

全閉型車両用主電動機

Fully Enclosed Type Traction Motor

小林 芳隆
Y. Kobayashi

木下 力
T. Kinoshita

松浦 忠
T. Matsuura

次世代の車両用主電動機に対するニーズは、いっそうのメンテナンスフリー化（分解回帰の延長）、低騒音化、高効率化などが挙げられる。当社は、これらのニーズに対応するために全閉型の主電動機を開発した。

全閉型主電動機は、外部からの塵埃(じんあい)の侵入を防止でき、かつ機内の騒音を遮断できるため、分解回帰の延長と低騒音化を図ることができる。全閉型を達成するために走行風を利用した冷却ユニットの最適化、機内空気循環冷却方式、軸受のオイル潤滑、高耐熱磁性くさびなどの開発要素技術を採用している。

The next generation of traction motors are expected to require less maintenance, emit less noise, and offer higher efficiency compared with conventional traction motors. In order to satisfy these requirements, we have developed a fully enclosed type traction motor.

The design of the fully enclosed type traction motor prevents dust from entering and noise from leaking out, thus improving maintenance and noise emission. In addition, we have newly developed several elements and applied them to the motor, including an optimized cooling unit, a method of circulating cooling air in the motor, an oil-lubricated bearing unit, and a wedge capable of withstanding high temperatures.

1 まえがき

車両用主電動機は、半導体の目覚ましい進歩によって直流機から誘導機へと移行し、ブラシレス化と高回転化を図り、メンテナンスフリーと小型・軽量を実現してきた。

地下鉄や在来線用の主電動機の冷却方式は、省スペースとメンテナンスフリーを考慮して機内に通風ファンを設けた自己通風方式が主流である。しかし、この自己通風方式では、高速回転時にはファン騒音が大きくなること、また、冷却風を車両の外部からフィルタを介して取り入れる方式としているため、長期間の使用により主電動機機内に塵埃が滞積し、3年または6年ごとに主電動機を台車から降ろして分解のうえ清掃することが必要である。

当社は、このような背景のなかで、主電動機機内を汚さないで、かつ機内騒音を遮断できる全閉型の誘導主電動機（以下、全閉型主電動機と呼ぶ）が次世代の車両用主電動機として有力な製品であると考え、開発を進めてきた。ここでは、開発した全閉型主電動機の概要と特長を述べる。

2 開発コンセプト

全閉型主電動機の特長と開発コンセプトを図1に示す。具体的には次の項目が挙げられる。

- (1) 保守の軽減と回帰延長 主電動機機内の汚損をなくすことに加え、軸受の潤滑は従来のグリース潤滑からオイル潤滑を採用し、図2に示すような12年間の長

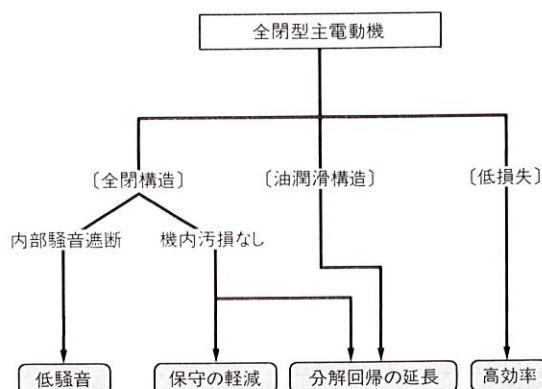


図1. 開発コンセプト 低騒音、保守の軽減、分解回帰の延長、高効率などを開発目標とした。

Concepts of development

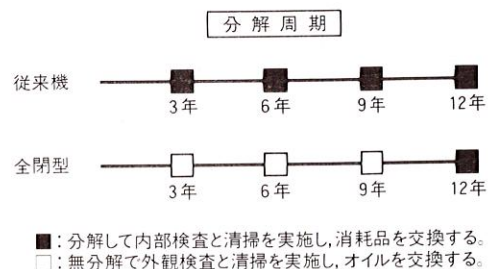


図2. 長期無分解の構想 主電動機機内の汚損をなくし、12年間無分解を目指す。

Concept of no disassembly for long period

期無分解を目標とする。

- (2) 低騒音化 全閉構造とし、機内の騒音を遮断して最高使用回転数付近の騒音レベルを現状の95 dB(A)から75 dB(A)以下にする。
- (3) 高効率化 効率は低損失化を図り、現状の91~92%を94~95%に向上させる。

