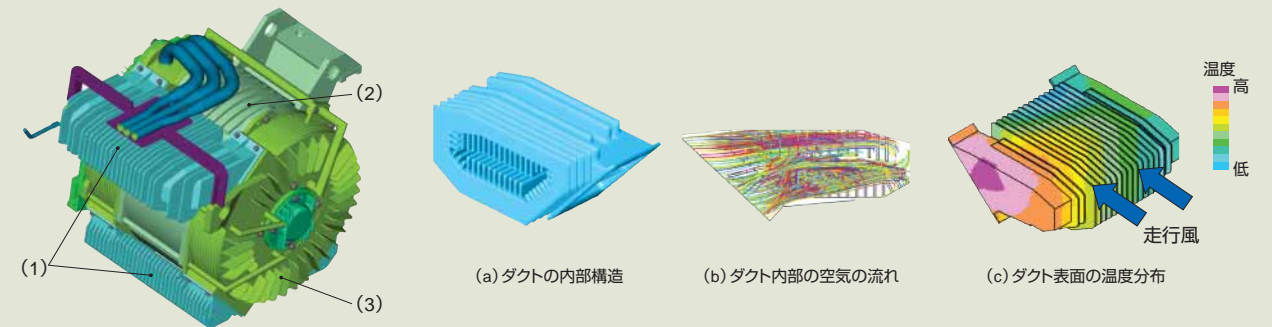


図3. 冷却構造の最適化—(1)新冷却ユニット、(2)フレームレス構造、(3)ブラケットの放熱フィンの改善などで冷却構造を最適化しました。

図4. 冷却ユニット構造の改良—ダクト内部の空気の流れや放熱フィンの位置など、冷却効率の高い構造に改良しました。

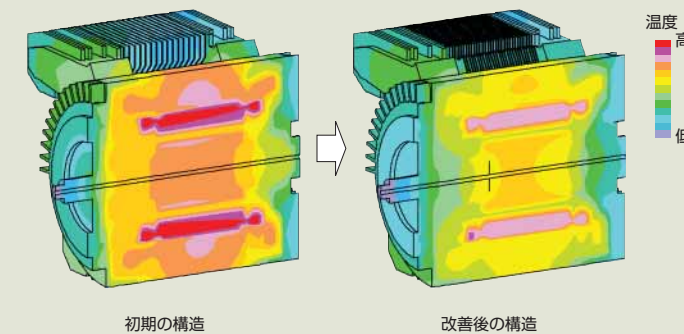


図5. 改良前後でのモータ内部の温度分布—初期構造に比べ、軸受部の温度を16 K以上低減できることが熱-流体シミュレーションで確認できました。

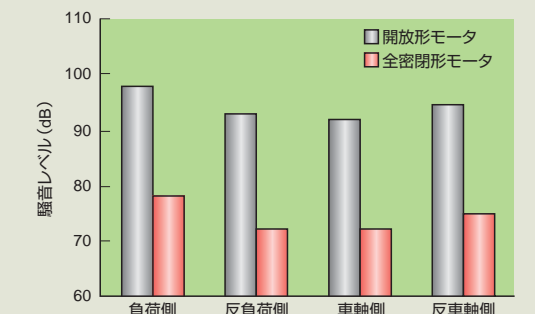


図6. 開放形モータと全密閉形モータでの騒音レベルの比較—開放形モータに比べて騒音レベルを約21 dB下げることができました(回転数: 5,200 rpm)。

電車用モータの特徴と課題

現在の電車用モータは、外気をモータ内部に取り入れて冷却する開放形モータが主流です(図1)。この開放形モータは、外気で発熱部を直接に冷却するため、冷却効率が良いという特長があります。

反面、外気をモータの内部に取り入れる際に、微量ながら外気とともに塵埃(じんあい)が混入するため、4年に1度程度の定期的な分解清掃のメンテナンスを必要とします。

また、モータ内部に外気を取り入れるための冷却ファンの騒音が大きいという問題もあります。都市圏では、鉄道沿線に住宅などが接近しており、環境への配慮が高まっており、低騒音化

が望まれています。

そこで東芝は、省メンテナンスと低騒音化を実現する全密閉形モータの開発を進めてきました。

全密閉形モータ

●冷却原理

全密閉形モータの冷却原理について説明します。

図2に示すように、モータ内部のステータ及びロータで発生した熱風(1)を内部ファンにより冷却ユニット(2)へ送り込みます。そのとき、列車が走行する際に受ける向かい風(3)を利用して、冷却ユニットの放熱フィンにて熱交換させます。冷却ユニットで冷却された空気(4)は、再び機内に送り込まれます。更に、ロータダクト

とステータロータ間のエアギャップを通じて内部ファンに戻ります。

このようにして、密閉されたモータ内部の空気を循環させ冷却ユニットで熱交換するため、塵埃が混入することなくモータ全体を冷却することができます。

●冷却性能向上による温度低減

全密閉形モータの冷却性能を向上させるため、以下の構造を採用しました(図3)。

- (1) ダクト式の新冷却ユニット
列車走行時の向かい風を利用して、放熱に有利なダクト方式による新冷却ユニットを考案しました。ダクト方式の内部構造を図4(a)に示します。
- (2) フレームレス構造
ステー

タの熱源を熱伝導で直接外部に放熱させるフレームレス構造を採用しました。

- (3) ブラケットの放熱フィン
軸受部の冷却性能を向上させるため、ブラケットの内外表面に放熱フィンを設けました。

●熱-流体シミュレーション

熱-流体シミュレーションを用いて冷却構造の最適化に取り組みました。

冷却ユニットのダクト内部の空気の流れを図4(b)に示します。ダクト内部の全域に熱風が循環し、放熱しやすい構造に改善しました。

また、冷却ダクトの表面温度を図4(c)に示します。温度が高い部分に冷却フィンを追加し、冷却性能を向上させました。

モータ全体の温度分布を図5に示します。このシミュレーションにより、冷却フィンの位置、内部ファンの大きさ、冷却ダクトの位置、ロータダクトの数などを選定しました。その結果、初期構造に比較して、モータ全体の温度が均一化し、固定子の温度で25 K、軸受部で16 K以上低減できることが確認できました。

●密閉による騒音低減

全密閉形モータの特長である騒音低減効果について説明します。

密閉化構造にすることにより遮音効果が期待できます。モータの周囲4か所で騒音を測定した結果を図6に示します。騒音は4か所の平均値で74 dBであり、開放形モータと比較して21 dB低減させることができました。

将来への展望

省メンテナンスと低騒音化が実現できる全密閉形モータは、人と環境に優しいことから、多くの車種に適用を拡大していきたいと考えています。

今後、インバータ電源の波形改善などの発熱源の対策にも取り組むとともに、よりいっそう小形・軽量化を図っていきます。

野田 伸一

電力・社会システム社
電力・社会システム技術開発センター
電機応用システム開発部グループ長