

## 【資源エネルギー庁長官賞】

### かしめレスコアを用いた小型、省資源化 AC サーボモータ (HK シリーズ)

三菱電機株式会社

東京都千代田区

#### 1. 機器の概要

近年、ものづくりのグローバル化が進み、サーボモータへの要求は多様化している。それに対応するには、従来からの機能・性能面の強化や継承性に加え、ラインアップ拡充や付加価値となる機能の追加が必要である。そこで、従来の当社サーボモータ「HG シリーズ」から高性能化（省エネ化）、大幅な小型化（省資源化）、バッテリーレス絶対位置エンコーダ標準搭載や大幅なラインアップ強化を実現した新型サーボモータ「HK シリーズ」（図 1）を開発した。

モータの高性能化（省エネ化）は、かしめレスコアの採用、磁気ギャップ短縮による損失の低減で実現し、その結果、従来比で最大 20%の小型化（20%～60%程度の省資源化）を達成、業界最小クラスの高性能、高機能サーボモータを開発した。

#### 新型サーボモータ HK シリーズ

分解能26ビット  
バッテリーレス絶対位置エンコーダ  
(加速度センサ搭載)

ワンコネクタ

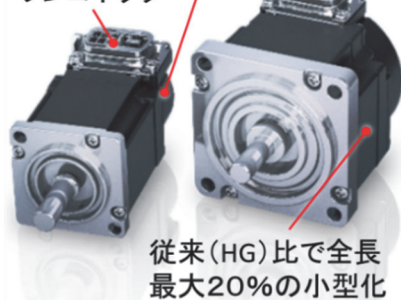


図 1 サーボモータ HK シリーズ外観

## 2. 機器の技術的特徴および効果

### 2.1 技術的特徴

新型サーボモータ「HK シリーズ」の開発にあたっては、市場からの要求が高いモータの高性能・小型化（省エネ化、省資源化）、ラインアップ拡充、高付加価値化（バッテリーレス化、省配線化など）を実現している。

#### 2.1.1 高性能・小型化

モータ高性能・小型化のためには、①放熱性の向上、②損失（銅損、鉄損）の低減が必要である。HK シリーズでは、②の損失低減を実現するために、かしめレスコアを採用することで、従来のかしめ固定と比較して、平均 25%の鉄損低減を実現した。図 2 (a) に示すようなかしめは、コアの固定方法として一般的であるが、かしめの締結箇所で渦電流が発生し、鉄損が増加する。HK シリーズでは、コアを固定する新しい工法開発により、図 2 (b) に示すようなかしめレスコアを実現した。図 3 に示すように磁気ギャップを短縮し、銅損を従来比で約 30%低減した。磁気ギャップ短縮は銅損が低減できる一方で、コギングトルクが増加する。コギングトルクは外乱要因となるため、サーボの高性能化のためには、小さくすることが望まれる。HK シリーズでは、磁気ギャップ短縮によるコギングトルク増加の課題に対して、図 4 に示すような 2 段ダミーロットを採用することで、コギングトルク低減と銅損低減を両立した。ステータティース先端に切欠き状のダミーロットを設ける手法はコギングトルク対策の一つとして一般的である。しかし、通常のダミーロットの場合、複数の要因に対して同時に対策することは困難である。2 段ダミーロットでは、1 段目と 2 段目の幅を個別に設計することで、複数要因への対策が可能となり、より高いコギングトルク低減効果を得られる。