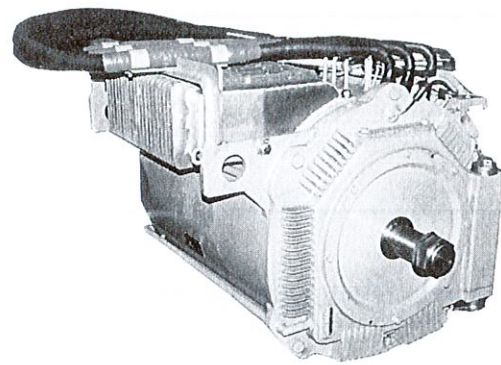


図3. 全閉型主電動機 主電動機と冷却ユニットを一体化しコンパクトに構成している。

Fully enclosed type traction motor

3 全閉型主電動機の概要

3.1 開発方針

開発した全閉型主電動機は、特定の既存車に搭載している誘導主電動機の代わりに置換えてできるようにしている。すなわち、既存の制御器で運転しても所定の性能を満たせること、および既存の台車への取付けは互換性があることである。

3.2 仕様

全閉型主電動機の仕様および定格を表1に示す。駆動方式、装架方式および制御方式は、前述のとおり既存車の方式に合わせ、外形寸法、質量は既存車の台車に搭載できる範囲とした。

また、従来の主電動機の定格は通常車両が満車状態で想定走行区間を走行したときの実効電流から決定している。しかし、全閉型主電動機の熱時定数は従来機に比べて非常に長く(約4倍)、乗車率の変動に対して温度変化が少ない。そこで、朝夕のラッシュ時と閑散時の乗車率を考慮して1日の走行計算を行い、このときの実効電流を算出し定格を決定した。

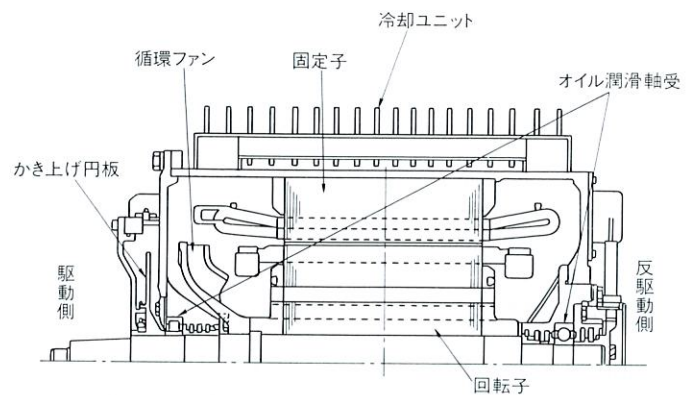


図4. 全閉型主電動機の構造(断面) 固定子コイルの冷却と回転子の冷却を効果的にでき、またオイル潤滑方式によってオイル交換が容易で長期無分解が可能である。

Structure of fully enclosed type traction motor

表1. 全閉型主電動機の仕様

Specifications of fully enclosed type traction motor

駆動方式	平行カルダン可とう継手方式
装架方式	台車装架式
制御方式	VVVF インバータ制御方式
相数	3
極数	4
出力(kW)	90
線間電圧(V)	550
電流(A)	120
回転数(rpm)	1,970
周波数(Hz)	67
外形寸法(mm)	φ560×L730
質量(kg)	850
最高使用回転数(rpm)	4,500

VVVF：可変電圧可変周波数

3.3 構造

車両用主電動機は台車内に装架されるため、小型・軽量化が条件であり、全閉型とする場合は冷却性と耐熱性を大幅に向上させなければ実現が困難となる。そのため、冷却、

耐熱についての要素技術開発を行い、今回の全閉型主電動機に採用している。全閉型主電動機の外観を図3に、構造を図4に示す。

この電動機に採用した開発要素技術の概要は次のとおりである。

3.3.1 冷却技術 主電動機の上部と下部の2か所に冷却ユニット(熱交換器)を設け、機内空気をこの冷却ユニット内に循環させて冷却する構造とした。この方式は、固定子コイルの冷却とともに回転子の冷却を効果的に行うことができる。