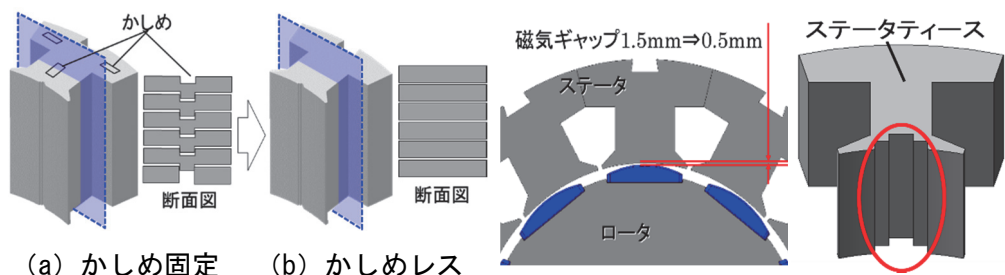


図 2 ステータコア固定方法の比較

図 3 モータ断面構造

図 4 コア形状

## 2.1.2 ラインアップ拡充

HK シリーズではモジュラデザインにより部品数を削減し、従来に比べ機種数を 58 機種から 78 機種に拡充した。さらに、1つの機種で AC200V・400V 両方の電源電圧のサーボアンプに対応する電圧ワイドレンジモータ駆動（図 5）やサーボアンプとの組合せ拡充による最大トルクアップ（図 6）により、全体で約 270 パターンのトルク特性を実現した。

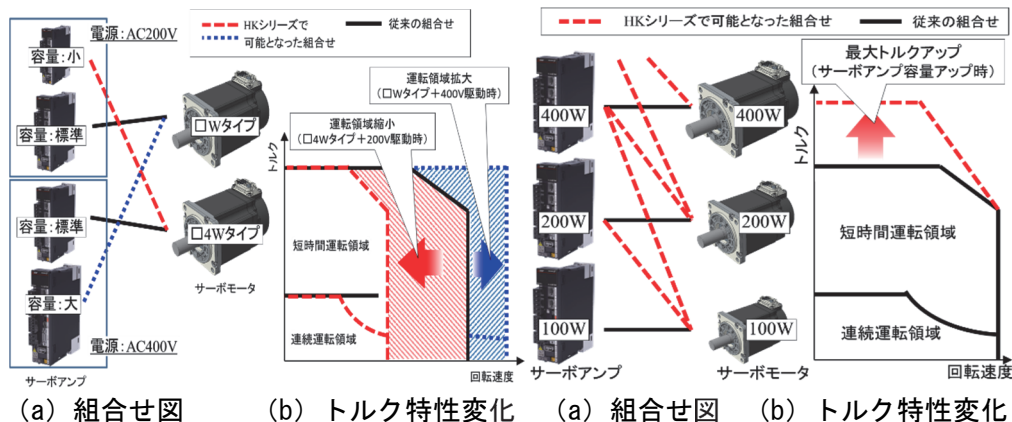


図 5 電圧ワイドレンジモータ駆動

図 6 サーボアンプとの組合せ拡充

## 2.1.3 バッテリレス化

バッテリーレスの方法は、当社独自の自己発電方式を採用した。自己発電方式は図 7 に示すように、モータ軸端に取り付けられた磁石の磁界変化で発電素子から発生するパルスによって位置を検出し、そのパルス電力を活用して不揮発メモリへ位置を記録する。発生するパルス波形と組合せの最適化や低速時の電圧を考慮した回路構成、専用 ASIC を開発することで、駆動条件によらず約 10 年程度の位置検出、記録を可能とした。また、①光学系の検出方式を折返し方式から反射方式へ変更（図 8）、②磁気／光学の複合円板と専用 ASIC の双方信号処理により、使用部品を最小限に留めたバッテリーレス絶対位置エンコーダを実現した。