冷却ユニットはアルミニウム製とし、機内循環空気を通すパイプと冷却フィンの大きさ、数については熱流解析と試験から最適化を図った。また、車両運転時の主電動機周辺の走行風について現車試験で確認し、この走行風の冷却効果を把握して温度設計に反映させた。

3.3.2 オイル潤滑軸受技術 全閉型主電動機は、全体の温度が均一になる傾向にあるため、軸受部の温度も従

来機に比べて高くなる。そのため軸受の潤滑グリースの寿命が短くなることから、これに代わってオイル潤滑を採用した。オイル潤滑方式は、主電動機を分解しないで、オイル交換ができるので主電動機の長期無分解が実現できる。

給油は、かき上げ循環給油方式とし、回転子軸に取り付けられたかき上げ円板によりオイルを駆動側および反駆動側の軸受に自動給油する構造とした。

オイル潤滑方式は油漏れ防止が重要であるが、シール構造の改良と圧力バランスを図ることで低速から高速(4,500 rpm)まで油漏れの生じないものとしている。

このオイル潤滑構造については、常温および -10°C の低温条件下で起動、加速、定速、減速、停止の繰返し試験で循環給油機能の信頼性を確認した。軸受には、転動体セラミック軸受を採用し、電食防止とともに潤滑耐久性の向上を図り、長期無分解に対応できるものとしている。

3.3.3 高効率化技術 主電動機の鉄心には低損失鉄板を採用し、鉄損を抑えることとした。また、固定子コイルを固定するくさびは高耐熱磁性くさび(従来は非磁性くさび)を採用し、脈動損を抑えるようにした。

4 試験結果

今回開発した全閉型主電動機の試験結果の概要は次のとおりである。

4.1 温度

連続定格で運転したときの主要部位の温度上昇値を表2に示す。各部位とも、ほぼ設計計画値内にあることを確認した。

表2. 連続温度上昇試験結果

Results of temperature rise test

単位：K

	連続	計画値
固定子コイル	113	140
回転子導体	136	150
軸受(駆動側)	76	80
軸受(反駆動側)	64	80

4.2 効率

連続定格における効率は95.8%であり、従来機に比べて約4%向上した。固定子コイル銅損、回転子バー銅損、機

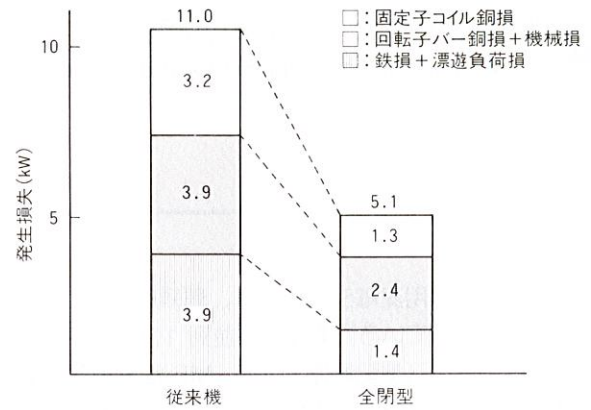


図5. 各損失の比較 損失は従来機に比べて約1/2に低減できた。
Comparison of loss

械損、鉄損などの低減効果を図5に示す。

4.3 騒音

最高使用回転数付近の騒音は74 dB(A)であり、従来機に比べて21 dB(A)の騒音低減が図れた。

5 あとがき

今回開発した全閉型主電動機は、低騒音、高効率、メンテナンスフリーの点から次世代の車両用主電動機として有力である。今後は、現車使用などのフィールドでの確認を行っていく。また、今回の開発成果を基に技術開発をさらに進め、各種の車両に対応できる全閉型主電動機のシリーズ化を図っていく予定である。



小林 芳隆 Yoshitaka Kobayashi

府中工場 交通システム部主査。
車両用回転機の開発設計に従事。電気学会会員。
Fuchu Works



木下 力 Tsutomu Kinoshita

府中工場 交通システム部主務。
車両用回転機の開発設計に従事。
Fuchu Works



松浦 忠 Tadashi Matsuura

府中工場 交通システム部。
車両用回転機の開発設計に従事。
Fuchu Works