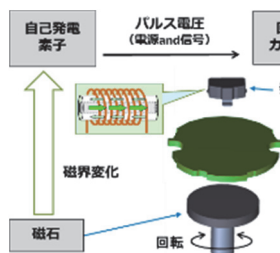


図 7 バッテリレス検出原理

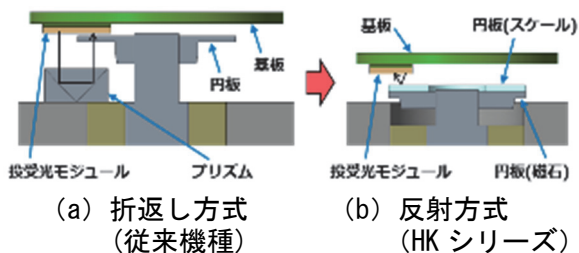


図 8 光学系検出方式の最適化

## 2.2 効果

HK シリーズは従来機 (HG シリーズ) から各種施策により損失低減を実施し、モータ効率を改善した (表 1)。また、大幅な小型化を実現し、主要材料 (磁石、銅、鉄) 使用量を図 10 のように大幅に削減した。バッテリーレス絶対位置エンコーダを搭載し、バッテリーの交換作業や在庫管理が不要となり、メンテナンスコストを削減可能とした。

表 1 モータ効率比較 (中容量)

モータ出力	0.5kW	1.0kW	1.5kW	2.0kW	3.5kW
従来機 HG シリーズ	84.5%	88.0%	91.0%	88.6%	93.0%
HK シリーズ	85.2%	89.9%	91.7%	92.1%	93.6%

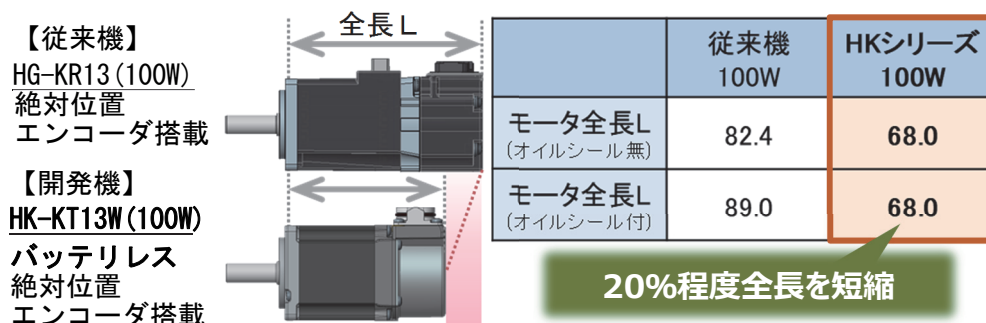


図 9 100W モータ全長 (従来機比較)

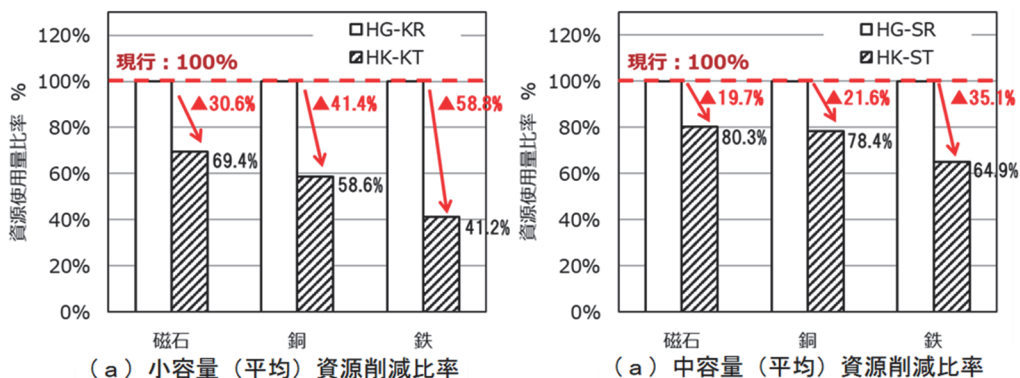


図 10 主要材料使用量 (従来機比較)

## 3. 用途

新型 AC サーボモータ「HK シリーズ」は、高性能・小型化、ラインアップ強化、バッテリーレス絶対位置エンコーダ標準搭載、電源・エンコーダ複合 ONE タッチロックコネクタ、サーボアンプとの組合せ拡充といった特長により、最適なモータを提案し、幅広い産業機械装置のスマートな装置構築に貢献する。